



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**PETROLOGÍA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CUERPOS  
METAMÓRFICOS E ÍGNEOS DEL COMPLEJO METAMÓRFICO BAHÍA  
MANSA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGA

CAMILA ELENA MARAMBIO PIZARRO

PROFESOR GUÍA:

FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

FRANCISCO FUENTES IZA

LUIS AGUIRRE LE-BERT

FINANCIADO POR PROYECTO FONDECYT N°1130227

SANTIAGO DE CHILE

2015

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE:** Geóloga  
**POR:** Camila Elena Marambio Pizarro  
**FECHA:** 19/01/2015  
**PROFESOR GUÍA:** Francisco Hervé Allamand

## **PETROLOGÍA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CUERPOS METAMÓRFICOS E ÍGNEOS DEL COMPLEJO METAMÓRFICO BAHÍA MANSA**

El presente trabajo muestra descripciones petrográficas y microestructurales de las distintas rocas que constituyen el Complejo Metamórfico Bahía Mansa de la Cordillera de la Costa, entre los 41° a los 41°40' con el fin de contribuir a su entendimiento petrológico y estructural.

Los métodos utilizados en este trabajo integran una recolección de muestras en terreno junto con datos de estructuras presentes. Las muestras seleccionadas fueron posteriormente observadas bajo lámina delgada, y los datos estructurales fueron interpretados según su proyección estereográfica. Las observaciones bajo lámina delgada y las propiedades microestructurales se encuentran detalladas en anexos.

Se definen 3 unidades de roca presentes y un cuerpo de roca traquítico, mediante una correlación de afloramientos bajo sus propiedades petrográficas y microestructurales, resultando en; Unidad de Metabasitas de Estaquilla, su mineralogía principal consiste en anfíbola, plagioclasa, clinzoisita, clorita, epidota, titanita y opacos, se observa una orientación del plano axial de sus pliegues oeste este hacia el norte de la unidad, y noreste suroeste en la parte sur; Unidad de Milonitas de Llico bajo, consiste en metapelitas con bandas lepidoblásticas y granoblásticas, y posee estructuras S-C, asociadas a una deformación de cizalle simple con una dirección de movimiento dextral oeste-este; Unidad de Metarenitas de Pinuno, consiste en una intercalación de metapelitas, metarcosa y metareniscas; El afloramiento de traquita, se encuentra situado dentro de la unidad de Metabasitas de Estaquilla, y correspondería a un cuerpo ígneo extrusivo o bien hipabisal.

La dirección de plano axial oeste este en la parte norte de la unidad de Metabasitas de Estaquilla y en la unidad de Milonitas de Llico bajo, junto con evidencias de una deformación de cizalle simple, se concluye en que ambas unidades habrían sido afectadas por una zona de cizalle dextral, la cual afectaría de igual forma a la parte norte del afloramiento de la traquita. Una dirección de plano axial noreste suroeste afectando a la parte sur de la unidad de Metabasitas de Estaquilla y a la unidad de Metarenita de Pinuno, habría sido generada por una componente de esfuerzo transpresional de dirección suroeste noreste.

*A mi familia y amigos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer al proyecto Fondecyt N°1130227 que hizo posible la realización de este trabajo de memoria, junto a mis profesores.

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional y por amarme, que hacen que tenga alegría y fortaleza todos los días.

Quiero agradecer a todos los que estuvieron presentes durante estos años de universidad: compañeros de primer año, en especial a Janito; compañeros de carrera, en especial a las chaquetas por ser mis confidentes y hombros, a los tecornofis y a los cabros por la alegría, apoyo y amistad; a mis amigos de la cafeta; de la terraza; de los naranjos. A la Blanquita, al Kilo, a don Carlos.

Agradecer a mis incondicionales amigas del colegio.

Los quiere, la chumis.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción .....	1
1.1 Formulación del problema y área de estudio .....	1
1.2 Sustento teórico.....	1
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivo específico.....	6
1.4 Metodología .....	7
1.4.1 Metodología en terreno y vías de acceso .....	8
2. Antecedentes Regionales.....	13
2.1 Rasgos Morfoestructurales .....	13
2.2 Marco geológico .....	15
3. Litología .....	21
3.1 Unidad Metabasitas de Estaquilla.....	22
3.1.1 Definición, distribución y límites.....	22
3.1.2 Litología y petrografía.....	22
3.2 Unidad Milonitas de Llico bajo .....	25
3.2.1 Definición, distribución y límites.....	25
3.2.2 Litología y petrografía.....	25
3.3 Unidad Metarenitas de Pinuno.....	28
3.3.1 Definición, distribución y límites.....	28
3.3.2 Litología y petrografía.....	28
3.4 Traquita.....	31
3.4.1 Definición, distribución y límites.....	31
3.4.2 Litología y petrografía.....	31
3.4.3 Traquita deformada .....	32
4. Geología estructural.....	34
4.1. Unidad de Metabasita de Estaquilla.....	34

4.2 Unidad de Milonitas de Llico bajo.....	42
5. Discusiones.....	47
6. Conclusiones.....	53
7. Bibliografía.....	55
8. Anexos.....	57

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Zona 1, denominada Llico bajo. - Zona 2, denominada Cordillera del Zarao. - Zona 3, denominada Punta Estaquilla. - Zona 4, denominada Pinuno. Mapa geológico indicando Zonas escogidas a estudiar. Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999). .....	8
Figura 2. Vista de Zona 1 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999). .....	9
Figura 3. Vista de Zona 2 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999). .....	10
Figura 4. Vista de Zona 3 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999). .....	11
Figura 5. Vista de Zona 4 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999). .....	12
Figura 6. Representación de la distribución de las unidades y cuerpos presentes, bajo sus propiedades petrográficas y estructurales, entre los 41°15' y 41°36' L.S. .....	21
Figura 7. Vista de un porfiroclasto de plagioclasa dentro de una estructura pez mineral rodeado por cristales de anfíbola. Se puede observar una deformación en su macla (R: 2 mm). Muestra CM1-04-17. ....	23
Figura 8. Vista de cristal de anfíbola (demarcado con círculo rojo en fotografía), se observan colores azulados en parte externa del grano y colores verde-marrón en la parte interna (R: 1 mm). Muestra CM1-06-14. ....	23
Figura 9. Vista en terreno de afloramiento de grano fino de coloración oscura muy meteorizado, presenta un set de fracturas/fallas asociado (Muestra CM2-12-08, vista en lámina delgada).....	24
Figura 10. Imagen vista bajo lámina delgada, donde se muestran cristales de anfíbola sin orientación aparente y vetillas de cuarzo cortando la estructura, con minerales opacos asociados (R: 2 mm). Muestra CM2-09-08. ....	24
Figura 11. Vista de bandas lepidoblásticas con blastos de biotita, junto a bandas granoblásticas de cuarzo (R: 1 mm). Muestra CM1-01-20. ....	25

Figura 12. Vista de cristal opaco rojizo posterior a las bandas lepidoblástica y granoblástica (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20.....	26
Figura 13. Muestra de cristales de mica blanca, clinozoisita, clorita y opacos deformados (R: 0.5 mm). Muestra CM1-01-14.....	26
Figura 14. Muestra de cristal de clinozoisita (tamaño de grano fino) junto a una banda cuarcífera remanente (R: 1 mm). Muestra CM1-02-20.....	27
Figura 15. Vista de contacto discordante entre la unidad denominada Metarenitas de Pinuno y una secuencia de rocas sedimentarias estratificadas. ....	28
Figura 16. Porfiroclasto de plagioclasa siendo reemplazado por micas blancas. (R: 1 mm). Muestra CM4-03-10. ....	29
Figura 17. Vista de porfiroclasto de plagioclasa maclado (R: 2 mm). Muestra CM4-03-10. ....	29
Figura 18. Vista a lámina delgada de afloramiento de cuarcita, junto a cúmulos de biotita (R: 2 mm). Muestra CM4-01-13.....	29
Figura 19. Vista de banda lepidoblástica de mica blanca, en el extremo superior se puede observar una banda granoblástica de cuarzo (R: 2 mm). Muestra CM4-08-13.....	30
Figura 20. Vista de porfiroclasto de plagioclasa fracturado y microlitos de plagioclasa a su alrededor (R: 1 mm). Muestra CM2-04-08. ....	31
Figura 21. Venilla de mica blanca corta porfiroclastos de plagioclasa maclado. Mineral opaco deformado en parte inferior de porfiroclasto (R: 2 mm). Muestra CM2-05-08. ....	32
Figura 22. Mineral opaco muy deformado, en interacción con micas blancas, cuarzo y plagioclasa (R: 2 mm). Muestra CM2-05-08. ....	32
Figura 23. Muestra de porfiroclasto de plagioclasa deformado y alterado, siendo reemplazado a mica blanca (R: 0.5 mm). Muestra CM2-08-08. ....	32
Figura 24. Muestra de porfiroclastos de plagioclasa muy deformados (relictos) (R: 2 mm). Muestra CM2-08-08. ....	33
Figura 25. Muestra de interacción entre porfiroclastos de plagioclasa y anfíbolos bajo una estructura pez mineral (R: 2 mm). Muestra CM1-04-17.....	34
Figura 26. Muestra de planos de foliación, geográficamente ubicados a la ribera del río Llico....	35
Figura 27. Vista de afloramiento ubicados a la costa, en la localidad de Punta Estaquilla.....	35
Figura 28. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Metabasitas de Llico bajo. Proyección en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada a 41°16'L.S., a la costa (Ref: Dips 5.0).....	36



Figura 29. Estructura core-and-mantle de anfíbolos en su parte interior y exterior (R: 1 mm). Muestra CM1-02-19. ....	36
Figura 30. Estructura core-and-mantle deformada, formada por porfiroclastos de plagioclasa siendo reemplazadas en su parte externa por micas blancas (R: 2 mm). Muestra CM1-03-19.....	37
Figura 31. Visualización de datos (41°17'30''L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0).....	37
Figura 32. Visualización de datos (41°19'L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0). ....	38
Figura 33. Visualización de datos (41°23' L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0). ....	39
Figura 34. Vetillas de cuarzo siendo deformadas por un esfuerzo S3 el que genera clivaje de crenulación (R: 2 mm). Muestra CM1-07-14.....	39
Figura 35. Vetilla de cuarzo deformada cortando a vetilla de cuarzo-zoisita anterior, y posterior a ambas las cortan vetillas de óxidos de hierro (R: 2 mm). Muestra CM1-04-14.....	40
Figura 36. Vista en terreno de afloramiento con xenolitos de coloración oscura, ubicado en la ribera izquierda del río Llico. ....	40
Figura 37. Microfotografía de enclave visto en afloramiento, donde se observa una diferencia en el tamaño de grano, específicamente la capa superior posee granulometría mayor que la inferior (R: 2 mm). Muestra CM1-06-14. ....	41
Figura 38. Bandas de lepidoblásticas y granoblásticas demarcando la foliación principal S1 (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20.....	42
Figura 39. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Milonitas de Llico bajo (Ref: programa Dips 5.0).....	42
Figura 40. Bandas Lepidoblásticas deformadas mostrando un clivaje de crenulación (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20. ....	43
Figura 41. Muestra de estructuras S-C con dirección de movimiento dextral, posteriores a la formación de blastos de biotita (R: 1 mm). Muestra CM1-01-20. ....	43
Figura 42. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Milonitas de Pinuno (Programa Dips 5.0). ....	44
Figura 43. Foto izquierda, se observa contacto entre metapelita (parte inferior) y metacuarcita (parte superior, muestra CM4-09-13). Foto derecha se observa una alternancia entre metapelita y metarcosa. ....	45
Figura 44. Vista de deformación frágil-dúctil, evidenciado por xenolitos, de coloración oscura, los cuales se encuentran deformados y muestran fracturas. ....	45

Figura 45. Muestra del afloramiento donde se aprecia una vetilla de cuarzo, de 5 a 10 cm de espesor. Su lámina delgada corresponde a la muestra CM2-05-08.....	46
Figura 46. Muestra de la traquita alterada en terreno.....	46
Figura 47. Red estereográfica unidad Metabasitas de Estaquilla parte norte. Distribución de la curvatura vs ángulo inter-limbos (ref: LISLE, R.J. et all) demarcado en figura.....	48
Figura 48. Vetilla de cuarzo deformada cortando a vetilla de cuarzo-zoisita anterior, y posterior a ambas las cortan vetillas de óxidos de hierro (R: 2 mm). Muestra CM1-04-14.....	48
Figura 49. Vetillas de cuarzo cortan la foliación principal formando un poiquiloblasto con los cristales de actinolita pre-deformacionales, los cuales muestran una tonalidad azulina (R: 1 mm). Muestra CM1-04-14.....	49
Figura 50. Red estereográfica unidad Metabasitas de estaquilla parte sur. Distribución de la curvatura vs ángulo inter-limbos (Ref.: LISLE, R.J. et all).....	49
Figura 51. Red estereográfica de unidad Milonitas de Llico bajo, en línea roja punteada se indican el plano axial y su eje (Ref.: Programa Dips 5.0).....	50
Figura 52. Red estereográfica unidad Metarenitas de Pinuno. Distribución de la curvatura vs ángulo inter-limbos (Ref.: LISLE, R.J. et all).....	51
Figura 53. Vista de distribución de muestras recolectadas en terreno Zona 2, Cordillera del Zarao, con su respectiva fotografía de corte transparente a nicoles cruzados (todas bajo un radio de 2 mm).....	52
Figura 54. Representación de unidades y relaciones entre ellas, junto con propiedades estructurales de la zona.....	54

# 1. Introducción

## 1.1 Formulación del problema y área de estudio

La evolución geológica paleozoica en el margen suroeste de Chile ha sido en parte bien estudiada, tanto en sus procesos geotectónicos que estuvieron activos en este tiempo, como la colisión continental y la subducción de la litósfera oceánica. La colisión del terreno Precordillera con el continente Gondwana tuvo lugar en el Ordovícico, donde la mayor parte de la evidencia geológica se encuentra en Argentina. La colisión del segundo terreno nombrado Chilenia (Ramos et al, 1986), la cual se cree que fue durante el Devónico (Massonne & Calderón, 2008 y Willner et al, 2010), tiene su sutura en Argentina, pero alguna evidencia de su existencia la podemos encontrar en territorio Chileno.

El trabajo de esta memoria se enfoca en el estudio de los procesos geológicos que estuvieron activos en el margen de Gondwana durante el Devónico, específicamente entre los 41° a los 41°40' L.S., donde se cree que la colisión tuvo lugar, ya que más al sur la zona de colisión es reemplazada por una zona de subducción.

Alguna evidencia ha sido reconocida como resultado de un proyecto previo, donde un cambio en el patrón de los circones detríticos en rocas metasedimentarias del complejo acrecionario del paleozoico tardío, muestra que estas edades devónicas se han reconocido solo al sur de los 39°S. En el norte de los andes patagónicos en Argentina se han encontrado rocas plutónicas que pueden estar relacionadas con actividad de un arco magmático generado por subducción desde el oeste, en donde ya en territorio Chileno, cuerpos plutónicos han sido datados como devónicos en su edad de cristalización, lo que nos abre la posibilidad de una mayor presencia de rocas plutónicas contemporáneas en esta parte poco conocida de los Andes.

Por lo que el trabajo a realizar consiste en un estudio de los cuerpos ígneos y complejos metamórficos de edad pre-Mesozoica en el flanco oeste de los Andes desde los 41° a los 41°40' L.S. con la intención de establecer una historia geológica de estas rocas, y el ambiente en el cual ellas se han depositado y han evolucionado.

## 1.2 Sustento teórico

### **Munizaga et al., (1988)**

- Se interpretaron las edades mediante Rb-Sr obtenidas de 309±88 Ma y de 280±46 Ma en esquistos micáceos de Mehuín y en esquistos anfibolíticos de Bahía Mansa, respectivamente, como edades de metamorfismo del complejo metamórfico costero.

- Mediante el método K-Ar se interpretó la edad de 231±4 Ma en muscovita de un esquistos pelítico del sector de Mehuín, como la edad de enfriamiento final del complejo metamórfico costero.

- Dataciones en biotita por K-Ar de  $282\pm 4$  Ma y  $294\pm 6$  Ma obtenidas desde afloramientos de tonalitas en la costa noroeste del Lago Riñihue, y una edad de  $309\pm 8$  Ma fue obtenida a la costa sur del Lago Ranco.

### **Hervé et al., (1990)**

- Se interpretaron las edades obtenidas en metapelitas y metabasitas del complejo costero por medio de Rb-Sr, en el rango de 300-330 Ma, como la probable edad de homogenización isotópica ocurrida durante el metamorfismo principal de bajo grado durante el Carbonífero.

- Una segunda isocrona, obtenida solo en algunas de las muestras, indica un evento más joven que 150 Ma.

- Mediante Sm-Nd se interpreta una edad modelo obtenida en metabasitas del complejo costero de  $290\pm 60$  Ma como la edad de fraccionamiento desde un material del manto empobrecido, y sugiere una edad máxima para la formación de las rocas ígneas padres de 350 Ma.

### **Kato y Godoy (1995)**

- Esquistos máficos o metabasitas componen más del 60% de los esquistos in situ en el área de Los Pabilos. Estas varían desde un ligero a oscuro color verde y se les asigna el grado común de esquisto verde con la siguiente mineralogía: albita + epidota + actinolita + clorita + esfeno  $\pm$  cuarzo  $\pm$  Fe-óxidos  $\pm$  stilpomelano  $\pm$  mica blanca.

- Intercalaciones de un cuerpo metamórfico a estos esquistos verdes, se caracterizan por un color gris oscuro compuesto de cuarzo + albita + mica blanca + material carbonatado  $\pm$  clorita  $\pm$  epidota baja en Fe  $\pm$  Fe-óxidos.

- Además de esta diferencia de color, varios de los cuerpos máficos contienen porfidoblastos de albita blanquesina. Los porfidoblastos de albita en los esquistos cuarzo-micáceos son de color oscuro debido a la abundancia de inclusiones grafíticas.

- Menos abundantes son los metachert y la serpentinita componiendo los remanentes de la serie Occidental en esta área.

- En algunas muestras, se encuentra muy raramente hornblenda la cual es reemplazada texturalmente por clorita y actinolita en esquistos máficos. Dentro de los minerales relictos en esquistos máficos se presenta los granates y poco frecuentes en esquistos cuarcíferos-micáceos, donde es más frecuente la presencia de biotita siendo reemplazada por clorita.

- Datación del carbonífero tardío en  $304\pm 9$  Ma (USGS) por K-Ar en mica blanca de esquistos azules.

### **Duhart et al., (1997)**

- Mediante K-Ar se obtuvieron las edades de  $235\pm 5$  Ma en muscovita de un esquistos semipelítico del sector de Río Capitanes, de  $220\pm 6$  Ma en muscovita de un esquistos semipelítico de la parte norte de la Isla de Chiloé y de  $248\pm 8$  Ma en hornblenda de un cuerpo metagabrodiorítico del área de Estanquilla, confirman una edad de enfriamiento Triásico.
- Una edad Ar-Ar en pasos de calentamiento incremental en mica blanca de un bloque de esquistos azules del sector de Los Pabilos ( $40^{\circ}57'$  L.S.), da una edad plateau a los  $323\pm 2$  Ma, esta se interpreta como asociada al evento metamórfico de alta presión que afectó a las rocas del complejo metamórfico costero durante el Carbonífero.
- Datos isotópicos preliminares de U-Pb obtenidos en circones detríticos colectados desde una metarenisca cercana al área de Bahía Mansa restringen su edad máxima de depositación a 275 Ma (Pérmico) y demuestra que un componente detrítico del complejo metamórfico costero es más joven que lo previamente considerado.

### **Kato et al., (1997)**

- Sugieren que los esquistos máficos que contienen relictos de anfíbola sódica, junto con magnetita y stilpnomelano tardío, recientemente encontrado en Los Pabilos ( $41^{\circ}$ S), tienen marcada semejanza textural y mineralógica con algunos de los esquistos máficos de Pichilemu ( $34^{\circ}30'$ S).
- Un detallado análisis  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  de calentamiento por pasos (20pasos) en mica blanca de esquistos azul de bloque tectónico en Cuesta Brava, al oeste de Los Pabilos, da una edad de meseta de  $323\pm 2$  Ma.
- La muscovita de grano grueso tiene una temperatura de cierre de  $350^{\circ}\text{C}$ , cercana a la temperatura del metamorfismo de esquistos azules. Una edad convencional K-Ar, menos confiable, de  $304\pm 9$  Ma, se obtuvo en mica blanca de otro bloque.
- Si bien se piensa que los esquistos azules de grano grueso fueron erosionados desde la subyacente Serie Occidental, no se les ha encontrado aflorando y difieren texturalmente de los esquistos azules relictos de Pichilemu. La cercana semejanza en edades, sin embargo, sugiere un tiempo semejante de metamorfismo de tipo esquistos azules para ambas áreas.

### **Duhart (1999),**

- Se distinguieron 3 unidades de acuerdo con su distribución espacial, litología y grado de deformación, las cuales se ubican en una orientación NO-SE y se han denominado de sur a norte:
- Metapelitas de Lacui, se caracterizan por estar compuesta de micaequistos, cuarcitas y milonitas, con asociaciones mineralógicas metamórficas constituidas principalmente de cuarzo, muscovita y albita.

- Metabasitas de Estanquilla, compuesta principalmente de esquistos verdes y rocas verdes, e incluye, además, pequeños cuerpos metagabrodioríticos y un cuerpo traquítico. Las asociaciones mineralógicas metamórficas que caracterizan a los esquistos verdes y rocas verdes son anfíbola, epidota, cuarzo y albita, que indican una derivación a partir de un protolito basáltico, lo cual es confirmado por estudios geoquímicos efectuados en las metabasitas (Crignola et al, 1997).
- Un cuerpo de textura afanítica a levemente porfídica, gris verdoso y con sus márgenes foliados, ha sido localizado en las nacientes del río Llico, y se intercala en esquistos verdes de la unidad ME. Microscópicamente la roca esta constituida por fenocristales de albita-oligoclasa y sanidina, con masa fundamental traquítica conformada por microlitos de plagioclasa albitizados. Microfracturas rellenas con cuarzo y epidota son comunes. Procesos de alteración se evidencian por la presencia de biotita secundaria de color verde en cúmulos intersticiales.
- Metarmorfitas de Río Llico, se caracteriza por estar compuesta por metapelitas y metabasitas, con asociaciones mineralógicas metamórficas constituidas de cuarzo, muscovita y albita; y epidota, anfíbola y cuarzo, que señala un protolito pelítico y basáltico, respectivamente.
- Las edades de enfriamiento de los sistemas de Rb-Sr, Ar/Ar y K-Ar obtenidas en rocas del CMBM al norte del área de estudio (Munizaga et al., 1988; Duhart et al., 1997; Kato et al., 1997) se interpretan como representativas del evento de alta presión y del siguiente metamorfismo en la facies de esquistos verdes y del subsecuente enfriamiento cercano a los 350°C que afectó a las rocas del CMBM durante el Permo-Triásico. Edades 207Pb/206Pb concordantes en circones detríticos de una metarenisca han dado edades máximas para la depositación de 275 Ma en Pucatrihue, en el área de Bahía Mansa, la cual no restringen la edad de la totalidad del complejo costero, sino que indica que un componente detrítico de las rocas metasedimentarias en permo-triásico (Duhart et al., 1997).
- Nuevas edades 207Pb/206Pb concordantes, obtenidas en este estudio, implican que la edad de depositación de los sedimentos pelíticos de una componente representativa de la unidad Metarmorfitas de Río Llico, es más joven que 369,2 Ma (Devónico superior), y que la de un componente representativo de la unidad Metapelitas de Lacui, es más joven que 387,7 Ma (Devónico medio). Aunque estas edades indican una edad máxima para los protolitos de 369,2 Ma y de 387,7 Ma, respectivamente, ellas no restringen, tal como se ha señalado anteriormente, la edad de la totalidad del complejo metamórfico costero, e indican que un componente detrítico de las rocas metasedimentarias del CMBM es muy probablemente devónico.
- Una edad U-Pb de 369,7±1,3 Ma, obtenida en circones de un cuerpo traquítico, concordante con la foliación y foliado en sus márgenes, que intruye a la unidad Metabasitas de Estanquilla, señala la edad de cristalización del cuerpo ígneo, y a la vez establece una edad mínima para el protolito de esta unidad, es decir más antigua que Devónico inferior.
- Las edades K-Ar de las rocas del CMBM indican un enfriamiento regional cercano a los 300°C entre los 250 y 220Ma, que siguió a la deformación y el metamorfismo (Duhart et al., 1997), lo cual es confirmado por las edades 40Ar/39Ar aportadas por este estudio.
- Las edades K-Ar obtenidas en este estudio deben ser consideradas con cuidado, por una parte la edad obtenida en sanidina de la intrusión traquítica representaría una edad de enfriamiento cercana a los 230°C a los 269±6 Ma (considerando una temperatura de cierre de Ar en feldespato potásico de 230±18°C según Berger y York, 1981), la cual no es consistente con los datos

geocronológicos regionales, y representa más bien el reseteo parcial experimentado por el sistema original durante la fase de deformación y metamorfismo en la facie de esquistos verdes; y por otra, la edad obtenida en roca total de una metabasita de la unidad Metabasitas de Estanquilla de  $214\pm 7$  Ma que contiene actinolita, hornblenda y menor clorita, como minerales reservorios de potasio, representaría una mezcla de estas especies, y su edad un promedio de las edades de enfriamiento de estos minerales.

**McDonough, M.R. et al.,**

- Rocas metamórficas presentes en los márgenes costeros son agrupadas dentro del Complejo Metamórfico Bahía Mansa, el cual consiste en un grupo heterogéneo de mayormente esquistos pelíticos a semipelíticos, metagreywackes, metabasitas, cuerpos máficos y ultramáficos, y más escasamente metachert.

- Dataciones U-Pb en circones de esquistos cuarcíferos han sido identificados por dos principales grupos de depositaciones máximas, una de 304-275Ma y de 369-364Ma en rocas metasedimentarias.

- Dataciones de K-Ar en roca total (muscovita, biotita, hornblenda, etc) de los esquistos del Complejo metamórfico Bahía Mansa, da un rango de edad de 215 a 268Ma. La cual es interpretada como edad de enfriamiento datada en el grado de deformación esquistos verde.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Estudiar la petrografía y las microestructuras de las distintas rocas que constituyen el Complejo Metamórfico Bahía Mansa de la Cordillera de la Costa, entre los 41° a los 41°40' con el fin de contribuir a su entendimiento petrológico y estructural.

### 1.3.2 Objetivo específico

- Obtener datos relevantes en terreno tales como, la dirección de los planos de deformación, junto con definición de foliaciones.
- Realización de catastro de muestras con su respectiva descripción.
- Estudios petrográficos y mineralógicos de las muestras obtenidas en terreno.
- Caracterizar estructuras y microestructuras en distintos afloramientos, y correlacionarlas con eventos mineralógicos, de neocrystalización y recristalización, a partir de esto, se definirá un posible protolito.



#### 1.4 Metodología

- Selección de zonas específicas de interés dentro de la zona de estudio, por medio de bibliografía.
- Campaña en terreno de 21 días, consistió en la recolección de muestras orientadas, toma de datos físicos en terreno, estudio y descripción de afloramientos.
- Descripción petrográfica de muestras de mano recogidas y posterior selección de ellas para realización de cortes transparentes.
- Descripción petrográfica y caracterización de estructuras y microestructuras en cortes transparentes.
- Integración de resultados.

#### 1.4.1 Metodología en terreno y vías de acceso

Una vez establecidos los objetivos de trabajo, se realizó una revisión bibliográfica previa, la que guió la metodología utilizada dentro de la campaña de terreno, resultando en una selección de zonas geográficas que guiaran las vías de acceso y los posibles alojamientos cercanos a los afloramientos a observar.

Se definieron entonces 4 zonas geográficas (ver Figura 1):

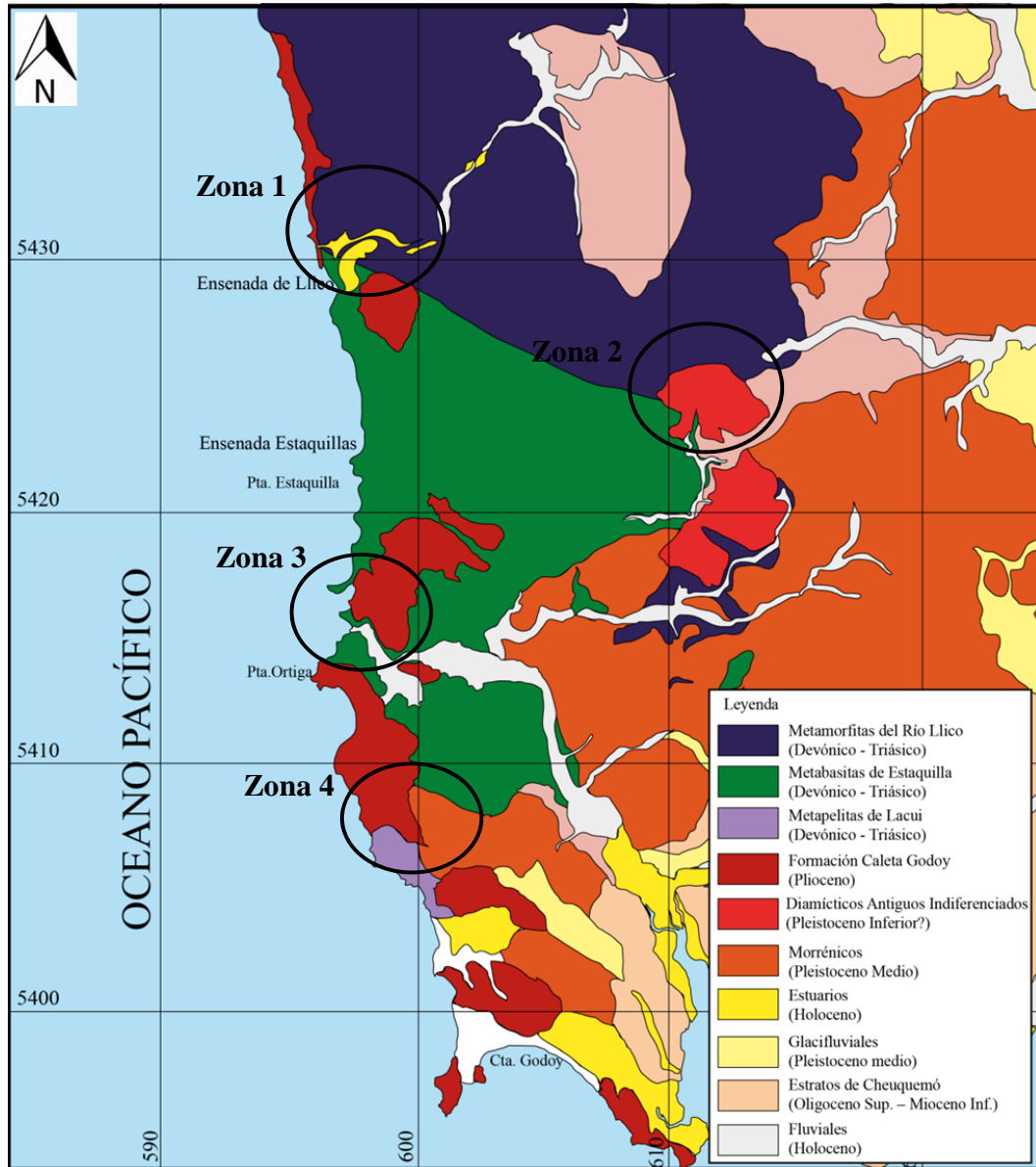


Figura 1. Zona 1, denominada Llico bajo. - Zona 2, denominada Cordillera del Zarao. - Zona 3, denominada Punta Estaquilla. - Zona 4, denominada Pinuno. Mapa geológico indicando Zonas escogidas a estudiar. Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999).

### Zona 1: Llico bajo

Los afloramientos presentes dentro de la Zona 1, cubren un área de 25km<sup>2</sup> (ver Figura 2) y se encuentran en la desembocadura del río Llico, los cuales bajo un marco geológico, las siguientes formaciones se encontrarían expuestas:

- Estuarinos (Amarillo), Holoceno.
- Formación Caleta Godoy (Rojo), Plioceno.
- Metamorfitas del Río Llico (Morado), Devónico-Triásico.
- Metabasitas de Estaquilla (Verde), Devónico-Triásico.

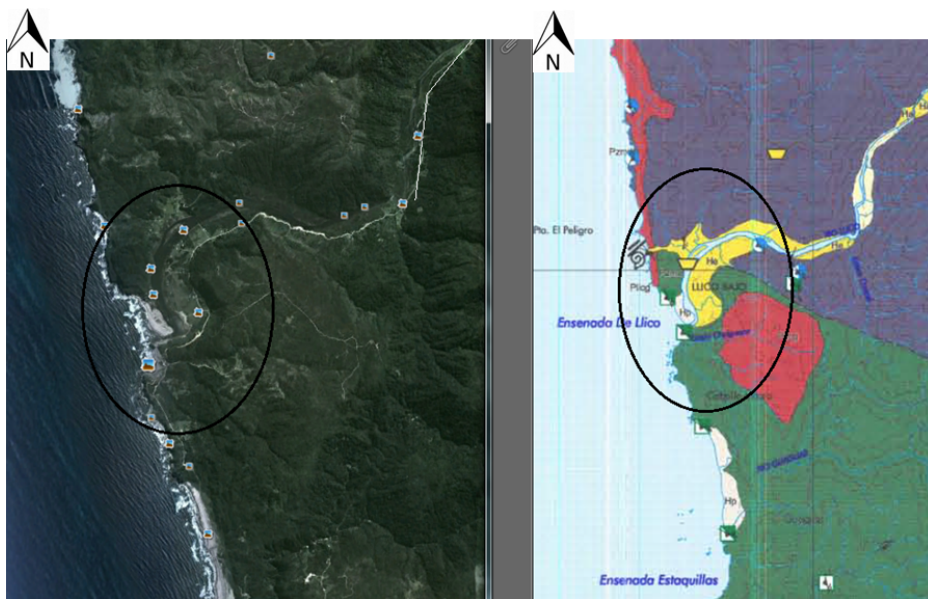


Figura 2. Vista de Zona 1 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNA SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999).

Su vía de acceso comienza desde el pueblo Fresia a 42km por ruta V-46 al oeste, luego siguiendo por ruta V-310 al noroeste, y finalmente tomando la ruta V-320 en dirección al suroeste. Frutillar es la localidad más cercana a Fresia, quedando a 44km.

## Zona 2: Cordillera del Zarao

Los afloramientos presentes dentro de la Zona 2, cubren un área de 35km<sup>2</sup> (ver Figura 3) y se encuentran a 17km de la costa en dirección oeste. Bajo un marco geológico se expondrían las siguientes formaciones:

- Diamícticos Antiguos Indiferenciados (Rojo), Pleistoceno Inferior?
- Estratos de Cheuquemó (Café claro), Oligoceno Superior – Mioceno Inferior
- Metamorfistas del Río Llico? (Morado).
- Metabasitas de Estaquilla (Verde), Devónico-Triásico.
- Morrénicos (Naranja), Plm3, Pleistoceno Medio.

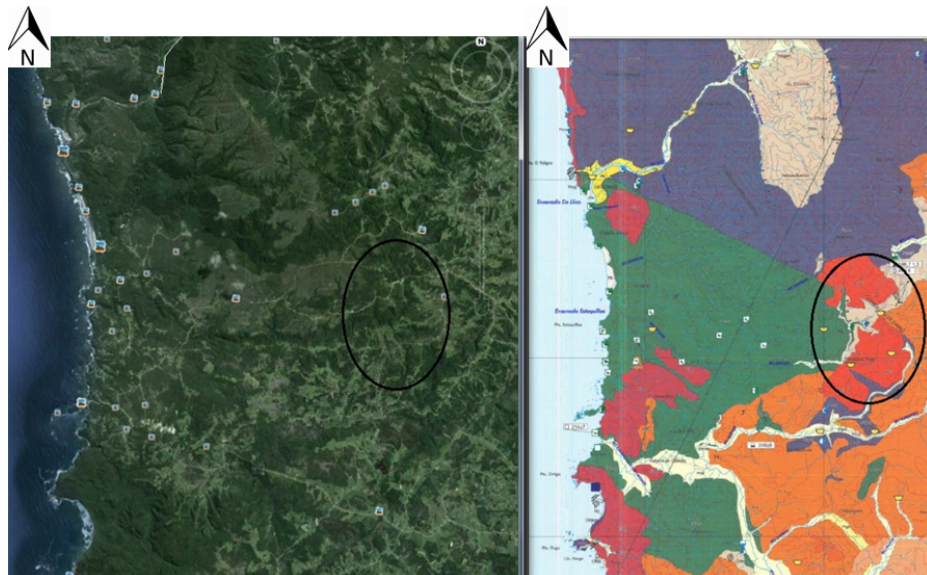


Figura 3. Vista de Zona 2 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNA SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999).

La localidad de Los Muermos es la más cercana a la Zona 2 y se encuentra a 20km en dirección Noroeste.

La vía de acceso se traduce de la siguiente forma:

- Desde Los Muermos en dirección oeste por la ruta V-510, y luego en dirección suroeste por la ruta V-494.
- Los Muermos se encuentra a 48.0km de Puerto Varas, a 48.1km de Puerto Montt y a 33.4km de Flesia.

### Zona 3: Punta Estaquilla

Los afloramientos presentes dentro de la Zona 3, cubren un área de 25km<sup>2</sup> (ver Figura 4) y se encuentran aflorando en la costa dentro de las playas: Caleta pescado y Punta Estaquilla. Bajo un marco geológico se encontrarían las siguientes formaciones presentes:

- Formación Caleta Godoy (Rojo), Plioceno.
- Metabasitas de Estaquilla (Verde), Devónico-Triásico.
- Fluviales (Amarillo claro), PIHf, Holoceno
- Complejo Volcánico Ensenada Capitanes (Morado), OIMcc, Oligoceno – Mioceno?

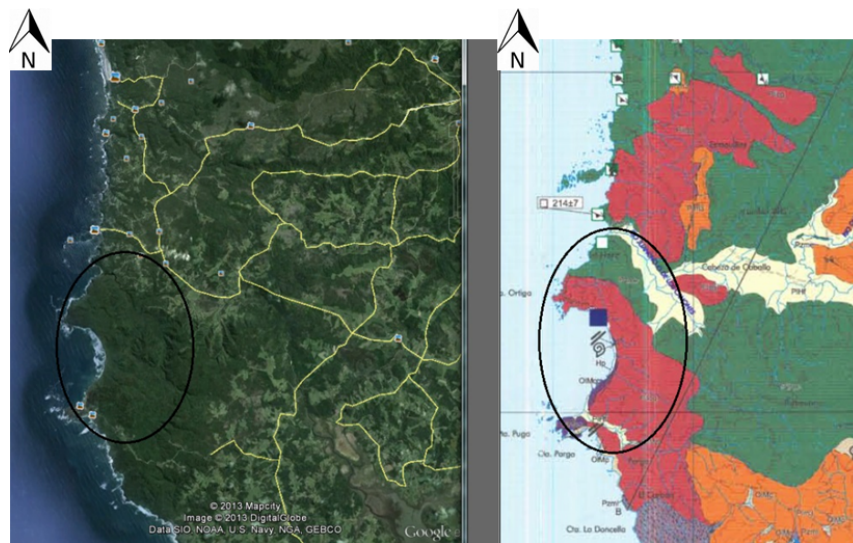


Figura 4. Vista de Zona 3 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999).

Los Muermos es su localidad más cercana a 36km aprox. Y se accede a la zona, tomando la ruta V-510 y siguiendo por la V-610 en dirección sur continuando hacia el noroeste por la ruta V-626.

#### Zona 4: Pinuno

Los afloramientos presentes dentro de la Zona 4, cubren un área de 36km<sup>2</sup> (ver Figura 5) y se encuentran aflorando en la costa dentro de la playa de Pinuno. Bajo un marco geológico se encontrarían las siguientes formaciones presentes:

- Formación Caleta Godoy (Rojo), Plioceno.
- Morrénicos (Naranja), Plm3, Pleistoceno Medio.
- Metapelitas de Lacui (Morado claro), Devónico – Triásico.
- Estuarios (Amarillo), Holoceno.

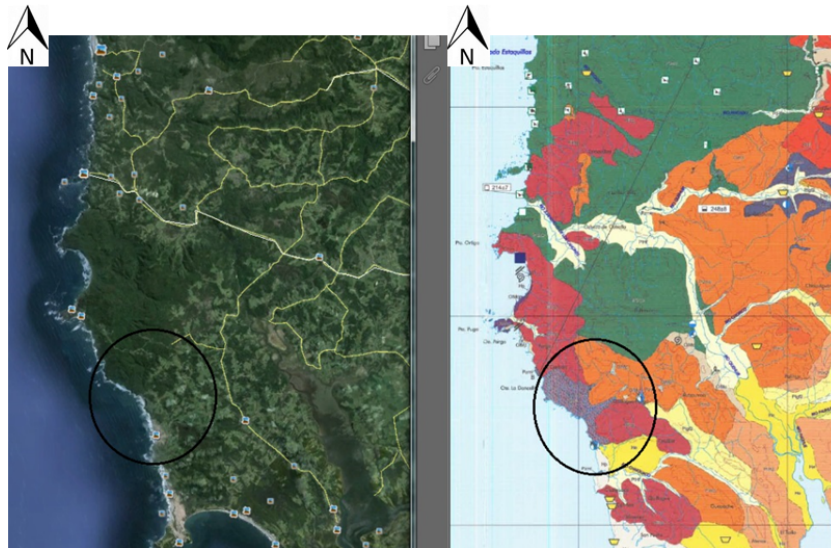


Figura 5. Vista de Zona 4 indicada dentro de un círculo negro. Referencia imagen izquierda, Google Earth. Referencia imagen derecha, Mapa geológico de la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, entre los 41°00' y 42°00' de L.S., Región de los Lagos. SERNAGEOMIN. Autor: Paul Duhart (1999).

La zona 4 se encuentra a 35km de Los Muerros. Las vías de acceso se traducen de la siguiente forma: Por la ruta: V-610 hasta la bifurcación con la V-626, donde se sigue en dirección suroeste por la ruta V-510, y luego en dirección noroeste por la V-606 o bien se sigue con dirección sur.

## 2. Antecedentes Regionales

### 2.1 Rasgos Morfoestructurales

#### **Marco Geológico de la X Región (parte norte)**

De oeste a este se destaca en primer lugar, la franja de relieve positivo de la Cordillera de la Costa, compuesta por rocas del basamento paleozoico, algunas intrusiones cretácicas hacia el norte, sedimentitas, volcánicas terciarias y escasos depósitos glaciales pleistocénicos; seguida hacia el este, una zona deprimida conocida como Depresión Intermedia constituida por rocas sedimentarias terciarias y rellena en su totalidad por depósitos sedimentarios del cuaternario, principalmente de origen glacial; finalizando hacia el este, fuera de la zona de estudio, el macizo orógeno de la Cordillera Principal, donde se ubica el arco volcánico actual, compuesto de rocas intrusivas del paleozoico al terciario, rocas volcánicas recientes, y escasamente de rocas volcánicas y sedimentarias meso-cenozoicas y por rocas metamórficas del Paleozoico?-Triásico.

#### **Cordillera de la Costa**

La Cordillera de la Costa se compone principalmente de rocas metamórficas, tales como esquistos pelíticos, esquistos máficos y en menor proporción, metachets, serpentinitas, milonitas y relictos de esquistos azules, agrupadas en los que ha denominado Complejo Metamórfico Bahía Mansa (Duhart et al., 1998). Según Hervé (1988), este complejo metamórfico conforma un prisma de acreción generado durante el Carbonífero-Pérmico. Las rocas intrusivas están representadas por pequeños stocks graníticos de edad cretácica (Munizaga et al., 1988), emplazados de forma restringida en el basamento metamórfico. Las rocas estratificadas están representadas por rocas sedimentarias y volcánicas terciarias. Las rocas sedimentarias corresponden a depósitos de fangolitas, areniscas y conglomerados, de carácter continental y marino que constituyen los Estratos de Caleta Chonos (Valenzuela, 1982), Estratos de Parga (Flores, 1976), Estratos de Cheuquemó (García, 1968), Estratos de Lacui (Valenzuela, 1982), y Formación Caleta Godoy (Valenzuela, 1982); mientras que las rocas volcánicas son principalmente lava basáltica y andesítico-basálticas, y rocas piroclásticas de composición riodacítica, representadas por complejos volcánicos de Ensenada Capitanes (Duhart et al., 1998), Caleta Parga (Duhart et al., 1998) y por el Complejo Volcánicosedimentario Ancud (Galli y Sánchez, 1960). Los depósitos cuaternarios son no consolidados y afloran esporádicamente, probablemente del Pleistoceno Inferior, y son fundamentalmente de carácter glacial y fluvio-glacial.

#### **Depresión Intermedia**

La Depresión Intermedia corresponde morfológicamente a una cuenca desarrollada durante el terciario (Cisternas y Frutos, 1994; Frutos y Cisternas, 1994; Elgueta y Urqueta, 1998) compuesta por una secuencia de rocas sedimentarias de gran potencia, la que durante el Pelistoceno habría sido rellena totalmente con material arrastrado por los glaciales de pie de

monte que cubrieron la región durante esta época (Heusser y Flint, 1977; Porter, 1981). Las rocas sedimentarias están representadas por secuencias terciarias, de carácter continental-parálico, que conforman los Estratos de San Pedro (Brüggen, 1950=, Estratos de Pupunahue-Catamutún (Illies, 1970) y Estratos de Cheuquemó (García, 1968), y por una secuencia marina a continental denominada Formación Santo Domingo (Martínez y Pino, 1979). De acuerdo con su morfología, grado de meteorización, erosión y desarrollo de cobertura de suelo, han sido diferenciados en al menos cuatro franjas de edades crecientes de este a oeste, que representan a la misma cantidad de épocas glaciales, denominadas Llanquihue, Santa María, Río Llico y Tegalda (Antinao y Clayton, 1998). Estos depósitos están cubiertos, en ocasiones por sedimentos eólicos y piroclásticos de menos potencia, provenientes de centros eruptivos del actual arco volcánico.

## **Cordillera Principal**

Hacia el este de la zona de estudio, se encuentra la Cordillera Principal la que representa estructuralmente, un conjunto de bloques sollevados por procesos tectónicos particularmente intensificados durante el Terciario Superior, y recorridos por importantes sistemas de fallas (Zona de Falla Liquiñe-Ofqui, ZFLO). Esta compuesta principalmente por rocas intrusivas, volcánicas y, en menor grado, sedimentarias y metamórficas. Un complejo sistema de erosión, especialmente glacial, la ha afectado durante el Pleistoceno, generando una profunda disección de valles aprovechando zonas de debilidad estructural (fracturas y fallas) y modelando. Los intrusivos constituyen parte del Batolito Nor-Patagónico, correspondiente al menos a cuatro ciclos intrusivos: Paleozoico Superior, Jurásico, Cretácico y Mioceno (Parada et al., 1997). Las plutonitas paleozoicas corresponden a tonalitas de hornblenda y biotita (Munizaga et al., 1988); los intrusivos jurásicos a granodioritas y granitos biotíticos (Munizaga et al., 1988); el evento mientras que las plutonitas del Mioceno corresponden a gabros, dioritas y tonalitas de hornblenda y biotita (Parada et al., 1997). Las rocas volcánicas corresponden, en su mayoría, a rocas andesíticas y basálticas de edad pleistocena a holocena, y son las que conforman y expresan el arco volcánico actual. Las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas corresponden a las formaciones Panguipulli (Aguirre y Levi, 1964) y Tralcán (Aguirre y Levi, 1964), ambas triásicas, compuestas principalmente por una alternancia de pizarras y areniscas, y conglomerados, respectivamente; y a las formaciones Curarrehue (Aguirre y Levi, 1964) y Pichicolo (SERNAGEOMIN-BRGM, 1995), de edad Jurásico-Cretácico y compuestas por rocas volcánicas andesíticas y sedimentarias de grano fino a grueso, y por lavas, pórfidos y brechas andesíticas. El cenozoico consiste de unidades sedimentarias y volcánicas, representadas por los Estratos de San Pedro (Brüggen, 1950), de edad Eoceno, compuestos por areniscas con intercalaciones de fangolitas y niveles de carbón de poca potencia; Estratos de Lago Ranco (Campos et al., 1998), de edad Oligoceno-Mioceno Inferior, compuestos de areniscas, lutitas y conglomerados, además de brechas, tobas y lavas; Complejo Volcánico Illahuapi (Campos et al., 1998), de edad Mioceno Medio, compuesto de tobas, conglomerados, areniscas, además de brechas, lavas y domos; Estratos de Pitreño (Campos et al., 1998), de edad Mioceno Superior-Plioceno, compuesto por areniscas, conglomerados y lutitas, además de lavas, aglomerados, brechas y tobas. Rocas metamórficas se han reconocido en la región cordillerana, agrupándose de acuerdo a sus litologías, grados metamórficos y edad, en Complejo Metamórfico Colohuincul (Dalla Salda et al., 1991), Complejo Metamórfico Liquiñe (Duhart et al., 1998), Complejo Metamórfico Trafún (Duhart et al., 1998) y Complejo Metamórfico Sotomó-Chaiques (SERNAGEOMIN-BRGM, 1995).



## 2.2 Marco geológico

### **Geología de la Zona**

En el área que comprende la zona de trabajo, afloran rocas metamórficas asignadas al Paleozoico-Triásico, rocas volcánicas y sedimentarias del Terciario y depósitos sedimentarios no consolidados del Cuaternario. Se describen a continuación las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio, de la más antigua a la más joven.

#### Paleozoico-Triásico

#### **Complejo Metamórfico Bahía Mansa (CMBM), Pzbm (duhart et al, 1998)**

#### **Devónico (o más antiguo)-Triásico**

Las rocas que afloran dentro de esta unidad, se exponen en la Cordillera de la Costa, en forma continua al menos entre los 39°00' y 42°00' L.S. Se incluyen dentro de la denominada Serie Occidental del Basamento Metamórfico (Aguirre et al. 1972). El CMBM corresponde a un conjunto heterogéneo de rocas metamórficas, consistente en esquistos pelíticos a semipelíticos con menor cantidad de metareniscas, alternancias de esquistos máficos de características geoquímicas semejantes a MORB (Días et al., 1988; Crignola et al., 1997), metacherts en menor proporción, y escasos cuerpos de rocas máficas y ultramáficas tectónicamente emplazadas (Godoy y Kato, 1990), y más escasamente rocas miloníticas. Los esquistos del CMBM exhiben una foliación principal de carácter regional que es dúctil y penetrativa (S2 de Kato, 1985), la cual oblitera, parcial a completamente, una foliación más antigua (S1), produciendo una foliación compuesta (S1+2). Una fábrica milonítica se desarrolla coplanar a S2, acompañada por una lineación de estiramiento, definida por varillas de cuarzo y albita, en el mismo rumbo que la foliación (McDonough et al., 1997a). Se distinguen:

Esquistos Pelíticos a Semipelíticos, contienen intercalaciones menores de metareniscas, de coloración grisácea, con una foliación bien desarrollada según bandas cuarzo-micáceas. Microscópicamente, en la mayor parte de las rocas que constituyen esta unidad litológica, se observa la asociación mineralógica principal, consistente en bandas policristalinas de cuarzo, albita, muscovita y clorita y, en menor proporción, epidota y titanita, presentando una textura granoblástica a granolepidoblástica.

Esquistos Máficos, de coloración verde a pardo en terreno. Desarrollan una foliación principal (S2) según bandas cloríticas-actinolíticas y epidóticas-feldespáticas. Localmente se observan relictos de estructuras de probables pillow lavas, las cuales se presentan dentro de la foliación principal. Microscópicamente, formando la asociación litológica principal, se observan bandas de clorita, albita, epidota, titanita, actinolita y en menor proporción hornblenda y mica blanca (fengita), con escaso cuarzo de textura nematoblástica a granonematoblástica.

Cuerpos ultramáficos y máficos, constituyen cuerpos pequeños a medianos de serpentinitas, y subordinadamente cuerpos metagabroicos, que ocurren generalmente dentro de franjas de esquistos máficos. Las rocas de los márgenes de los cuerpos ultramáficos, se presentan

fuertemente foliadas y recrystalizadas, lo cual ha sugerido un emplazamiento tectónico (Godoy y Kato, 1990).

Milonitas, corresponden a rocas esquistosas grises a negras, con una foliación milonítica a localmente ultramilonítica bien desarrollada según bandas milimétricas cuarzo-feldespáticas, con niveles intercalados de metareniscas. En afloramientos, dentro de la foliación milonítica, se observan bandas de micas fluidales que envuelven porfiroclastos de cuarzo y albita.

El metamorfismo y deformación que afecta al CMBM, corresponde mayoritariamente a la facie esquistos verdes, la cual produjo fábricas tectónicas penetrativas sobreimpuestas en una facie relictas de esquistos verdes transicional a anfibolita y/o esquistos azules. Dicha deformación ocurrió entre el Mississippiano tardío hasta el triásico tardío según las edades de enfriamiento de los sistemas de K-Ar y Rb-Sr que se han reportado para la región (Munizaga et al., 1988; Duhart et al., 1997).

### Oligoceno-Plioceno

#### **Complejo Volcánico Ensenada Capitanes, OIMec (Duhart et al., 1998)**

##### **(Oligoceno-Mioceno?)**

Cuerpos volcánicos a subvolcánicos se han reconocido en la localidad de Punta Capitanes (Alfaro, 1994; Troncoso et al., 1994), afloran a lo largo de la línea de costa por aproximadamente 4 km, y se extienden hacia el este por 8 km. Las rocas de esta unidad se encuentran bordeadas, por esquistos micáceos del CMBM, por lo que se infiere que fueron emplazados y depositados sobre dicho complejo.

Rocas volcánicas basálticas y andesítico-basálticas, grises a negras, microcristalinas a levemente porfídicas y brechas volcánicas con intercalaciones tobáceas, afloran a lo largo de la costa, desde Punta Capitanes hacia la Ensenada Capitanes por el sur, extendiéndose hacia el este por unos 2 km hasta el valle del Río Pescado. Microscópicamente, las rocas volcánicas presentan una textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, de composición andesina-labradorita, olivino y piroxeno, en una masa fundamental intersertal, a veces hialofílica, de aspecto fluidal desvitrificada, con un relleno intergranular y de vesículas de siderita y clorita. La porción que ha sido interpretada como el conducto volcánico, es una brecha de fragmentos decimétricos en una matriz tobácea (Troncoso et al., 1994), mientras que en sus bordes afloran coladas de lavas andesítico-basálticas con intercalaciones mátricas de tobas blancas (Alfaro et al., 1994). Microscópicamente, los fragmentos que conforman esta brecha revelan que la roca está casi enteramente compuesta por vidrio pardo rojizo, de aspecto fluidal, dentro del cual se distinguen fragmentos de plagioclasas euhedrales, débilmente zonados y microvesículas, de forma irregular a subesféricas, en ocasiones parcialmente rellenas de calcita (Troncoso et al., 1994).

Rocas volcánicas blancas a café amarillento de texturas porfídicas, fuertemente meteorizadas, afloran al este del río Pescado, en la localidad de Esperanza. Microscópicamente, presentan una textura porfídica, en una masa fundamental traquítica, con fenocristales de plagioclasas sericitizados y los minerales ferromagnesianos biotizados. La masa fundamental está alterada de igual manera. Estas rocas se interpretan como pertenecientes a un cuerpo subvolcánico dacítico alterado.

Edades radiométricas K-Ar en roca total de  $32,9 \pm 1,6$  Ma y  $27,5 \pm 1,0$  Ma (Duhart et al., 1998) han sido obtenidas para rocas volcánicas basálticas y andesítico-basálticas, respectivamente, expuestas en Punta Capitanes, lo cual indica que el volcanismo, en esta localidad, se habría desarrollado durante el Oligoceno.

### **Estratos de Cheuquemó, OIMc (redefinido de García, 1968)**

#### **(Oligoceno tardío-Mioceno temprano)**

Unidad sedimentaria continental descrita por primera vez por Fenner y Sylvester (1936) y posteriormente definida por García (1968) en el curso del río Riachuelo y en algunos de sus afluentes como los esteros Chucauco y El Cañal, en la localidad de Cheuquemó, donde aflora discretamente. Esta expuesta además, en el curso medio del Estero Huilma en el lugar homónimo. Afloramientos más extensos de esta unidad se encuentran en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, adosados a rocas del Complejo metamórfico Bahía Mansa.

Nuevos antecedentes de superficie y subsuperficie permiten señalar que la unidad sobryace directamente a rocas metamórficas con discordancia de erosión e infrayace a rocas sedimentarias marinas de la base de la Formación Santo Domingo, o a depósitos pliocenos o cuaternarios, cuando estas no están presentes. Sin embargo, se considera que la información estratigráfica recolectada esta incompleta y que la localidad definida previamente como estratotipo no muestra las relaciones estratigráficas fundamentales y litologías de la unidad, de este modo, se considera que esta unidad no debería tener el rango de formación y se ha preferido redefinirla como Estratos de Cheuquemó (Elgueta y Urqueta, 1998).

La unidad esta compuesta de conglomerados finos a medios ricos en cuarzo, areniscas de grano fino a grueso, en parte arcillosas y también ricas en cuarzo, fangolits micáceas, fangolitas tobáceas, tobas de cenizas y de lapilli pumiciticos, fangolitas carbonosas y mantos de carbón. Contiene horizontes con abundantes improntas de hojas y con restos de fauna de invertebrados fósiles. Los estratos están plegados y fallados con ángulos de manto de  $20^\circ$  a  $30^\circ$  preferentemente hacia el sureste.

De acuerdo a las relaciones estratigráficas y contenido fosilífero se correlaciona con los Estratos de Cheuquemó y se estima una edad similar, es decir, Oligoceno tardío cercano al límite Oligoceno-Mioceno. Alfaro y Cisternas (1991) señalan que las sedimentitas están posiblemente intruídas por rocas volcánicas traquíticas porfídicas amigdaloidales del Complejo Volcánico Caleta Parga, sin embargo, esta relación no pudo ser establecida en a información de superficie ni sub-superficie.

### **Formación Caleta Godoy, Plicg (modificada de Valenzuela, 1982)**

#### **(Plioceno)**

Unidad sedimentaria continental-marina descrita inicialmente por Valenzuela (1982) en el sector de Punta Quillagua, Punta Godoy y Punta Hurón. Se expone exclusivamente en el sector costero en una franja discontinua de afloramientos entre Llico Bajo y la parte norte de la isla de Chiloé. Además de las áreas mencionadas, se destacan los afloramientos del Morro Amortajado e

Isla Doña Sebastiana. Los estratos horizontales se disponen discordantemente sobre rocas del CMBM, o alternativamente, cubren con discordancia angular y de erosión a los Estratos de Parga.

En el sector de Parga, la unidad esta compuesta de conglomerados moderada a pobremente consolidados, areniscas medias a finas y fangolitas cuarzo-micáceas. Las litologías más frecuentemente representadas en los acantilados costeros, consisten en conglomerados clastosoportados de rocas volcánicas y cuarzo con menor participación de rocas metamórficas y graníticas, tobas arenosas y areniscas con flora fósil carbonizada (hojas, tallos y troncos), areniscas con uno o más mantos lenticulares de carbón inmaduro que alcanzan a 0.5 m de espesor, pero que generalmente no tienen más de unas decenas de metros de extensión, areniscas ricas en fauna fósil, relativamente bien preservada donde aún se aprecia la composición calcárea de los esqueletos.

Particularmente, en el sector sur de esta franja, es frecuente encontrar expuestas en los acantilados costeros, secuencias de 50-100 m de espesor de areniscas y conglomerados con estratos horizontales o ligeramente inclinados, afectados localmente por fallas normales de alto ángulo y de poco desplazamiento.

La formación Caleta Godoy de la forma definida por Valenzuela (1982), incluye a la Formación Zarao de Flores (1976). Si bien este último autor consideró a esta formación del Mioceno, se considera más probable una edad Plioceno, principalmente por las relaciones estratigráficas establecidas (Elgueta y Urqueta, 1998).

#### Pleistoceno-Holoceno

Los depósitos sedimentarios del cuaternario cubren gran parte de la región, siendo los más importantes los depósitos derivados de la acción glaciaria durante el Pleistoceno, mientras que los depósitos derivados de los sistemas fluviales y de la acción marina y/o estuarina son más escasos y principalmente de edad holocena.

#### **Depósitos litorales (Hp), eólicos (Heo), estuarinos (He) y aluvionales (Ha)**

##### **(Holoceno)**

Los depósitos litorales actuales (Hp) tienen su mayor extensión en bahías protegidas de la vertiente occidental Cordillera de la Costa, donde ríos como el Maullín, Llico y otros, desembocan al mar. Forman una franja de hasta 10 km de largo y un ancho entre 50 m a 1 km. Comprende depósitos de arenas, gravas y ripios litorales, bien seleccionados y redondeados.

Frecuentemente las gravas manifiestan formas esféricas y discoidales. Su composición incluye diferentes porcentajes de fragmentos de cuarzo, rocas volcánicas, metamórficas e intrusivas dependiendo de la litología local y sedimentos alóctonos traídos por los ríos.

Detrás de las playas actuales cerca de Maullín y Ancud, se ubican fajas de campos de dunas irregulares u orientadas transversas al viento predominante. Comprende depósitos eólicos (heo) de arenas gruesas a finas, bien clasificadas, de litologías cuarzolíticas, texturalmente maduras. En las escasas exposiciones disponibles manifiestan estratificación horizontal plana y cruzada de alto ángulo separadas por contactos erosionales. Por lo general, son poco consolidados y compuestos por materiales derivados de la playa actual.

En la desembocadura de ríos como el Maullín, Quenuir y Palihué, en la costa del pacífico, la acción de las mareas e inundaciones forman depósitos estuarinos (He). Estos depósitos ocupan las terrazas bajas, bancos e islas del cauce actual, los cuales son saturados y sumergidos permanentemente. Aunque las secciones son escasas y poco potentes, esta unidad comprende arcillas, limos y arenas finas. Muchos de estos terrenos pantanosos se atribuyen al hundimiento que ocurrió después del terremoto que afectó la zona en el año 1960 (Laugenie, 1982).

Depósitos torrenciales (Hc) se localizan en la desembocadura de valles profundos y de fuerte pendiente que convergen hacia el río Llico. Constituyen depósitos monomícticos de clastos metamórficos, angulosos, clastosoportados, de tamaños centrimétricos a métricos y con escasa matriz limo arenosa.

### **Depósitos fluviales antiguos PIHf**

#### **(Pleistoceno-Holoceno)**

Depósitos fluviales no consolidados de antiguos cursos de agua que forman terrazas entre 1 a 15 m de alto sobre el lecho que actualmente ocupa la corriente de agua. Forman extensas acumulaciones de la Depresión Intermedia, a lo largo de ríos como el Maullín. Consisten de gravas moderada a bien seleccionadas, de buen redondamiento, en parte imbricadas, en una matriz de arena gruesa y media. Tienen estructura de estratificación planar horizontal, entrecruzada y frecuentemente granodecreciente. La proporción de arena aumenta aguas abajo.

Comúnmente presentan estructuras de canales y barras. En general los clastos corresponden a litologías volcánicas y de granitos en la depresión Intermedia; localmente esquistos y rocas de basamento en la Cordillera de la Costa y rocas volcánicas e intrusivos en la Cordillera Principal. Las terrazas de esta unidad están cubiertas por suelos de espesores variables entre 5 cm a 1 m, con espesores mayores registrados en las zonas cercanas a la Cordillera Principal debido a su origen volcánico. La mayoría de estas terrazas están inscritas en morrenas y planicies glaciofluviales de las glaciaciones pleistocenas indicando que se han formado después del último retiro de los glaciares, luego de alrededor 13900 (Lowell et al., 1995).

### **Morrenas y depósitos glaciales (Plm) y Depósitos fluvioglaciales (Plfg)**

#### **(Pleistoceno)**

En general, el Pleistoceno en la región está marcado por ciclos glaciales regulares, compuestos por tiempos fríos denominados “glaciaciones” separados por intervalos más cálidos, “interglaciales” y también periodos cálidos dentro de una glaciación “interstadiales”. Durante este periodo, glaciares de piedemonte salieron del campo de hielo de la Cordillera Principal excavando lagos hacia el Océano Pacífico y Argentina. Los glaciares alcanzaron un mayor desarrollo hacia el sur y se extendieron hasta las zonas hoy cubiertas por mar. Al este de la Cordillera Principal, en Argentina, y en la Décima Región de Chile, estos se extendieron dentro de la zona continental dejando un registro de los eventos glaciales pleistocenos (Antinao y Clayton, 1998).

Porter (1981) desarrolló un esquema en la cuenca del lago Llanquihue para diferenciar los depósitos de distintas glaciaciones usando una estratigrafía relativa basada en criterios de edades absolutas, datos geomorfológicos, de meteorización de los depósitos y de potencia del suelo

volcánico que los cubre, el cual se pueden extender al resto de la Décima Región. Diferenció cuatro glaciaciones, denominadas Llanquihue, Santa María, Río Llico y Caracol, en orden de más joven a más antiguo. Antinao y Clayton (1998) han denominado a la glaciación más antigua registrada en la zona como Glaciación Tegalda.

Las facies de till (Plm1, Plm2, Plm3, Plm4) son muy variadas, generalmente masivas, sin estratificación, oscilando entre clastosoportadas y matrizsuportadas. Se encuentran mal seleccionadas, incluyendo bloques grandes de hasta 3 m de diámetro desde arcillas. Los clastos predominantes son subredondeados a redondeados y muchos exhiben estrías o facetas glaciarias. El grado de meteorización de los clastos y matriz es creciente hacia los depósitos más antiguos (Antinao y Clayton, 1998).

Sedimentos fluvio-glaciales (Plfg1, Plfg2, Plfg3) comprenden materiales transportados primero por glaciares y luego retrabajados y depositados en la zona proglacial por ríos de desagüe. Esta unidad presenta una morfología de extensas planicies y anchas terrazas que se extienden más allá de los depósitos morrénicos. Comprenden gravas y ripios moderadamente a bien seleccionados, subredondeados a redondeados, que componen facies clastosoportadas con bajo porcentaje de matriz arenosa. Presentan buena estratificación plana horizontal, granodecreciente y localmente cruzada, aunque en los sectores más proximales a las morrenas muestran estratificación gruesa y mala selección que puede incluir clastos hasta el tamaño de bolones. Típicamente están interestratificadas con lentes o estratos de arena, que exhiben a su vez estratificación plana-horizontal y cruzada (Antinao y Clayton, 1998).

En el área se reconocen los depósitos relacionados a las tres últimas glaciaciones, distinguidos por sus características de meteorización y edades radiocarbono. Los depósitos de la última glaciación, Glaciación Llanquihue, están frescos y los clastos se muestran duros, comparados con la penúltima glaciación, Glaciación Santa María, los cuales están cementados y endurecidos debido a la presencia de óxidos de hierro y sílice. Los depósitos de la antepenúltima glaciación, Glaciación Río Llico, son más alterados, con cáscaras de meteorización y núcleos duros.

### **Depósitos diamícticos indiferenciados Pldi**

#### **(Pleistoceno?)**

Corresponden a depósitos con clastos y fragmentos muy meteorizados, que conforman un depósito variado en colores, diferenciales de aquellos de la Glaciación Tegalda por el tamaño y proporción de los clastos. Estos depósitos se asocian a la glaciación más antigua registrada en la zona, siendo su edad precisa desconocida, probablemente del Pleistoceno Inferior.

### 3. Litología

Dentro de este capítulo de memoria, se expondrá un resumen de los afloramientos de rocas metamórficas dentro del área de estudio, agrupados en 4 unidades principales. Estas unidades principales fueron resultado de una agrupación y correlación de las muestras obtenidas en terreno, según sus características litológicas y estructurales, observadas tanto en terreno como bajo lámina delgada (para ver en detalle cada afloramiento, ver Anexos).

Se presenta a continuación una representación de los afloramientos de roca presente mediante un mapa (ver Figura 6), donde se definieron 3 unidades, afloramiento de cuerpos de rocas y contactos inferidos. La primera corresponde a la unidad de Metabasitas de estaquilla, donde el color verde oscuro representa los afloramientos observados en terreno, y el color verde claro representa lo que abarcaría la unidad inferida. La segunda unidad de Milonitas de Llico bajo de color anaranjado. La tercera unidad corresponde a la unidad de Metarenitas de Pinuno representado por un color gris oscuro la parte de la unidad observada, y de color gris claro la parte de la unidad inferida. Cuerpos extrusivos/intrusivos se representan por un color rosado al afloramiento de traquita, y de color morado al supuesto afloramiento de metagabrodiorita.

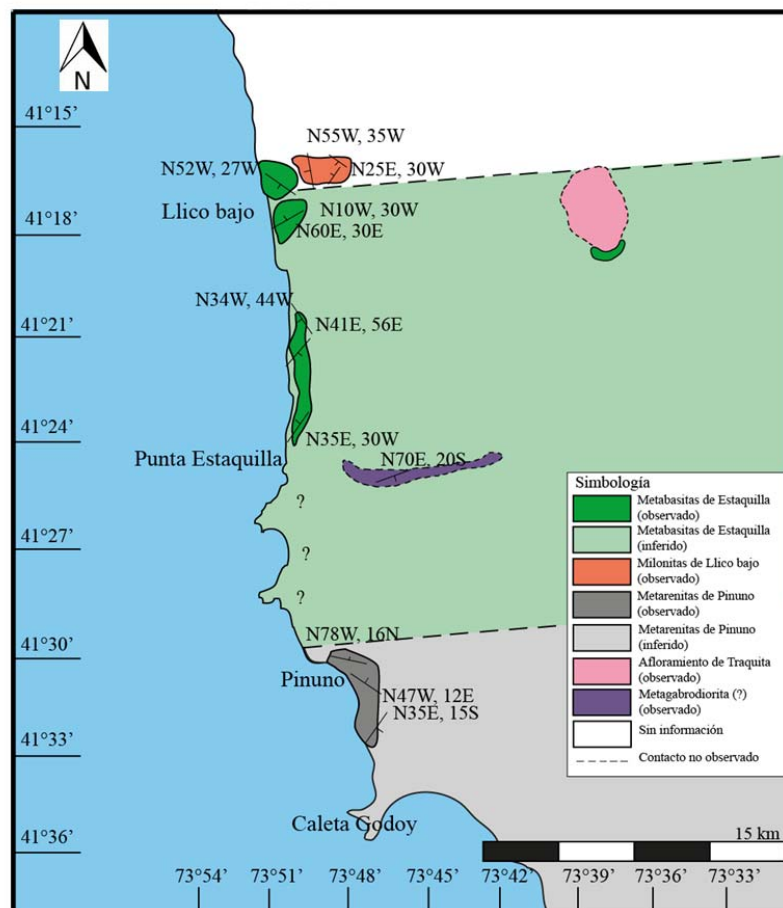


Figura 6. Representación de la distribución de las unidades y cuerpos presentes, bajo sus propiedades petrográficas y estructurales, entre los 41°15' y 41°36' L.S.

### 3.1 Unidad Metabasitas de Estaquilla

#### 3.1.1 Definición, distribución y límites

La unidad de metabasitas denominada como Metabasitas de Estaquilla, fue definida por Duhart (1999) anteriormente bajo el mismo nombre. Geográficamente estas presentan sus mejores exposiciones en los acantilados costeros, entre Punta Estaquilla por el sur, hasta la desembocadura del río Llico por el norte, infrayacendo rocas sedimentarias de la Formación Caleta Godoy asignadas al Plioceno (Duhart, 1999), y al este en contacto por una falla normal con rocas sedimentarias terciarias correspondientes a los Estratos de Cheuquemó (Duhart, 1999).

#### 3.1.2 Litología y petrografía

Los afloramientos presentes en la unidad denominada Metabasitas de Estaquilla, corresponden a rocas foliadas de coloración verde oscuro. Dentro de su mineralogía se encuentra anfíbola + plagioclasa + clinozoisita (y/o zoisita) + cuarzo + clorita + epidota + titanita + opacos. A continuación se sintetizan las propiedades más relevantes.

##### **Anfíbola**

- Se presenta como cristales dentro de 2 familias de tamaños de grano. La de mayor proporción, corresponde a cristales alargados de tamaño de grano muy fino (<0,2mm) que demarcan la textura nematoblástica (dirección principal de foliación), color verde-verde azulado a nicoles paralelos. La segunda corresponde a cristales de mayor tamaño (~0,5mm) y coloración verde azulada (ver Figura 8).

- Se asocian a clorita en sus bordes de grano, y a cristales de albita + clinozoisita compartiendo la dirección principal de foliación.

##### **Plagioclasa**

- Los cristales de plagioclasa se presentan en 2 familias de tamaños. La principal, se presenta como cristales de albita, los cuales se encuentran asociados a cristales de clinozoisita (procesos de saussuritización), juntos muestran una coloración marrón claro bajo lámina delgada y siguen la dirección principal de foliación. La segunda, se presentan como porfiroclastos de un tamaño de grano entre 1 a 4mm, de alta integridad demarcando estructuras peces minerales (ver Figura 7). Es decir, los bordes de grano de las plagioclasas (bajo lámina delgada) no presentan una recristalización aparentemente fuerte que implique que haya habido una rotación del grano. Cabe destacar que fueron considerados como porfiroclastos dado que presentan forma euhedral y maclado (Vernon, 1986a, 1990b, 1999, 2004).



### **Clinozoisita**

- Se presenta como cristales de tamaño de grano muy fino (<0,05mm) asociados a cristales de albita. Se puede observar en cristales de mayor tamaño de grano, una transición a epidota férrica en su parte interna de grano.

### **Cuarzo**

- El cuarzo se presenta en la matriz como cristales de tamaño de grano muy fino (<0,05mm), y forma parte del relleno de venillas post-tectónicas ya que cortan la foliación principal, con o sin asociación a cristales de zoisita (y/o clinozoisita).

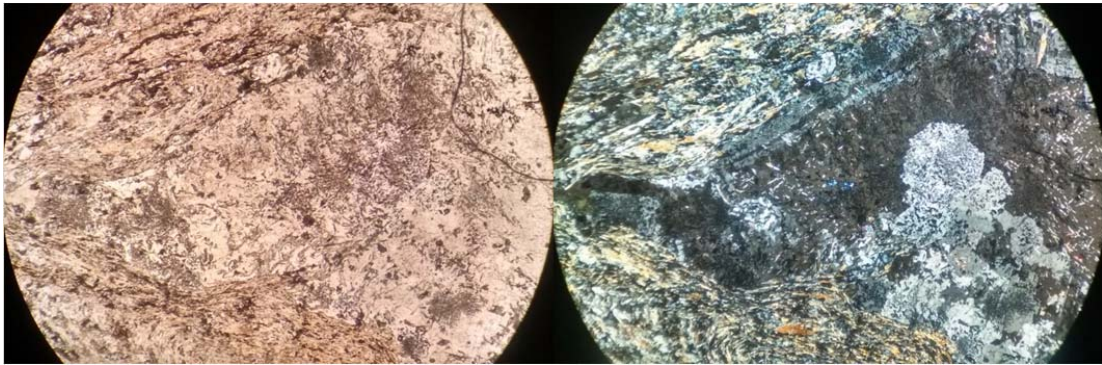


Figura 7. Vista de un porfiroclasto de plagioclasa dentro de una estructura pez mineral rodeado por cristales de anfíbola. Se puede observar una deformación en su macla (R: 2 mm). Muestra CM1-04-17.

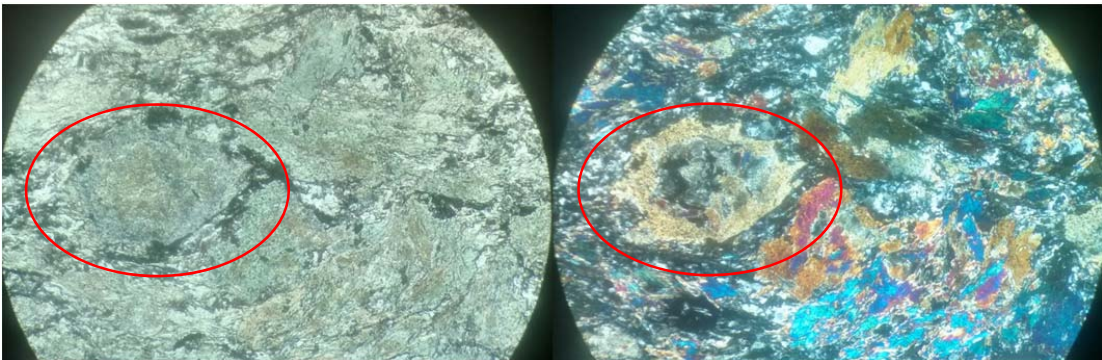


Figura 8. Vista de cristal de anfíbola (demarcado con círculo rojo en fotografía), se observan colores azulados en parte externa del grano y colores verde-marrón en la parte interna (R: 1 mm). Muestra CM1-06-14.

Caso en particular se observa en un afloramiento ubicado espacialmente, a una distancia de 11km en dirección suroeste de donde aflora el cuerpo denominado como traquita, el cual se presenta de coloración oscura, fracturado y meteorizado (ver Figura 9). Visto a lámina delgada (muestras CM2-09-08 y CM2-12-08) estos fueron clasificados dentro de la unidad de Metabasitas de Estaquilla, por corresponder a una petrografía similar, pero sin una foliación S1 marcada. Se propone su estudio posterior ya que podría corresponder a una metagabrodiorita (ver Figura 10).

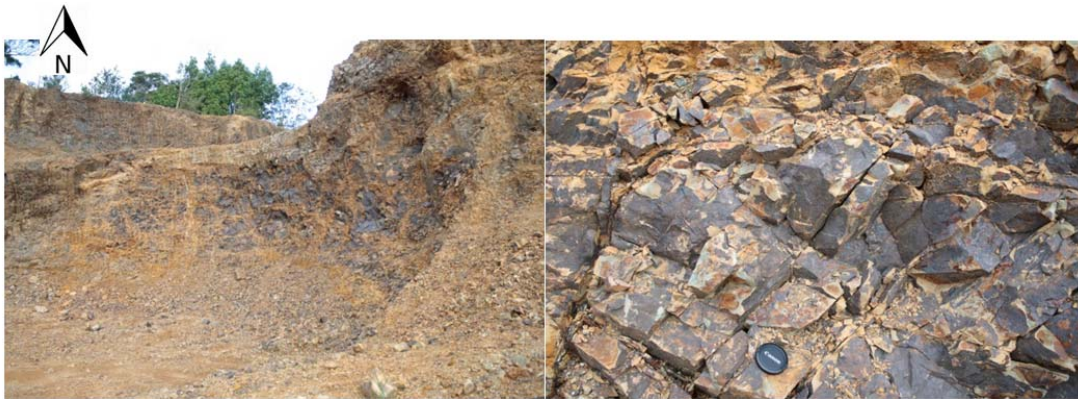


Figura 9. Vista en terreno de afloramiento de grano fino de coloración oscura muy meteorizado, presenta un set de fracturas/fallas asociado (Muestra CM2-12-08, vista en lámina delgada).

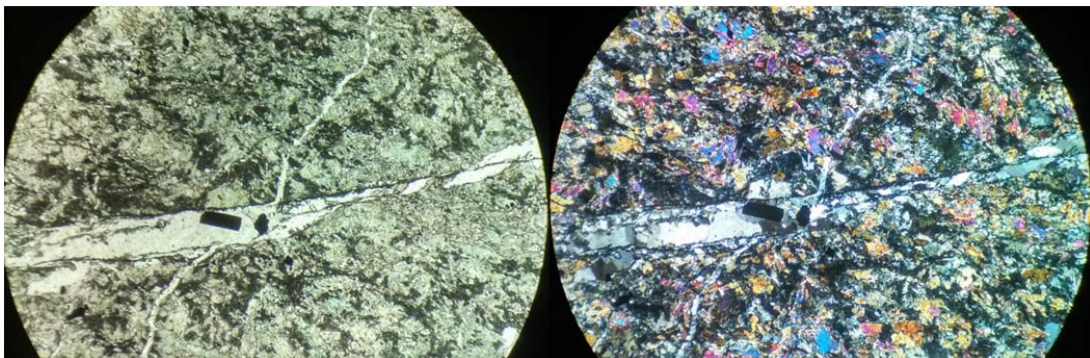


Figura 10. Imagen vista bajo lámina delgada, donde se muestran cristales de anfíbola sin orientación aparente y vetillas de cuarzo cortando la estructura, con minerales opacos asociados (R: 2 mm). Muestra CM2-09-08.

## 3.2 Unidad Milonitas de Llico bajo

### 3.2.1 Definición, distribución y límites

Los afloramientos observados dentro de la unidad denominada Milonitas de Llico bajo, se ubican geográficamente desde la ribera derecha del río Llico al este, fueron definidos anteriormente por Duhart (1999) como parte de la unidad Metamorfitas de río Llico.

### 3.2.2 Litología y petrografía

Los afloramientos observados en la unidad Milonitas de Llico bajo, correspondían a rocas foliadas, muy deformadas, de coloración gris-anaranjada. Microscópicamente se reconoce cuarzo + mica blanca + biotita + clorita + opacos + epidota + óxidos de Fe. A continuación se sintetizan las propiedades más relevantes.

- Cristales de cuarzo se presentan como agregados poligonales de borde de grano irregular, dispuestos en bandas subhorizontales (misma dirección, que la principal de foliación).
- Las micas blancas se presentan definiendo bandas lepidoblásticas, junto a biotita y clorita (ver Figuras 11 y 12).
- Cristales de clorita aparecen dentro de la matriz siguiendo la dirección principal de foliación, de hábito laminar y presenta color de interferencia café.

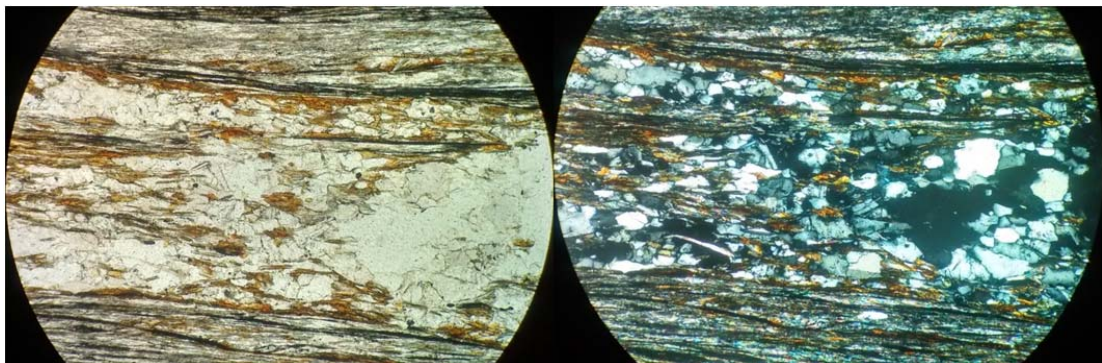


Figura 11. Vista de bandas lepidoblásticas con blastos de biotita, junto a bandas granoblásticas de cuarzo (R: 1 mm). Muestra CM1-01-20.

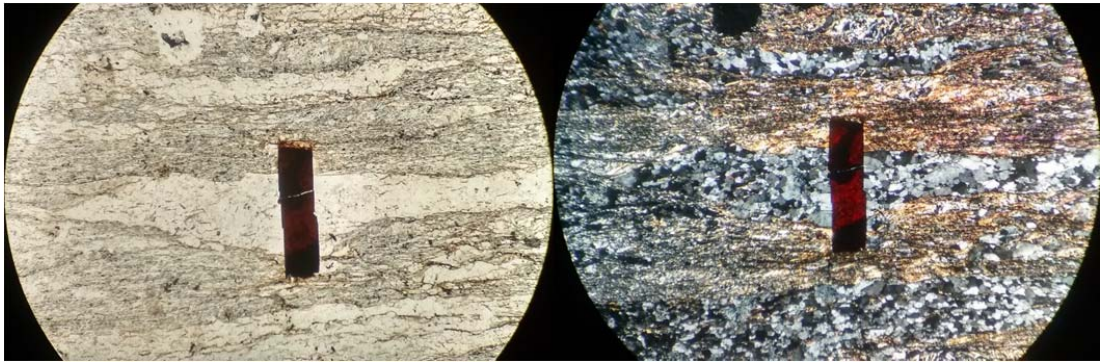


Figura 12. Vista de cristal opaco rojizo posterior a las bandas lepidoblástica y granoblástica (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20.

En particular, se reconocieron 2 muestras dentro de esta unidad, que difieren en sus propiedades petrológicas y estructurales. Para las cuales se debe realizar un estudio posterior en más detalle. Estas son las muestras, CM1-01-14, y CM1-02-20.

Las propiedades petrográficas más relevantes para la muestra CM1-01-14, son las siguientes:

- Los cristales de clinozoisita, aparecen como cristales de tamaño de grano fino (~0.1 mm) de alta integridad, mostrando colores de interferencia azul-amarillo.
- Minerales opacos rojizos aparecen deformados alargados siguiendo la dirección principal de foliación (ver Figura 13).

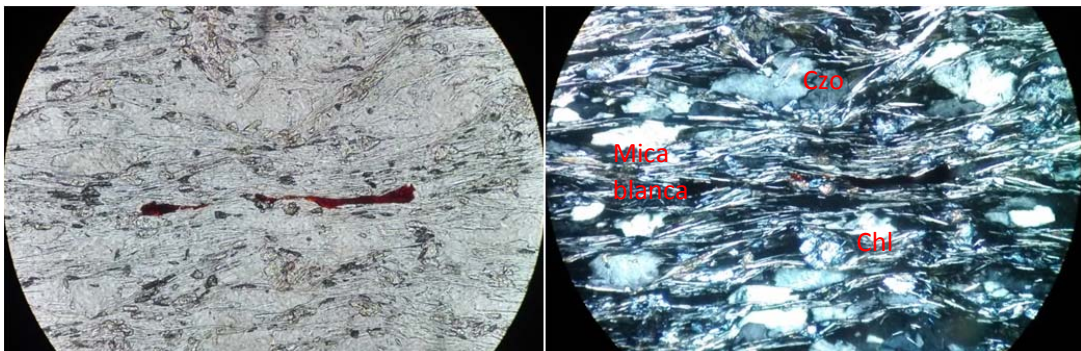


Figura 13. Muestra de cristales de mica blanca, clinozoisita, clorita y opacos deformados (R: 0.5 mm). Muestra CM1-01-14.

Las propiedades más relevantes para la muestra CM1-02-20, son las siguientes:

- Los cristales de clinzoisita, muestran un tamaño de grano fino ( $\sim 0.3$  mm) y se encuentran inmersos en una matriz meteorizada y deformada. Evidenciado por un alto porcentaje de óxidos de Fe presentes, junto con bandas de cuarzo residuales deformadas (ver Figura 14).

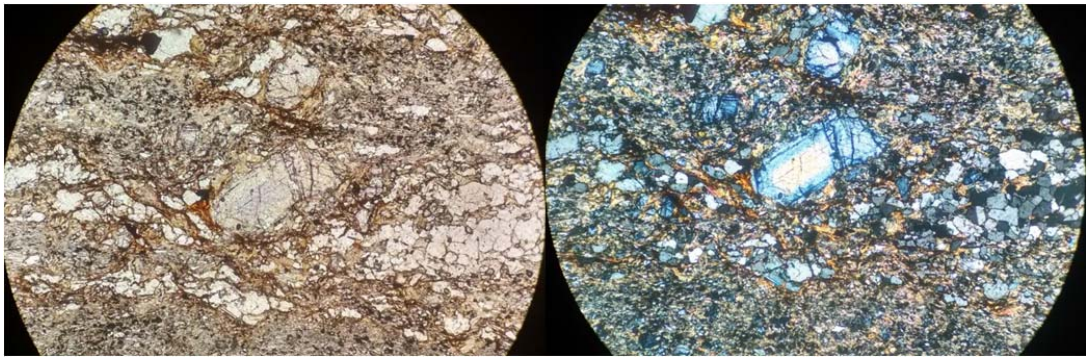


Figura 14. Muestra de cristal de clinzoisita (tamaño de grano fino) junto a una banda cuarcífera remanente (R: 1 mm). Muestra CM1-02-20.

### 3.3 Unidad Metarenitas de Pinuno

#### 3.3.1 Definición, distribución y límites

La unidad denominada como Metarenitas de Pinuno, fue definida anteriormente por Duhart (1999) como Metapelitas de Lacui. Las rocas que componen esta unidad corresponden a una alternancia de metarcosa, metapelitas y metacuarcitas, bajo contactos concordantes observables en terreno, afloran en la localidad de Pinuno, infrayacendo una unidad de roca sedimentaria estratificada (ver Figura 15).



Figura 15. Vista de contacto discordante entre la unidad denominada Metarenitas de Pinuno y una secuencia de rocas sedimentarias estratificadas.

#### 3.3.2 Litología y petrografía

- La metarcosa, se observa en terreno como un afloramiento de roca foliada de color gris, bajo lámina delgada es posible observar su matriz ( $<0.1$  mm) la cual se compone principalmente de cuarzo, y presenta porfiroclastos de plagioclasas ( $\sim 1$  mm) siendo reemplazadas por micas blancas (ver Figura 16), o bien, mostrando su maclado (ver Figura 17), cuya composición de plagioclasa queda propuesta para estudios posteriores. Entre otros se presentan, micro-porfiroblastos de biotitas dentro de la matriz, y aparecen venillas de cuarzo, definiendo una textura granoblástica con bordes de grano rectos.

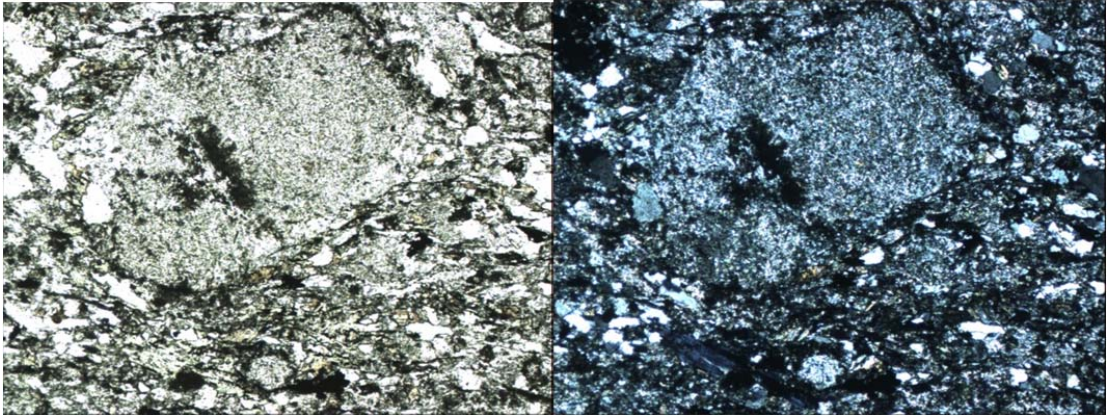


Figura 16. Porfiroclasto de plagioclasa siendo reemplazado por micas blancas. (R: 1 mm). Muestra CM4-03-10.

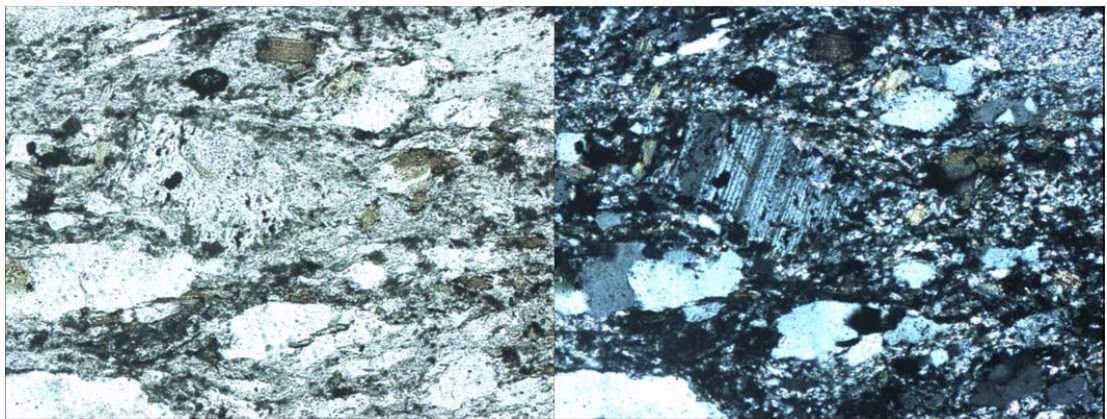


Figura 17. Vista de porfiroclasto de plagioclasa maclado (R: 2 mm). Muestra CM4-03-10.

- La metacuarcita, se observa en terreno como un afloramiento foliado de color gris se compone principalmente de cuarzo, en su matriz (<0.01 mm) y como porfiroclasto principal de un tamaño de grano mayor a 0.1mm. Se presentan en menores proporciones, porfiroclastos de plagioclasas alterados de tamaño de grano muy fino, porfidoblastos de biotita formando cúmulos, clorita y minerales opacos (ver Figura 18).

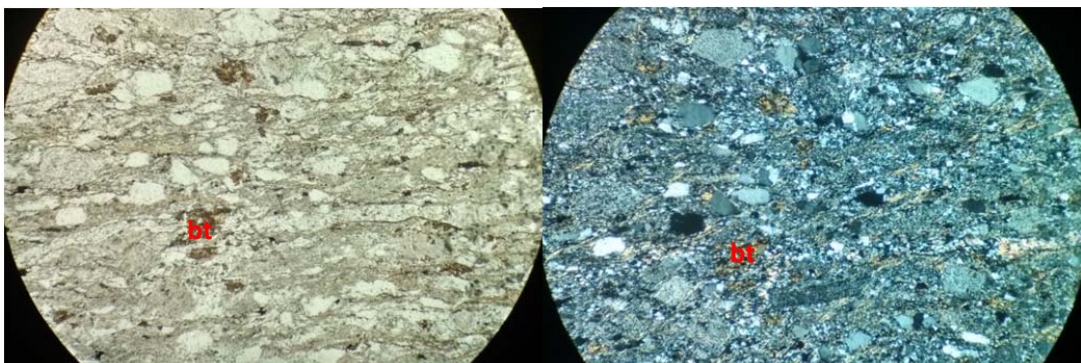


Figura 18. Vista a lámina delgada de afloramiento de cuarcita, junto a cúmulos de biotita (R: 2 mm). Muestra CM4-01-13.

- La metapelita corresponde a una roca foliada de color negro-gris, se compone principalmente de mica blanca, cuarzo, biotita y clorita. Bajo lámina delgada, se observa mica blanca definiendo bandas lepidoblásticas deformadas bajo un clivaje de crenulación y los granos de cuarzo definiendo bandas granoblásticas (ver Figura 19).

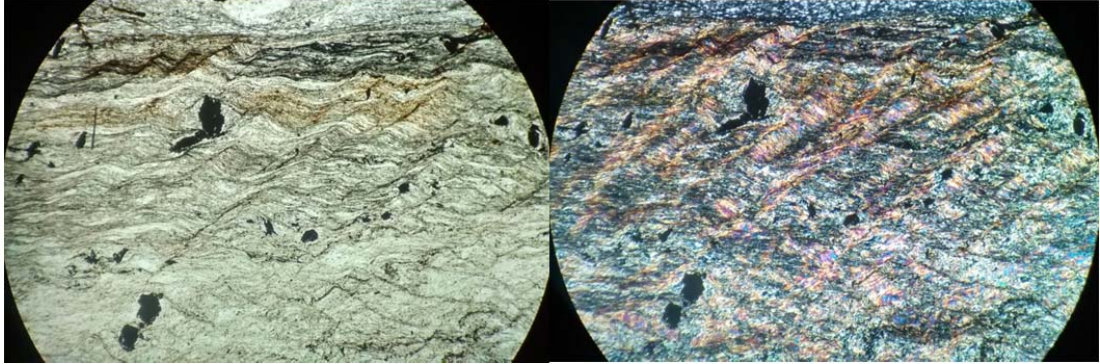


Figura 19. Vista de banda lepidoblástica de mica blanca, en el extremo superior se puede observar una banda granoblástica de cuarzo (R: 2 mm). Muestra CM4-08-13.



### 3.4 Traquita

#### 3.4.1 Definición, distribución y límites

El afloramiento de roca denominado como Traquita, fue encontrado con anterioridad por Duhart (1999), el cual lo denominó bajo el mismo nombre. Este aflora en la Cordillera del Zarao, ubicada a 17 km en distancia recta desde la costa, y a 37 km en dirección sureste de su localidad más cercana, Fresia. A continuación se sintetizan las propiedades petrográficas más relevantes (ver descripción en anexos).

#### 3.4.2 Litología y petrografía

El afloramiento de roca denominado como Traquita, presenta una textura traquítica en los microlitos de plagioclasa, y presenta porfiroclastos de plagioclasa de tamaño de grano de 1 mm aproximadamente (ver Figura 20). Se presentan microscópicamente, fracturas rellenas por óxidos de hierro, y venillas rellenas por cuarzo o mica blanca (ver Figuras 21 y 22). En menores proporciones, aparecen cristales de epidota de coloración amarilla (pistacita posiblemente) como reemplazo puntual dentro de algunos clastos.

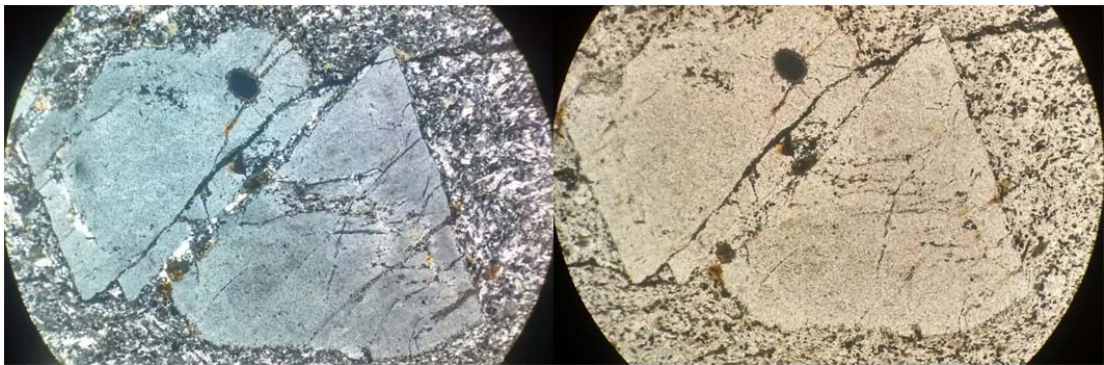


Figura 20. Vista de porfiroclasto de plagioclasa fracturado y microlitos de plagioclasa a su alrededor (R: 1 mm).  
Muestra CM2-04-08.

Caso en particular, se presenta en los minerales opacos, los cuales se encuentran deformados, como relleno de vetillas, y como posibles porfiroclastos. Se proponen por ende, la realización de estudios posteriores, con relación a su composición e interacción con las deformaciones.

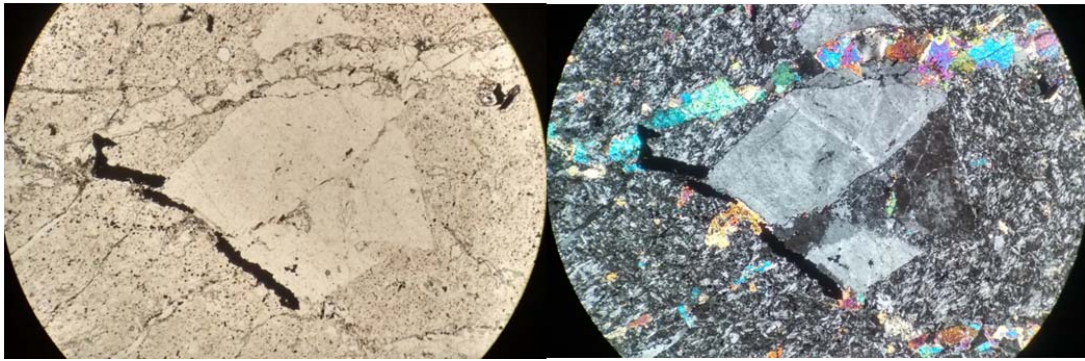


Figura 21. Venilla de mica blanca corta porfiroclastos de plagioclasa maclado. Mineral opaco deformado en parte inferior de porfiroclasto (R: 2 mm). Muestra CM2-05-08.

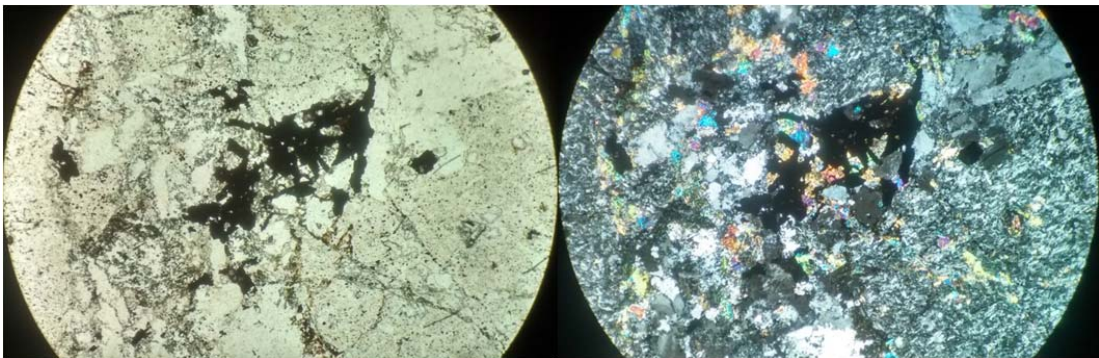


Figura 22. Mineral opaco muy deformado, en interacción con micas blancas, cuarzo y plagioclasa (R: 2 mm). Muestra CM2-05-08.

### 3.4.3 Traquita deformada

El afloramiento de roca que corresponde al de la traquita deformada, se ubica geográficamente 1 km aprox. al noroeste del afloramiento de la traquita anteriormente descrito. La deformación recae principalmente en los porfiroclastos de plagioclasa, los cuales se encuentran de forma alargada y siendo reemplazado a mica blanca (ver Figuras 23 y 24). En relación a su matriz, esta se presenta de coloración marrón, y petrográficamente corresponde a cristales de epidota y óxidos de hierro

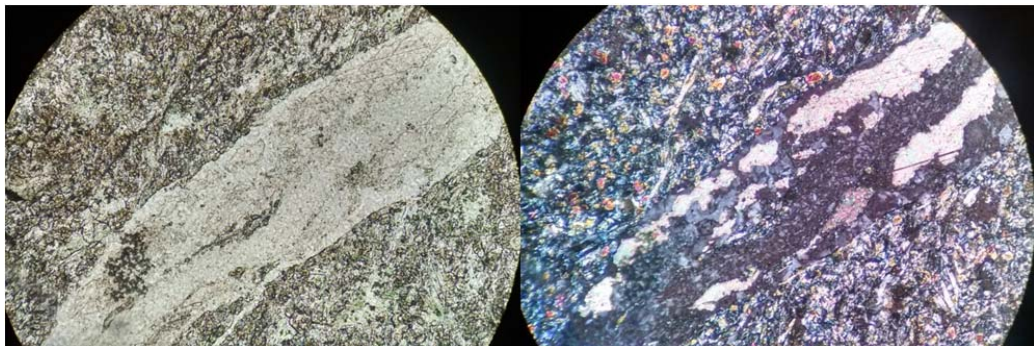


Figura 23. Muestra de porfiroclasto de plagioclasa deformado y alterado, siendo reemplazado a mica blanca (R: 0.5 mm). Muestra CM2-08-08.

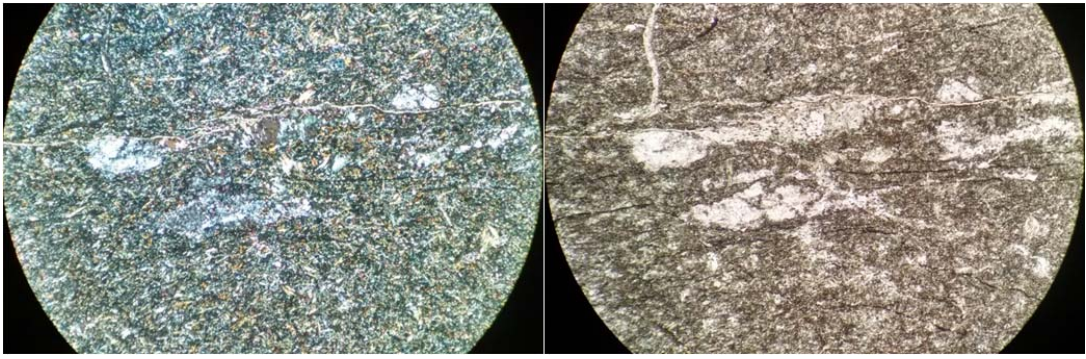


Figura 24. Muestra de porfiroclastos de plagioclasa muy deformados (relictos) (R: 2 mm). Muestra CM2-08-08.

## 4. Geología estructural

A continuación se sintetizan las propiedades estructurales más relevantes por unidad, vistas en terreno y bajo lámina delgada. Se presentan también, para cada unidad, redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur. En los anexos se puede encontrar mayor detalle de ellas.

### 4.1. Unidad de Metabasita de Estaquilla

La unidad de metabasitas denominada como Metabasitas de Estaquilla, muestra deformaciones regionales tanto S1 como S2 dispuestas a lo largo de la costa desde la desembocadura del río Llico hasta Punta Estaquilla, y una foliación S3 solo en la parte norte de esta unidad.

La foliación S1, estaría representada por una textura nematoblástica definida por cristales de anfíbola, los cuales interactúan con porfiroclastos de plagioclasa de tamaño de grano mayor a 2 mm, bajo estructuras peces minerales (ver Figura 25).

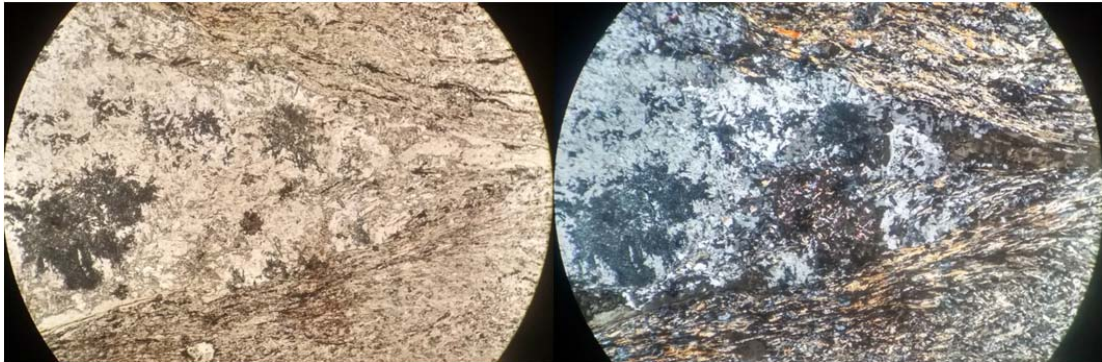


Figura 25. Muestra de interacción entre porfiroclastos de plagioclasa y anfíbolos bajo una estructura pez mineral (R: 2 mm). Muestra CM1-04-17.

La foliación S2 corresponde al plano axial de los pliegues, representado en terreno de escala métrica, donde se obtuvieron datos del rumbo y manteo, estereográficamente representados a continuación. Específicamente el plano que se consideró para las mediciones correspondería al que tiene la ubicación del norte en la foto izquierda (ver Figura 26 y 27).



Figura 26. Muestra de planos de foliación, geográficamente ubicados a la ribera del río Llico.



Figura 27. Vista de afloramiento ubicados a la costa, en la localidad de Punta Estaquilla.

Para la visualización los datos de rumbo y manteo de las estructuras S2, estos se proyectan bajo una red estereográfica en cuatro disposiciones geográficas distintas dentro de la unidad. Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Proyección estereográfica en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada geográficamente a la ribera derecha del río Llico ( $41^{\circ}16' \text{L.S.}$ ), a la costa (ver Figura 6 para disposición geográfica). Presenta rumbos preferentes al NW-SE y manteos entre  $18-30^{\circ} \text{SW}$  (ver Figura 28).

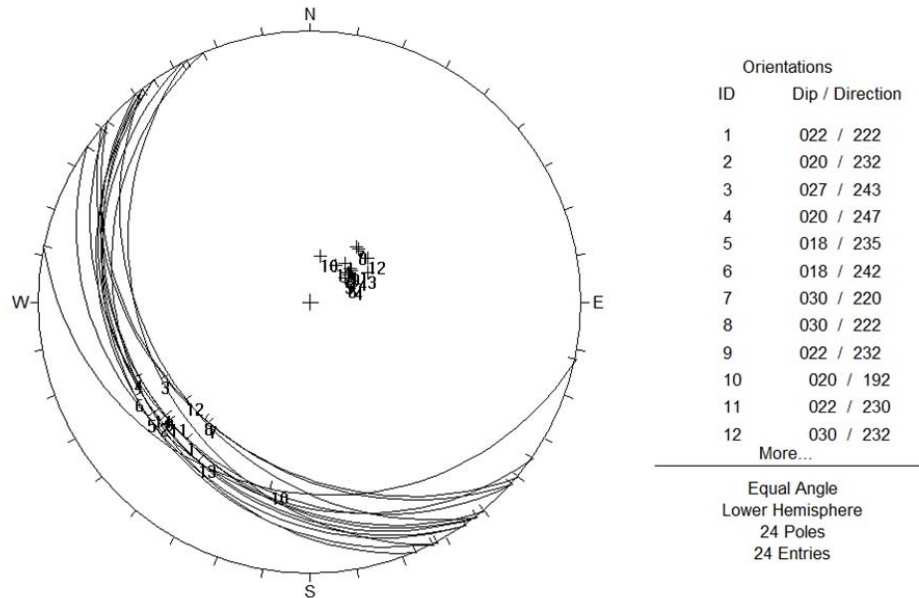


Figura 28. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Metabasitas de Llico bajo. Proyección en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada a  $41^{\circ}16' \text{L.S.}$ , a la costa (Ref: Dips 5.0).

Las propiedades microestructurales más relevantes son las siguientes:

- Los cristales de actinolita pertenecientes a la familia de tamaños de grano mayor muestran una rotación en el grano evidenciado por estructuras core-and-mantle (ver Figura 29).
- Los cristales de plagioclasa, de la familia de tamaños de grano mayor, presentan una deformación en el grano evidenciado por el reemplazo a mica blanca en su parte interna de grano, y por mostrar forma alargada con bordes recristalizados (ver Figura 30).

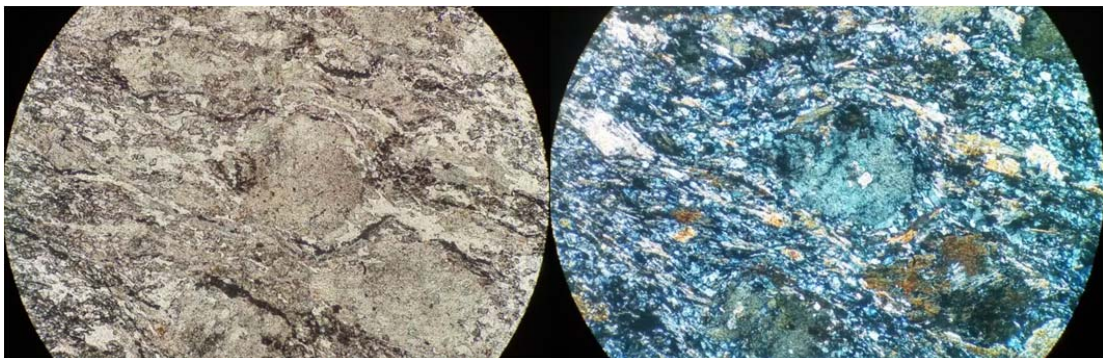


Figura 29. Estructura core-and-mantle de anfíbolos en su parte interior y exterior (R: 1 mm). Muestra CM1-02-19.

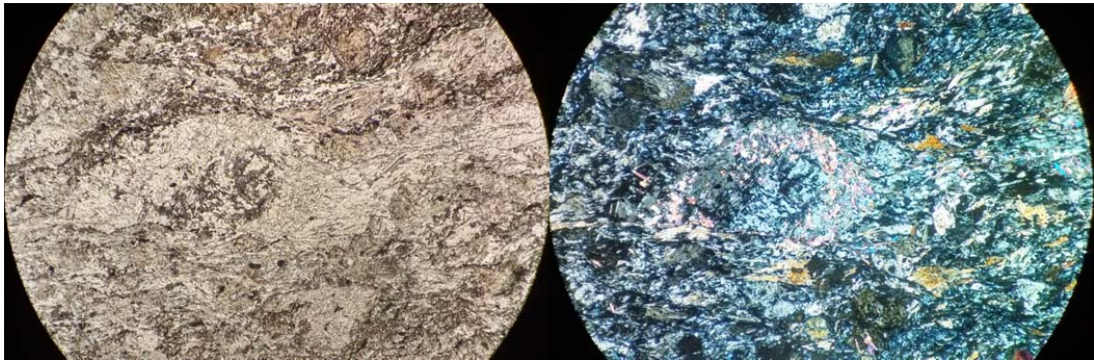


Figura 30. Estructura core-and-mantle deformada, formada por porfiroclastos de plagioclasa siendo reemplazadas en su parte externa por micas blancas (R: 2 mm). Muestra CM1-03-19.

2. Proyección en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada a  $41^{\circ}17'30''$ L.S., a la costa (ver figura MAPA para disposición geográfica). Se distinguen dos grupos de manteos con direcciones preferenciales hacia el noreste y sureste entre los  $11^{\circ}$ - $16^{\circ}$  promedio (ver Figura 31).

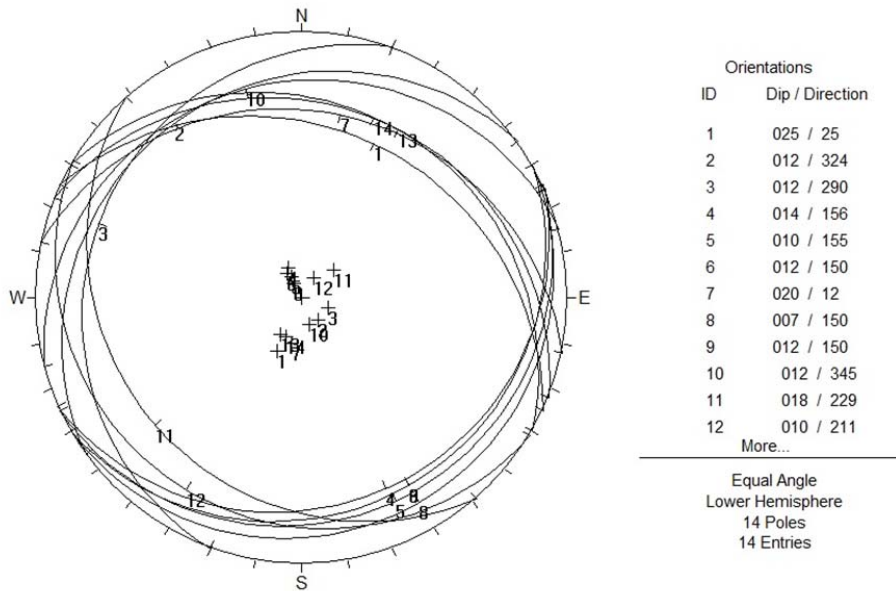


Figura 31. Visualización de datos ( $41^{\circ}17'30''$ L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0).

Entre sus propiedades microestructurales más relevantes se presentan las estructuras peces minerales de porfiroclastos de plagioclasa con anfíbolos.

3. Proyección en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada a  $41^{\circ}19'$  L.S., a la costa. Se distinguen dos grupos de manteos con direcciones preferenciales hacia el suroeste y sureste entre los  $22-28^{\circ}$  promedio (ver Figura 32).

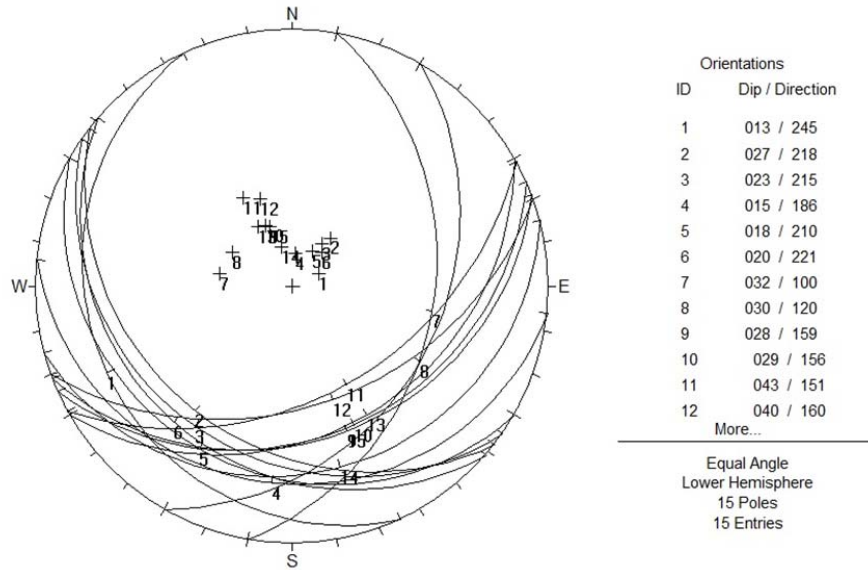


Figura 32. Visualización de datos ( $41^{\circ}19'$  L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0).



4. Proyección en unidad de Metabasitas de Estaquilla ubicada a  $41^{\circ}23'$  L.S., a la costa. Se distinguen dos grupos de manteos con direcciones preferenciales hacia el suroeste y sureste entre los  $45^{\circ}$  promedio (ver Figura 33).

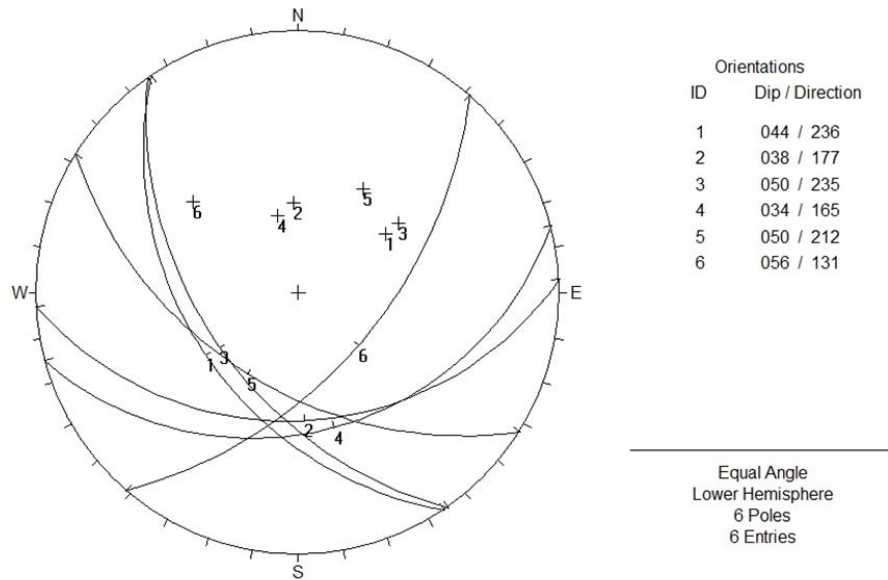


Figura 33. Visualización de datos ( $41^{\circ}23'$  L.S., a la costa) en red estereográfica proyectada bajo el hemisferio sur (Programa Dips 5.0).

La foliación S3, estaría representada por un clivaje de crenulación (ver Figura 34), geográficamente se encontraría su mayor expresión en la ribera izquierda del río Llico ( $42^{\circ}17'30''$  L.S., a la costa). Se observan una sucesión de vetillas rellenas por cuarzo o cuarzo-zoisita, que son cortadas y deformadas por esta deformación D3 (ver Figura 35).

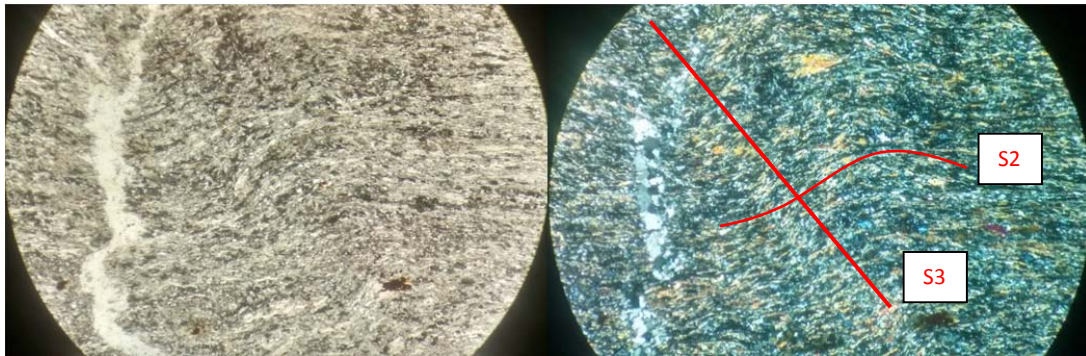


Figura 34. Vetillas de cuarzo siendo deformadas por un esfuerzo S3 el que genera clivaje de crenulación (R: 2 mm). Muestra CM1-07-14.

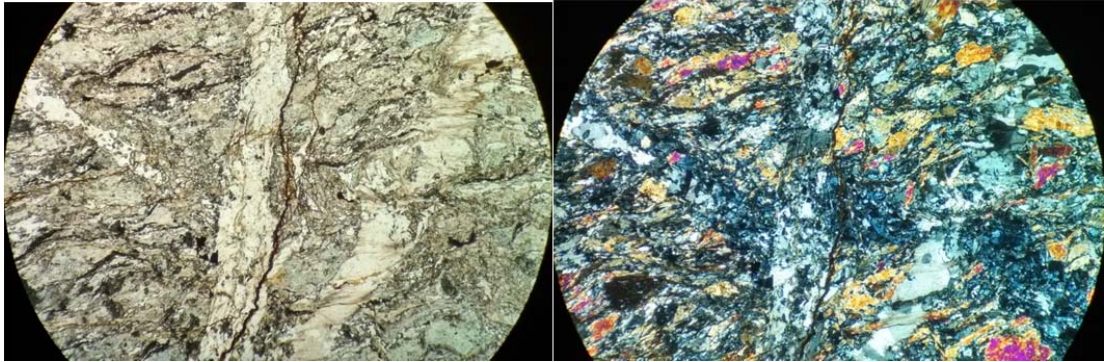


Figura 35. Vetilla de cuarzo deformada cortando a vetilla de cuarzo-zoisita anterior, y posterior a ambas las cortan vetillas de óxidos de hierro (R: 2 mm). Muestra CM1-04-14.

Geográficamente dentro de la ribera izquierda del río Llico, se pudo observar en terreno un afloramiento foliado con xenolitos de coloración oscura que se encontrarían alargados (ver Figura 36).



Figura 36. Vista en terreno de afloramiento con xenolitos de coloración oscura, ubicado en la ribera izquierda del río Llico.

Su petrografía observada bajo lámina delgada, evidencia efectivamente una diferencia en el tamaño de grano, y no petrológica (ver Figura 37, y en anexos muestra CM1-06-14).

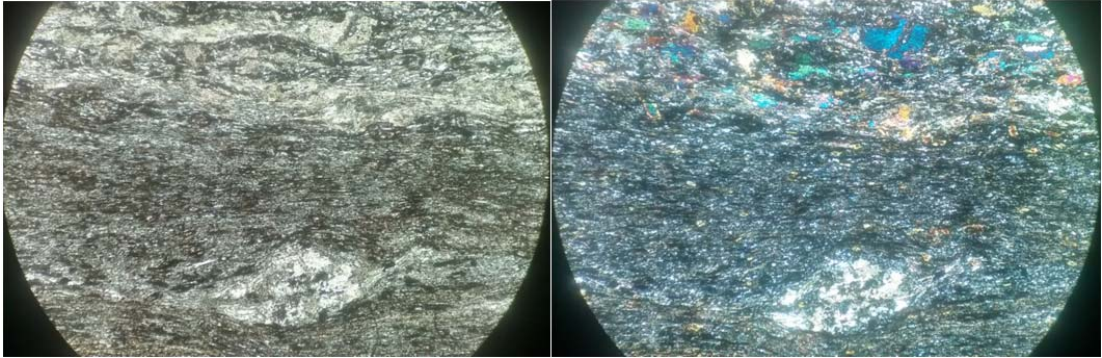


Figura 37. Microfotografía de enclave visto en afloramiento, donde se observa una diferencia en el tamaño de grano, específicamente la capa superior posee granulometría mayor que la inferior (R: 2 mm). Muestra CM1-06-14.

## 4.2 Unidad de Milonitas de Llico bajo

Los afloramientos de roca presentes en la unidad denominada como Milonitas de Llico bajo, se ubican a lo largo de la ribera derecha del río Llico, a ~4 kilómetros desde la costa hacia el este. Presentan una foliación principal S1, demarcada por bandas lepidoblásticas y granoblásticas (ver Figura 38), una foliación S2 evidenciada por pliegues, y una foliación S3 dada por un clivaje de crenulación.

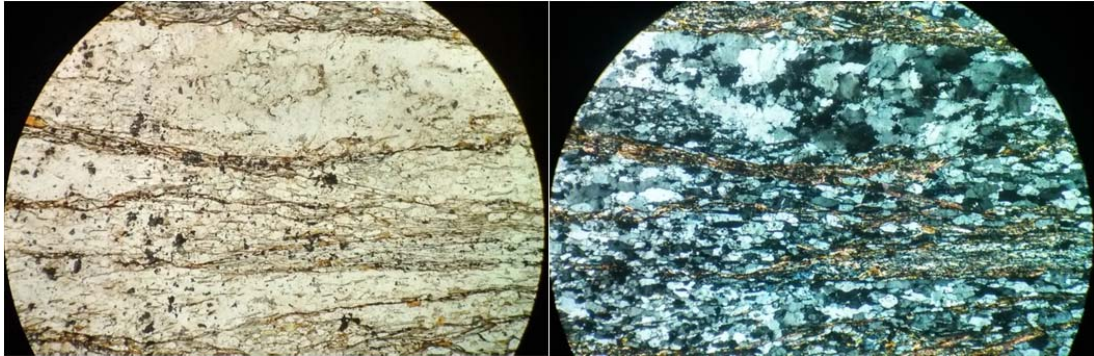


Figura 38. Bandas de lepidoblásticas y granoblásticas demarcando la foliación principal S1 (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20.

Los planos de foliación S2, son evidenciados por la simetría de sus planos de rumbo y manteo, con respecto al oeste. Se puede visualizar en una red estereográfica de la siguiente forma (ver Figura 39):

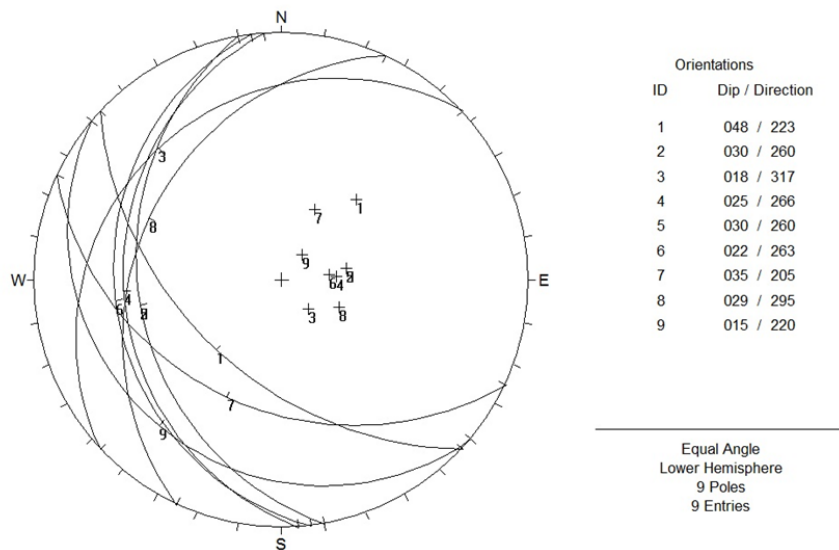


Figura 39. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Milonitas de Llico bajo (Ref: programa Dips 5.0)

Planos de foliación S3, son evidenciados por un clivaje de crenulación, principalmente en las bandas lepidoblásticas de mica blanca (ver Figura 40).

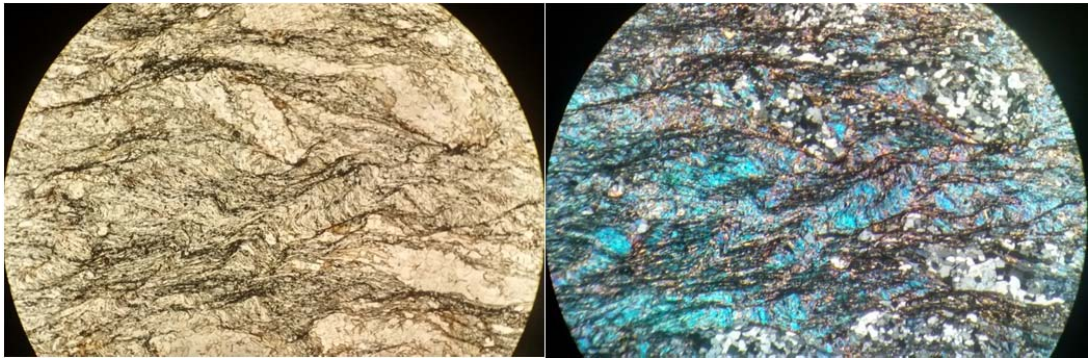


Figura 40. Bandas Lepidoblásticas deformadas mostrando un clivaje de crenulación (R: 2 mm). Muestra CM1-04-20.

Dentro de las microestructuras principales, y razón por la cual estas rocas son consideradas como milonitas, se encuentran las estructuras S-C (ver Figura 41), indicando entonces que estas rocas se encontrarían bajo un cizalle de deformación simple (Lister, 1984).

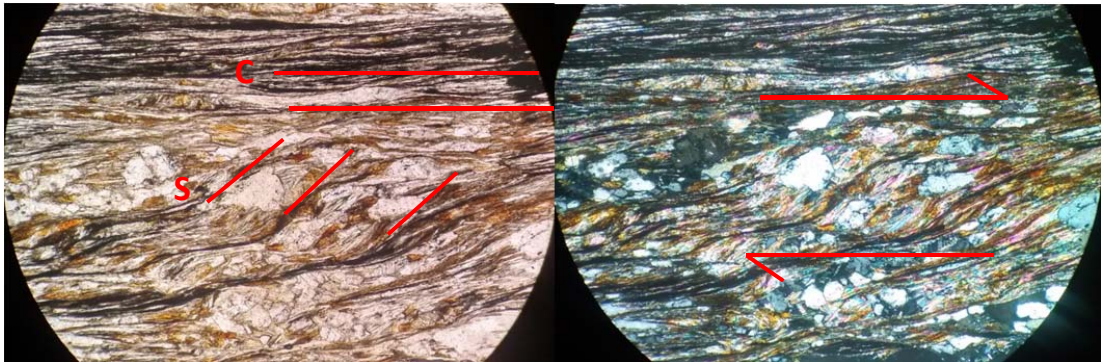


Figura 41. Muestra de estructuras S-C con dirección de movimiento dextral, posteriores a la formación de blastos de biotita (R: 1 mm). Muestra CM1-01-20.

#### 4.3.4 Metarenitas de Pinuno

Los afloramientos de roca presentes dentro de la unidad denominada Metarenitas de Pinuno, corresponden a una alternancia de rocas foliadas correspondientes a metarcosas, metareniscas y metapelitas. Estereográficamente se visualizan datos de rumbo y manteo recolectados en terreno tomando como superficie a la principal de foliación observable, obteniendo entonces manteos entre los 5-18° al noreste y suroeste (ver Figura 42).

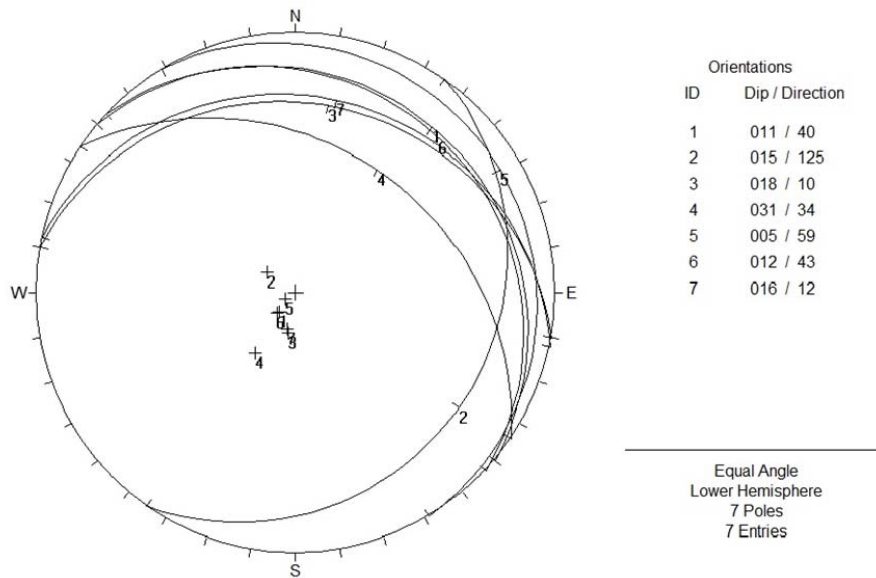


Figura 42. Vista de redes estereográficas proyectadas en el hemisferio sur, de la unidad Milonitas de Pinuno (Programa Dips 5.0).

Muestra del contacto concordante entre las alternancias de metapelita y metacuarcita (ver Figura 43).



Figura 43. Foto izquierda, se observa contacto entre metapelita (parte inferior) y metacuarcita (parte superior, muestra CM4-09-13). Foto derecha se observa una alternancia entre metapelita y metarcosa.

Con respecto a la deformación local, se observan xenolitos alargados y deformados, afectados posteriormente por una deformación frágil (ver Figura 44).



Figura 44. Vista de deformación frágil-dúctil, evidenciado por xenolitos, de coloración oscura, los cuales se encuentran deformados y muestran fracturas.

### 4.3.5 Traquita

El afloramiento de roca denominado como Traquita, presenta principalmente indicadores de deformación frágil, evidenciado por vetillas rellenas por cuarzo o micas blancas (ver Figura 45).



Figura 45. Muestra del afloramiento donde se aprecia una vetilla de cuarzo, de 5 a 10 cm de espesor. Su lámina delgada corresponde a la muestra CM2-05-08.

### Traquita deformada

El afloramiento de la traquita alterada presenta principalmente indicios de deformación frágil, evidenciado por su fuerte alteración, dándole una coloración rojiza al cuerpo de roca (ver Figura 46).



Figura 46. Muestra de la traquita alterada en terreno.



## 5. Discusiones

### **Unidades de Metabasitas de Estaquilla**

Como característica petrográfica principal para estas unidades, se escogen a los porfiroclastos de plagioclasa, que dado su tamaño de grano (1-4 mm), forma euhedral y maclado, se puede intuir que su protolito se trataría de una basalto o gabro. Para lo cual se propone un estudio posterior que contemple la geoquímica de estos porfiroclastos, con fines petrológicos.

En relación a los cristales que siguen la dirección principal de foliación, estos se tratarían de los cristales de anfíbola (posiblemente actinolita) y de plagioclasa + clinozoisita. En particular para los cristales de plagioclasa + clinozoisita, estos presentan una coloración oscura bajo lámina delgada, y la asociación mineral sería bajo procesos de saussuritización, intuyendo por ende, que estas plagioclasas (al parecer recristalizadas) tendrían una composición albítica. Definiendo en conjunto la foliación principal S1.

La foliación S2 en la unidad de Metabasitas de Estaquilla se evidencia en terreno por pliegues de escala métrica, dado que correspondería al plano axial de ellos, los cuales se proyectan estereográficamente bajo sus datos de rumbo y manteo, con fines estructurales.

Dentro de la representación estereográfica de la foliación S2, se representa el plano que contiene las normales a la foliación S2, llamado plano perfil del pliegue, el cual es perpendicular al eje del pliegue, luego la representación del eje del pliegue se encuentra representado por el polo del plano perfil (Lisle et al., 2004) (ver Figura 47).

Por otra parte, el ángulo inter-flancos expresa la compacidad de un pliegue, y el plano bisector de este ángulo correspondería entonces a la superficie axial, estereográficamente se representa como el sector sin polo entre los polos de la foliación dentro del plano perfil. La compacidad del pliegue puede ser observada a lo largo del plano perfil, debido a que se relaciona con el tamaño del sector sin polos y el grado de agrupamiento de ellos, para el caso de la red donde se proyectaron los datos del sector norte en la unidad metabasitas de estaquilla, se observan racimos duales de polos que conformarían los limbos de un pliegue de menor amplitud y de charnelas de menor ángulo (Lisle et al., 2004) con una disposición este oeste.

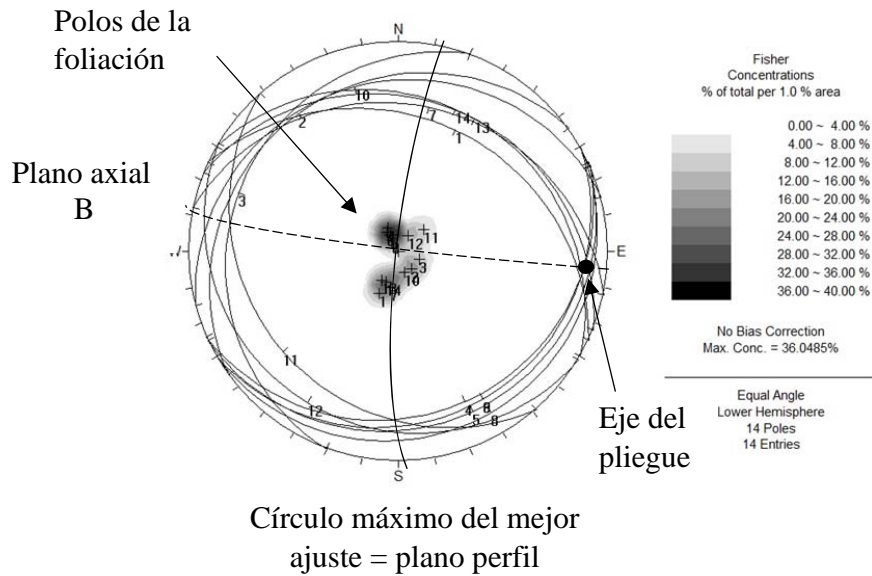


Figura 47. Red estereográfica unidad Metabasitas de Estaquilla parte norte. Distribución de la curvatura vs ángulo inter-limbos (ref: LISLE, R.J. et all) demarcado en figura.

Dentro del mismo sector norte en la unidad de metabasitas de estaquilla, y como ejemplo de deformación local, se destaca el intenso vetilleo que presentan los afloramientos visto bajo lámina delgada, que reflejan deformaciones bajo un régimen frágil seguido de una deformación bajo un régimen dúctil. A continuación se destacan los aspectos más relevantes:

- Vetillas de cuarzo + zoisita, cortan la foliación principal S1 (clivaje por disolución). Se asocia un régimen de deformación frágil.
- Vetillas de cuarzo, cortan a las vetillas cuarzo + zoisita (ver figura 48), y forman poiquiloblastos con los cristales de anfíbola (ver Figura 49). Se asocia a un régimen dúctil de formación.

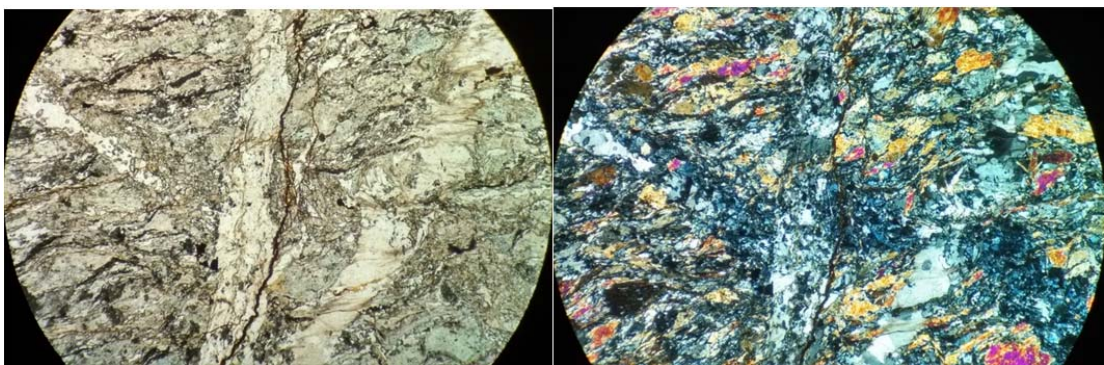


Figura 48. Vetilla de cuarzo deformada cortando a vetilla de cuarzo-zoisita anterior, y posterior a ambas las cortan vetillas de óxidos de hierro (R: 2 mm). Muestra CM1-04-14.

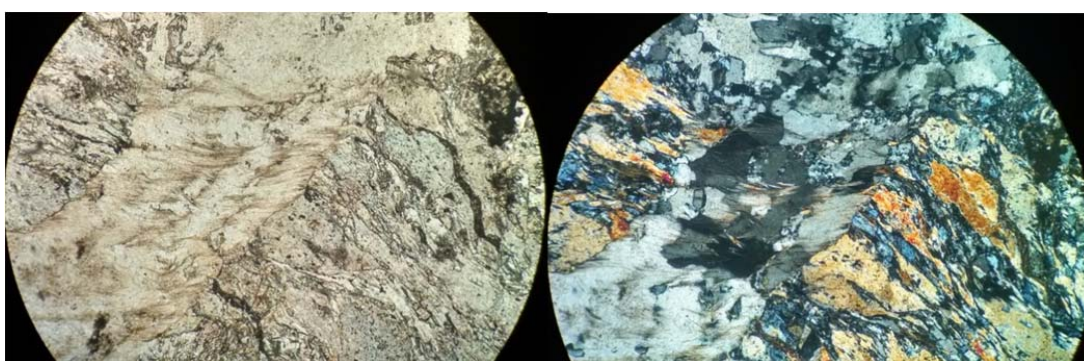


Figura 49. Vetillas de cuarzo cortan la foliación principal formando un poiquiloblasto con los cristales de actinolita pre-deformacionales, los cuales muestran una tonalidad azulina (R: 1 mm). Muestra CM1-04-14.

Dentro del mismo sector, geográficamente situado a la ribera izquierda del río Llico, cabe destacar la aparición de xenolitos alargados paralelos a la dirección de foliación S1 (visto bajo lámina delgada, fig\_\_\_), los cuales reflejarían una deformación de cizalle puro dentro de la zona norte en la unidad de metabasitas de estaquilla asociado a la foliación S1.

Afloramientos vistos bajo lámina delgada, geográficamente situados a la ribera derecha del río Llico, presentarían bajo sus propiedades microestructurales más relevante, estructuras core-and-mantle de anfíbolos, y porfiroclastos de plagioclasa alargados y deformados, ambas estructuras estarían representando una deformación bajo cizalle simple, suponiendo entonces una deformación regional mayor en el sector.

Por otro lado, en la parte sur de la unidad de metabasitas de estaquilla, estereográficamente se observa que la compacidad del pliegue define pliegues de baja amplitud y de charnelas de bajo ángulo, con una dirección del plano axial noreste-suroeste, conformando entonces una sucesión de pliegues con planos axiales que muestran una deformación dextral (ver Figura 50).

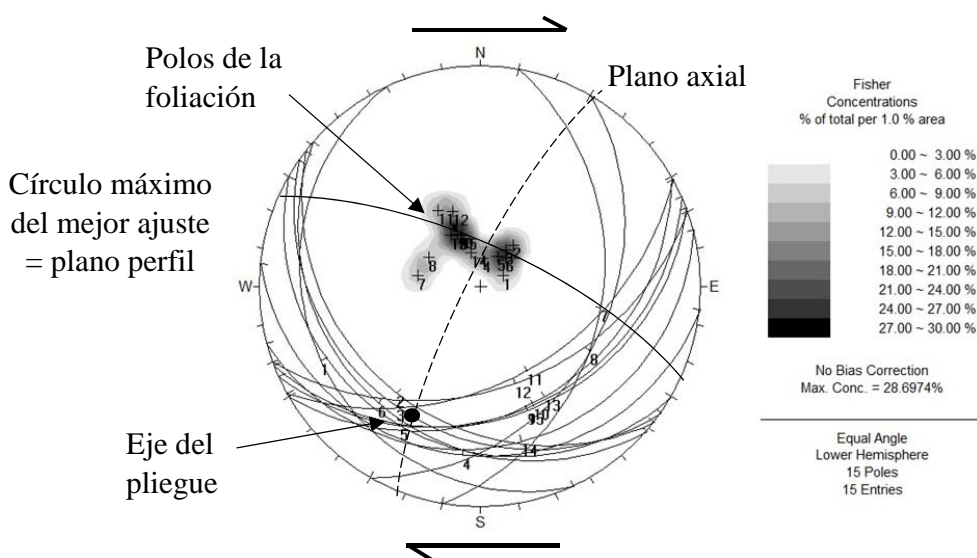


Figura 50. Red estereográfica unidad Metabasitas de estaquilla parte sur. Distribución de la curvatura vs ángulo interlimbos (Ref.: LISLE, R.J. et all).

## Unidad de Milonitas de Llico bajo

Las características principales de la unidad de Milonitas de Llico bajo, se atribuyen a sus propiedades petrográficas y microestructurales. La asociación mineral da indicios de un protolito pelítico y las microestructuras reflejan una milonitización posterior de las rocas, afectadas entonces por un cizalle simple reconocido específicamente bajo las estructuras S-C (Lister, 1984).

Los datos recolectados en terreno (de la foliación principal observable) se plotean bajo una red estereográfica, donde utilizando mismo procedimiento para el análisis de estructuras según su proyección en la red, no es posible observar un plano perfil definido dado que no se reconocen racimos duales de polos que nos indiquen los limbos de pliegues. Sin este análisis detallado de las estructuras, se logran observar entonces a primera instancia, manteos principalmente hacia el noroeste y hacia el suroeste, intuyendo entonces que la superficie axial tendría una dirección cercana oeste este, con un eje del pliegue cercano al oeste (ver Figura 51).

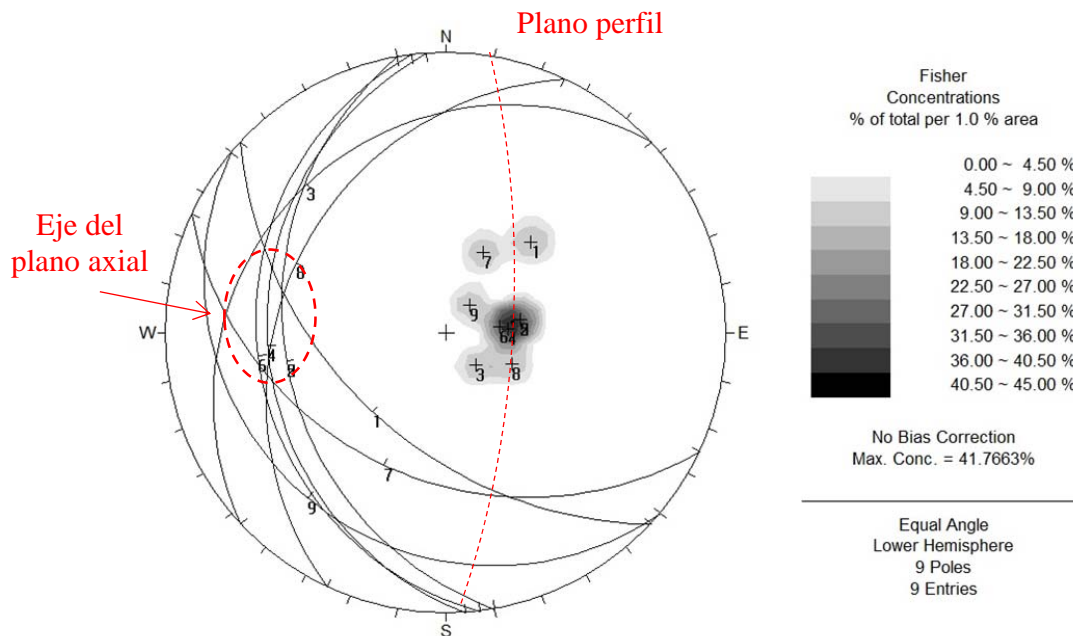


Figura 51. Red estereográfica de unidad Milonitas de Llico bajo, en línea roja punteada se indican el plano axial y su eje (Ref.: Programa Dips 5.0).

## Unidad de Metarenitas de Pinuno

Los afloramientos presentes en la unidad de Metarenitas de Pinuno, corresponden a un alternancia entre metapelitas, metareniscas y metarcosas, estereográficamente no se puede asegurar la existencia de pliegues, al igual que para la unidad de Milonitas de Llico bajo, se logra observar en primera instancia un plano axial con dirección noreste suroeste (ver Figura 52).

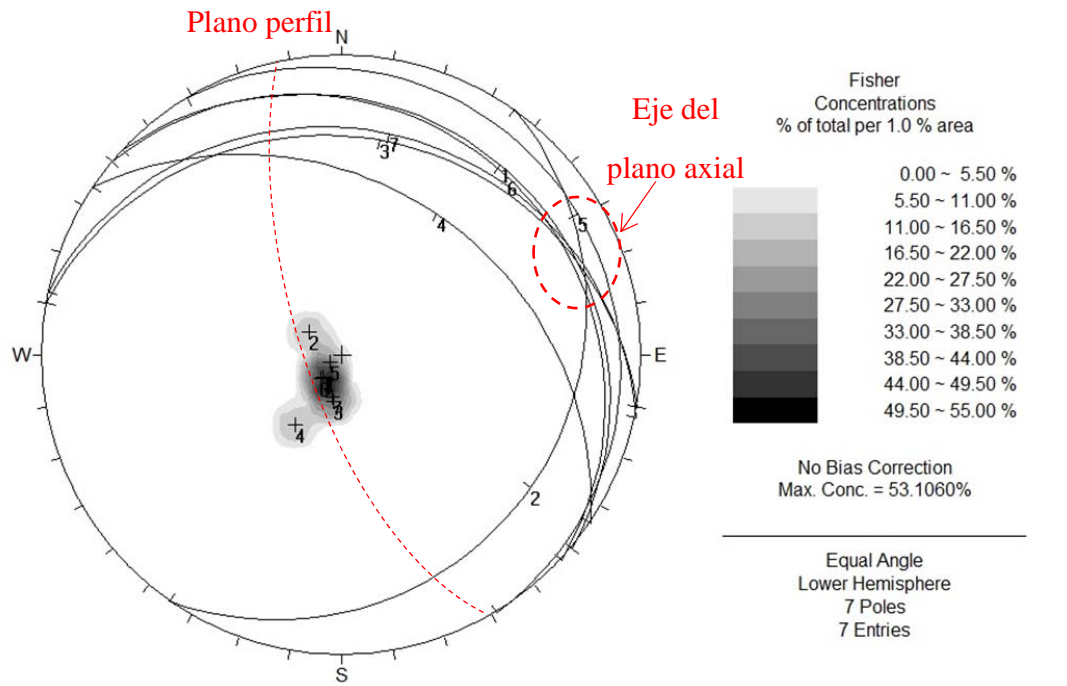


Figura 52. Red estereográfica unidad Metarenitas de Pinuno. Distribución de la curvatura vs ángulo inter-limbos (Ref.: LISLE, R.J. et all).

Con respecto a los xenolitos alargados y deformados, encontrados en los afloramientos dentro de la unidad, indican una deformación bajo un cizalle puro relacionado entonces a la foliación principal S1 encontrada en la zona.

## Traquita

Del afloramiento del cuerpo ígneo félsico, al cual se le denominó como traquita, se puede decir que dado por el tamaño de sus cristales de plagioclasas, su textura porfídica, y la orientación de sus microlitos, nos encontraríamos frente a un cuerpo ígneo extrusivo o bien hipabisal. El fracturamiento expuesto en sus cristales de plagioclasa indica que habría sufrido una deformación dentro de un ambiente frágil, es decir aproximadamente sobre los 10km en la corteza continental (Passchier & Trouw, 2005).

Dicho traquita se encontraría rodeada, a menos de un radio de 500mt, por (ver Figura 53):

- Un afloramiento de traquita deformada, 200 metros al noroeste (Muestra CM2-08-08).
- Un afloramiento de metabasita, 100 metros al sureste (Muestra CM2-06-08).

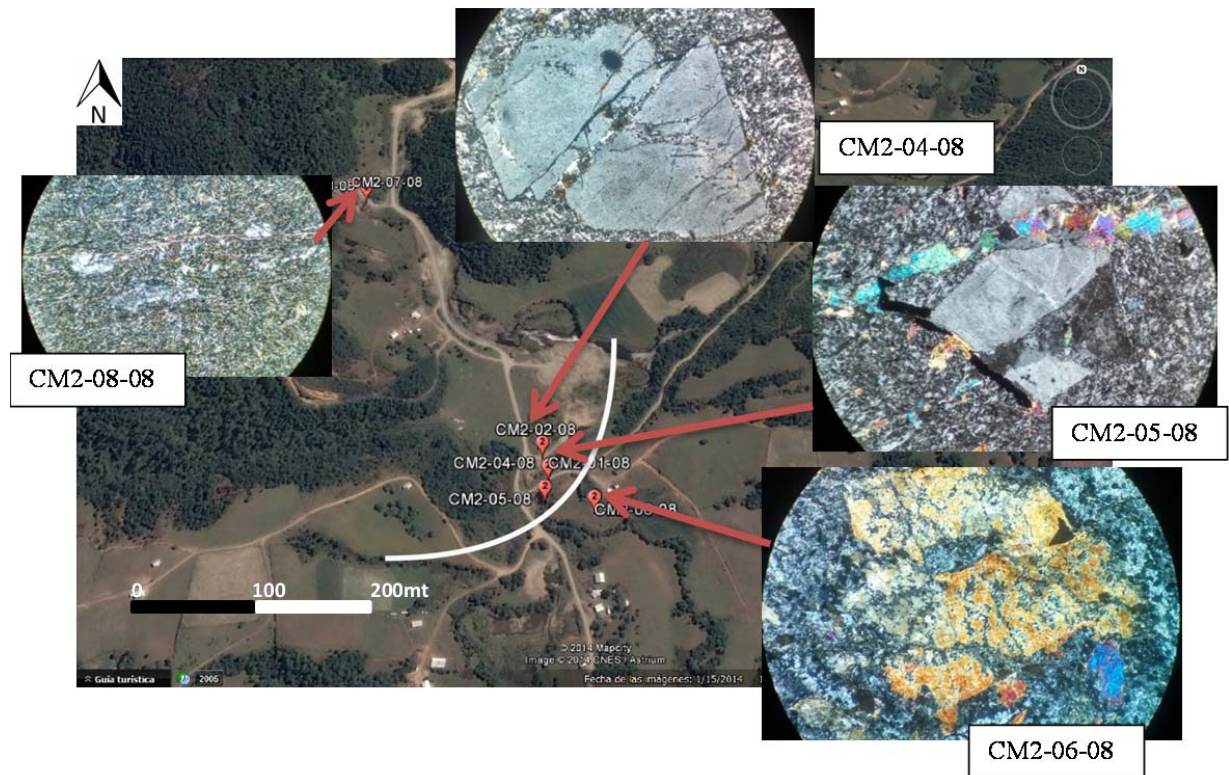


Figura 53. Vista de distribución de muestras recolectadas en terreno Zona 2, Cordillera del Zarao, con su respectiva fotografía de corte transparente a nicols cruzados (todas bajo un radio de 2 mm).

## 6. Conclusiones

Los afloramientos de roca en la Cordillera de la Costa, entre los 41°15' y 41°36' L.S. pertenecientes al Complejo Metamórfico Bahía Mansa (Duhart et al., 1998), comparten eventos de deformación D2 de diferentes orientaciones detallados a continuación.

De norte a sur, se encuentra la unidad de Metabasitas de estaquilla parte norte junto a las unidad de Milonitas de Llico bajo, mediante una representación estereográfica de sus pliegues, se observa que comparten una dirección de plano axial oeste este y evento de deformación de cizalle simple. Más al sur nos encontramos con la unidad de Metabasitas de estaquilla parte sur (~ 41°22'), mediante la representación estereográfica de sus pliegues, se observan planos axiales de dirección noreste suroeste y una dirección de movimiento dextral. Finalmente en la unidad de Metarenitas de Pinuno su representación estereográfica indica planos axiales noreste suroeste de bajo ángulo.

Con respecto a la foliación S1, esta se evidencia petrográficamente en las metabasitas por una dirección preferencial en los cristales de anfíbola, bajo una textura nematoblástica, y en las metapelitas, por la dirección que siguen las bandas lepidoblásticas y granoblásticas.

La competencia de roca, dada por la petrología de las distintas unidades, genera según los esfuerzo de deformación, en las metabasitas esfuerzos de deformación hasta D2, y en las metapelitas, hasta D3 o superior a esta, evidenciado por estructuras de clivaje de crenulación en las bandas lepidoblásticas.

En particular para las metabasitas, bajo observaciones en lámina delgada, su petrografía señala que nos encontraríamos frente a una facie de metamorfismo bajo correspondiente a esquistos verdes. Cabe señalar que la coloración verde-azulada en los cristales de anfíbola, genera la interrogante en las condiciones físicas de formación, lo que se deja propuesto para estudios geoquímicos posteriores.

El esfuerzo de deformación D2 con orientación preferente noreste suroeste, habría sido generado por una componente de esfuerzo en un esfuerzo transpresional de dirección suroeste noreste, la cual nos señalaría que nos encontramos dentro de un cuerpo acrecionario, geográficamente situado en la cordillera de la costa. Mientras que el esfuerzo D2 con dirección oeste este, específicamente en la parte norte de la unidad de Metabasitas de Estaquilla junto con la unidad de Milonitas de Llico bajo, sería resultado de una zona de cizalle de dirección dextral, evidenciado mediante estructuras S-C. Una proyección de la zona de cizalle hacia el este, muestra que la parte norte del afloramiento de la traquita se vería afectado también por esta zona de cizalle, dando indicios de que podría estar asociado este afloramiento deformado de traquita con la zona de cizalle. Por otra parte, se propone que la zona de cizalle sería la resultante de una falla inversa de rampa norte sur.

Se presenta a continuación una representación de unidades y estructural de la zona, mediante un mapa (ver Figura 54).

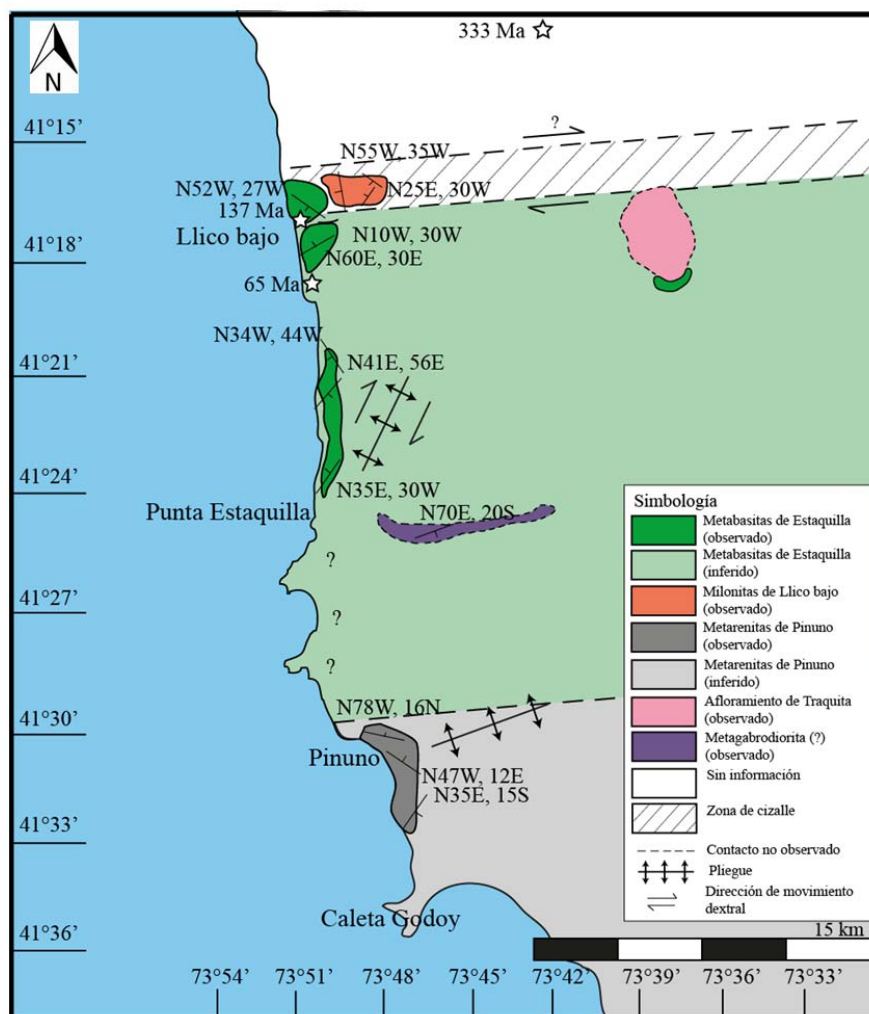


Figura 54. Representación de unidades y relaciones entre ellas, junto con propiedades estructurales de la zona.

Dataciones en circones, entregan edades para la unidad de Metabasitas de Estaquilla parte norte de  $65.12 \pm 0.41$  Ma y 137 Ma. Y edades de 333,469 Ma hacia el norte de la zona de cizalle inferida. Se obtiene entonces indicios de una componente cretácica superior- paleoceno inferior, dentro del prisma de acreción paleozoico.

Respecto a la traquita, las principales interrogantes son, su edad datada en  $369,7 \pm 1,3$  Ma (Duhart, 1999) dentro de la unidad Metabasitas de Estaquilla y su composición alcalina félsica. Con respecto a la composición, esta puede estar relacionada a la metarcosa que se encuentra dentro de la unidad de Metarenitas de Pinuno, para lo cual se propone un estudio geoquímico que contemple elementos mayores y traza, y la posterior correlación entre ellos en diagrama de variación, para ver si sugiere una cogénesis entre los extremos composicionales (Cortés, 2009). En caso de serlo, ambos estarían asociados a un mismo sistema volcánico, en el cual, la metarcosa sedimento-volcánica, sería resultado de un evento efusivo, de composición por ende alcalina y con menor porcentaje de sílice. Así la traquita conformaría la parte residual dentro de una cristalización fraccionada (Peccerillo et al., 2007).



## 7. Bibliografía

- DUHART, P. MARTIN, M., MUÑOZ, J.; CRIGNOLA, P.; MCDONOUGH, M. (1997). *Acerca de la edad del protolito del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa de la X° Región: edades preliminares 207Pb/206Pb en circones detríticos*. In Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas, Vol.2,p. 1267-1270. Antofagasta.
- DUHART, P. (1999). *Geología del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa entre los 41°00' – 42°00' L.S, X° Región, Chile: Consideraciones geocronológicas*. Memoria para optar al título de Geólogo.
- ERNST, W.G. (1970). *Tectonic contact between the Franciscan mélangé and the Great Valley sequence, crustal expression of a late Mesozoic Benioff zone*. Journal of Geophysical Research, v. 75, p. 886–901
- FEEHAN, J., BRANDON, M. (1999). *Contribution of ductile flow to exhumation of low-temperature, high-pressure metamorphic rocks: S an Juan-Cascaden appes, NW Washington State*. Journal of geophysical, research, Vol 104, No B5, Pages 10,883-10,902.
- HERVÉ, F. (1988). *Late Paleozoic Subduction and accretion in Southern Chile*. Episodes, Vol. 11, No.3.
- HOLDAWAY, M.J. (1972). *Thermal stability of Al-Fe epidote as a function of  $fO_2$  and Fe content*. Contr. Min. Petr., 37, 307-40.
- KATO, T., GODOY, E. (1995). *Petrogenesis and tectonics significance of Late Paleozoic coarse-crystalline blueschist and amphibolite boulders in the Coastal Range of Chile*. Internacional Geology Review, Vol. 37, 992-1006.
- KATO, T. et al. (1997). *Un modelo preliminary de deformación transpresional mesozoica y gran desplazamiento hacia el norte de parte de la serie Occidental, Complejo acrecionario (38°S a 43°S), Cordillera de la Costa, Chile*. VII Congreso Geológico Chileno, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Actas, Vol 1, 9-102.
- LIU, J.G. (1973). *Synthesis and Stability Relations of Epidote,  $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}(OH)$* . Journal of Petrology, Vol. 14, Parte 3, 381-413.
- LISLE, R.J. & LEYCHON, P.R. 2004. Stereographic projection techniques for geologists and civil engineers, 2nd ed. Viii+ 112pp. Cambridge, New York. DOI: 10.1017/S0016756805210439
- MARTIN, M., et al. (1999). *Evolution of the late Paleozoic accretionary complex and overlying forearc-magmatic arc, south central Chile (38°-41°S): Constraints for the tectonic setting along the southwestern margin of Gondwana*. Tectonics, Vol.18, No 4.
- MCDONOUGH, M.R. et al. (1997b). *Accretionary tectonic and forearc basin evolution on the southwestern margin of Gondwana, southern Chile: Implications of new crustal seismic and geochronological results* (inédito).

- MUNIZAGA, F., HERVÉ, F., DRAKE, R., PANKHURST, R., BROKK, M.; SNELLING, N. (1988). *Geochronology of the Lake Region of South-Central Chile (39°-42°S): Preliminary results*. Journal of South American Earth Sciences, Vol.1, No.3,p.309-316
- PASSCHIER, C., TROUW, R. (2005). *Microtectonics*. Springer.
- RAMOS, V. et al., (1986). *Paleozoic terranes of the Central Argentine - Chilean Andes*. Tectonics 5, 855-880.
- RING, U., BRANDON, M. T., WILLETT, S. D. & LISTER, G. S. (1999). *Exhumation processes*. Geological Society, London, Special Publications, 154, 1-27.
- SEGAL, V.M. (2002). *Severe plastic deformation: simple shear versus pure shear*. Materials Science and Engineering A338, 331-344.
- TROUW, R., PASSCHIER, C., WIERSMA, D. (2010). *Atlas of Mylonites- and related microstructures*. Springer.
- TULLIS, J., YUND, R. (1987). *Transition from cataclastic flow to dislocation creep of feldspar*. Mechanisms and microstructures. Geology, V. 15, 606-609.
- VERNON, R.H. (2004). *A practical guide to Rock Microstructure*. Cambridge University Press.
- VERNON, R.H. (2008). *Principles of Metamorphic petrology*. Cambridge.
- WAKEFIELD, J. (1977). *Mylonitization in the Lethakane shear zone, eastern Botswana*. FL geol. Soc. Lond. Vol. 133 , 263-275.
- WILLNER, A.P., et al. (2004). *A counterclockwise PTt path of high-pressure/low-temperature rocks from the Coastal Cordillera accretionary complex of south-central Chile: constraints for the earliest stage of subduction mass flow*. Lithos 75 283-310.
- WILLNER, A.P. (2005). *Pressure-temperature evolution of a Late Palaeozoic paired metamorphic belt in North-Central Chile (34°-35°30'S)*. Journal of Petrology, 46, 1805-1833).
- WILLNER, A.P. et al. (2010). *The geodynamics of collision of a microplate (Chilenia) in Devonian times deduced by the pressure–temperature–time evolution within part of a collisional belt (Guarguaraz Complex, W-Argentina)*. Contrib Mineral Petrol. DOI 10.1007/s00410-010-0598-8

## 8. Anexos

## 8.1 Zona 1

### 8.1.1 Muestras -14

#### 8.1.1.1 CM1-01-14

<b>Nombre:</b>	Metacuarcita de clinozoisita	<b>Protolito:</b>	Cuarcita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Agregado de granos de bordes irregulares formando bandas remanentes.		
Mica blanca	Cristales de tamaño de grano muy fino orientados según deformación posterior asociado a clinozoisita y clorita.		
Clorita	Cristales de tamaño de grano muy fino, c.i. café.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino anestructurales de alta integridad, c.i. azul-amarillo.		
Opaco	Cristales alargados de tonalidad rojiza, siguen la foliación		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinozoisita en su parte interior de grano.		
Óxido de Fe	Asociados a planos de deformación.		

**Texturas presentes:** Granoblástica; Poiquilitica entre grano de cuarzo y mica blanca; de reemplazo.

**Estructuras presentes:**

- Recristalización dinámica, se observa en los bordes de los granos de cuarzo, que lo infiere una deformación bajo un estado dúctil.
- Foliación S1 asociado a bandas de cuarzo deformadas.

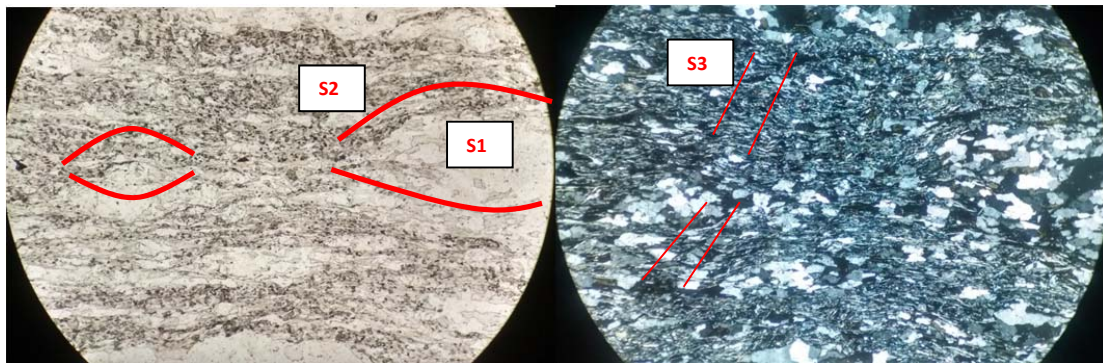


Figura 8.1.1.1.1 Muestra de bandas de cuarzo remanentes asociadas a foliación S1 (R: 2 mm).

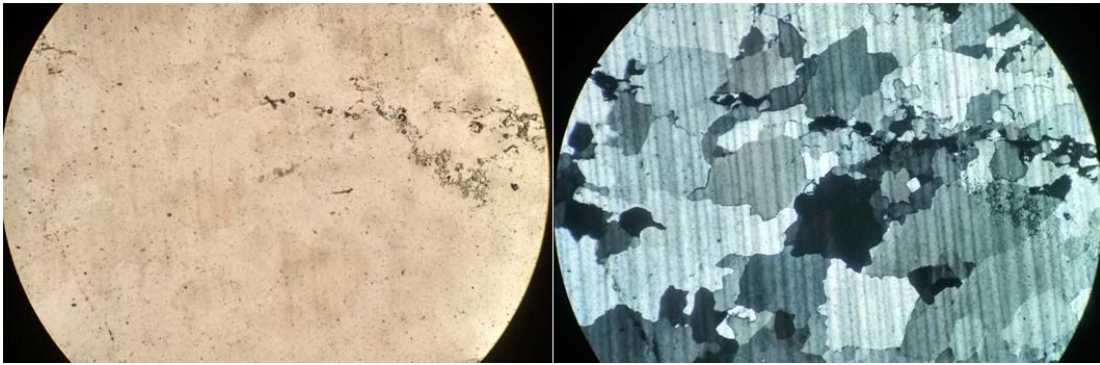


Figura 8.1.1.1.2 Muestra de deformación entre los bordes de granos del cuarzo, relacionada a procesos de recristalización dinámica (R: 2 mm).

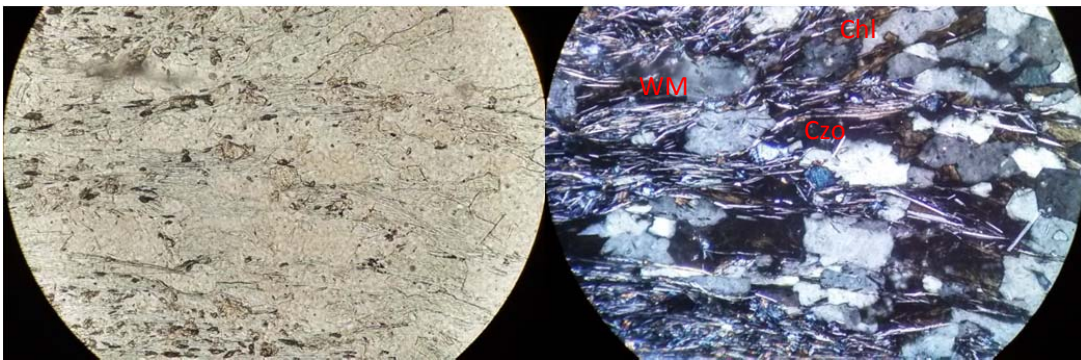


Figura 8.1.1.1.3 Vista de porfiroblastos de clinozoisita, micas blancas y cloritas (R: 0.5 mm).

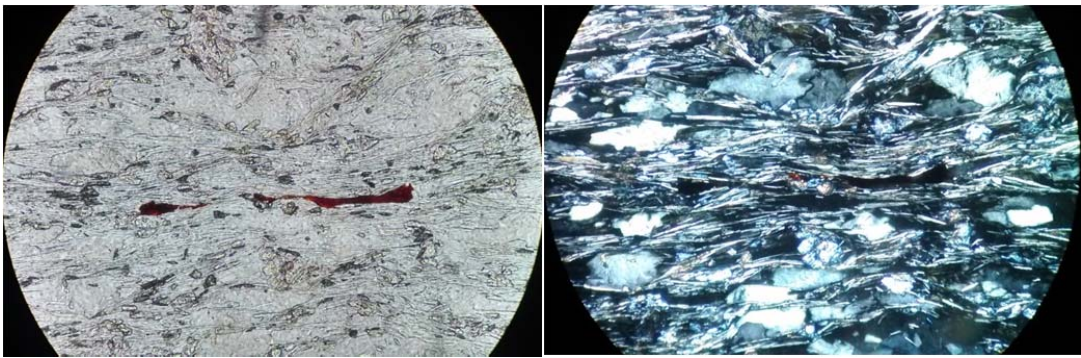


Figura 8.1.1.1.4 Cristales opacos de tonalidad rojiza deformados y alargados (R: 0.5 mm).

8.1.1.2 CM1-02-14

<b>Nombre:</b>	Metapelita de biotita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Agregado de granos de bordes irregulares formando bandas remanentes.		
Mica blanca	Cristales de tamaño de grano muy fino asociado a clinozoisita y clorita, reemplazando cristales de plagioclasas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano fino-medio deformados mostrando un reemplazo por mica blanca.		
Biotita	Cristales de tamaño de grano muy fino asociados a clorita.		
Clorita	Cristales de tamaño de grano muy fino, c.i. café.		
Opaco	Cristales alargados de tonalidades rojizas, siguen la foliación. Y de tamaño muy fino dispersos en la matriz		
Óxido de Fe	Asociados a planos de deformación.		
<b>Texturas presentes:</b> de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Foliación S1, S3.			

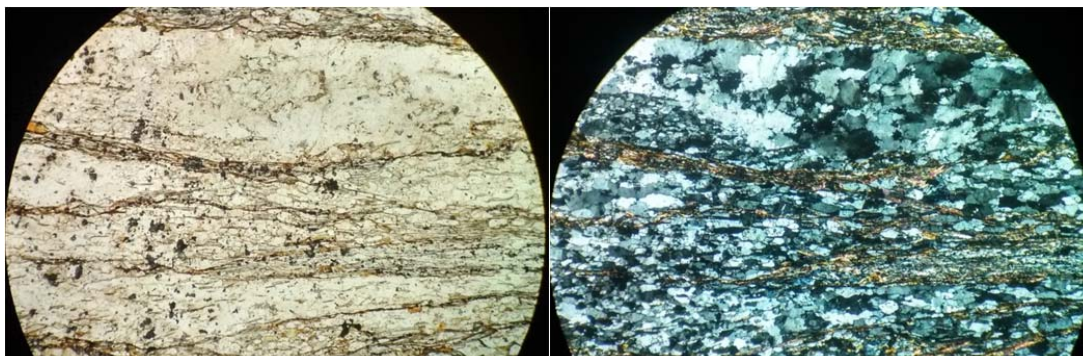


Figura 8.1.1.2.1 Bandas lepidoblásticas de mica blanca y biotita, junto a bandas granoblásticas de cuarzo, ambas deformadas (R: 2 mm).

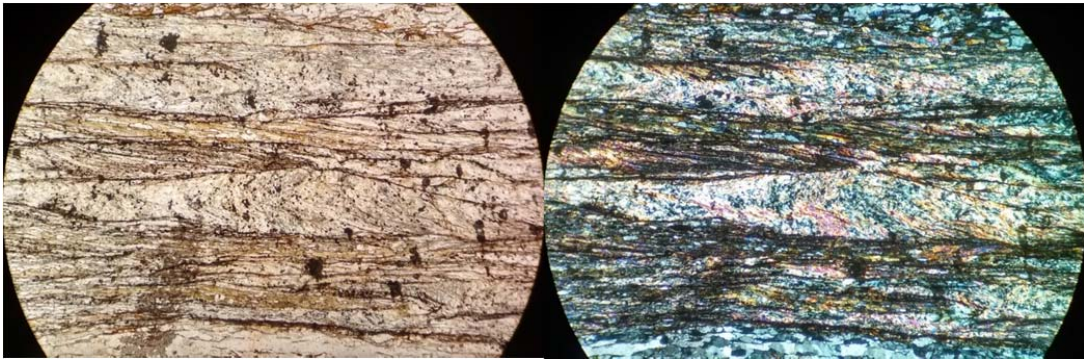


Figura 8.1.1.2.2 Posibles porfiroclastos de plagioclasas deformados y reemplazados por micas blancas (R: 2 mm).

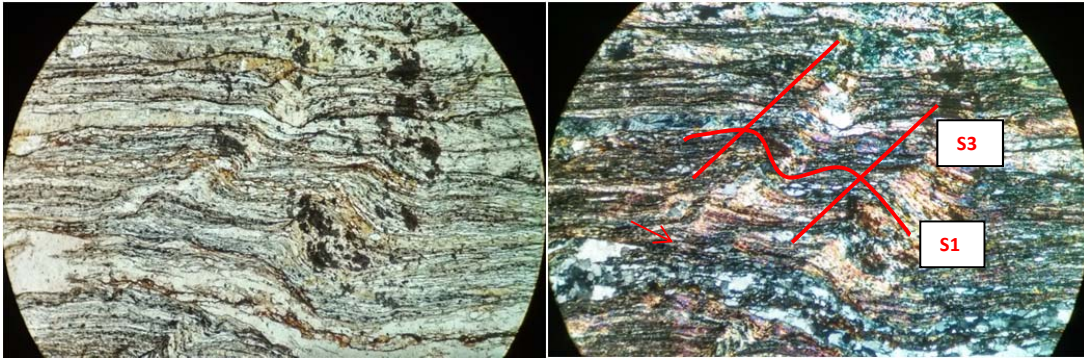


Figura 8.1.1.2.3 Planos de foliación S1 siendo deformados por un clivaje de crenulación S3 (R: 2 mm).

8.1.1.3 CM1-04-14

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico poiquiloblástico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facies:</b>	Esquisto verde- Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino-medio, de tonalidades verde-azul deformados. Se presentan en mayor proporción como cristales de tamaño de grano fino de tonalidades verde claro definiendo la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cúmulo de cristales de tonalidades café a nicoles paralelos, que siguen la foliación principal (asociados a procesos de saussuritización). Se presentan en menor proporción como porfiroclastos de tamaño de grano fino-medio inmersos en la matriz.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz, siguen la foliación principal.		
Cuarzo	Cristales de tamaño muy fino inmersos en la matriz. Se presenta en menor proporción como un agregado poligonal rellenando vetillas (junto a zoisita en ciertas vetillas).		
Zoisita	Cristales de tamaño de grano fino acompañando al cuarzo como relleno de vetillas.		
Clorita	Cristales de c.i. café asociado a cristales de anfíbola.		
Epidota	Se presenta como reemplazo dentro de los cristales de clinozoisita inmersos en la matriz.		
Opaco	Cristales de tamaño de grano fino-medio de tonalidad rojiza, y se presentan como cristales de tamaño muy fino inmersos de la matriz.		
Titanita	Se presenta en cúmulos alargados de cristales que siguen la foliación principal.		
Óxido de Fe	Asociado a relleno de vetillas.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Poiquilitica entre cuarzo como relleno de vetillas y anfibolas pre-deformationales; de reemplazo.			

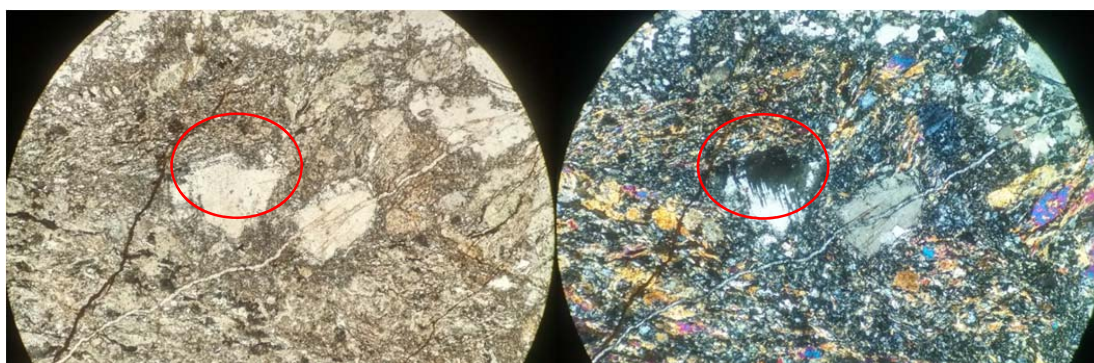


Figura 8.1.1.3.1 Porfiroclastos de plagioclasa, mostrando deformación en su macla, están siendo cortados por vetillas de cuarzo (R: 2 mm).



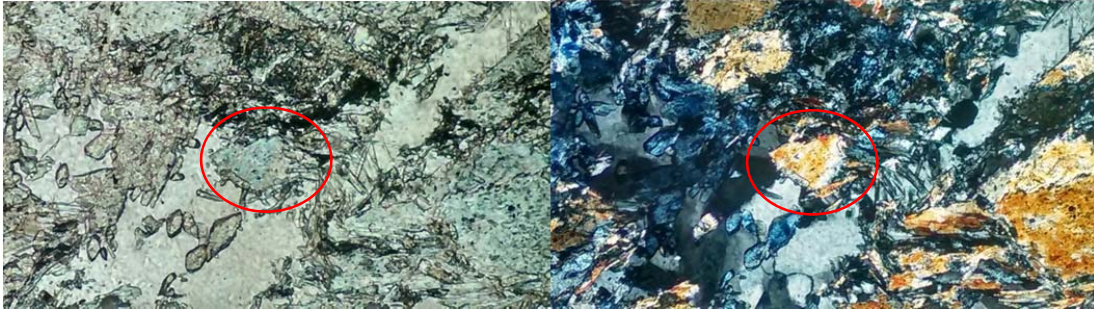


Figura 8.1.1.3.2 Muestra de textura de reemplazo en un cristal de anfíbola, su borde muestra una tonalidad verde y en el centro verde-azulina (R: 0.5 mm).

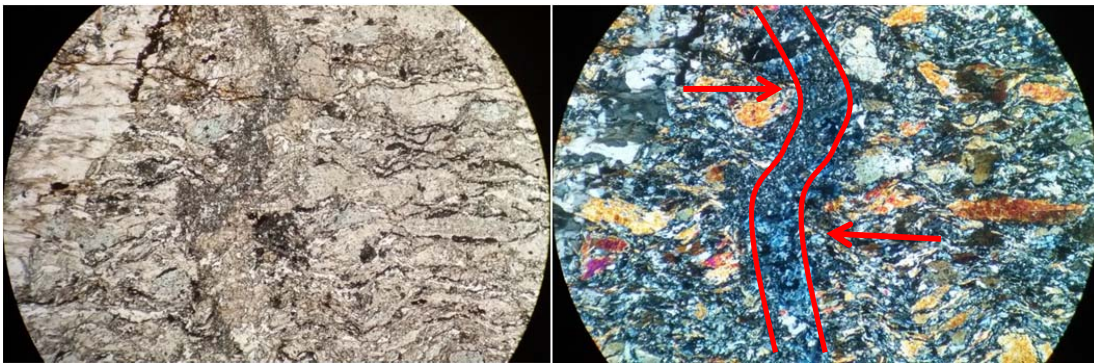


Figura 8.1.1.3.3 Vetilla cuarzo-zoisita, corta la foliación principal (R: 2 mm).

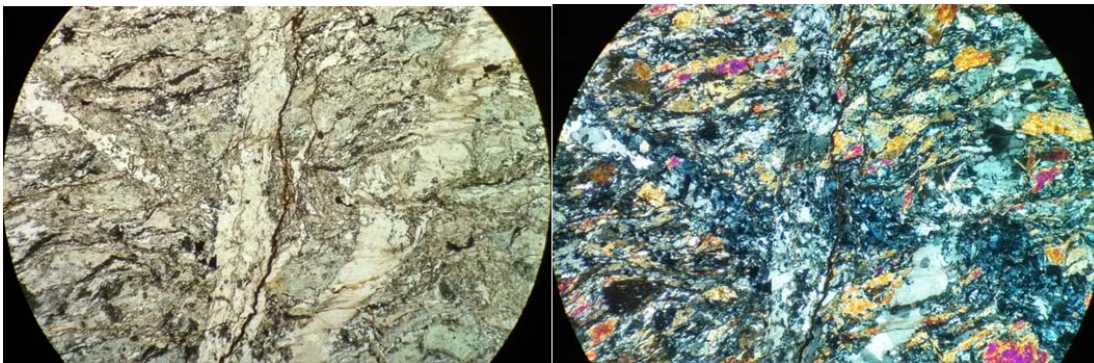


Figura 8.1.1.3.4 Vetilla de cuarzo deformada cortando a vetilla de cuarzo-zoisita anterior, y posterior a ambas las cortan vetillas de óxidos de hierro (R: 2 mm).

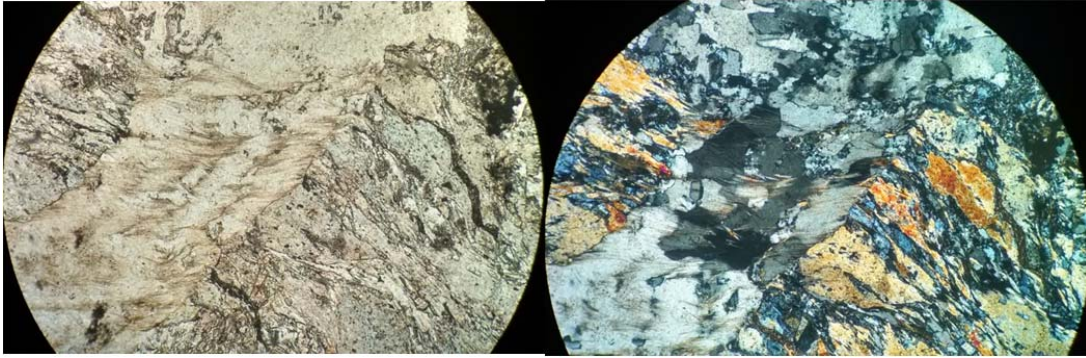


Figura 8.1.1.3.5 Muestra de vetilla de cuarzo que corta la foliación principal, forma un poiquiloblasto con los cristales de anfíbola pre-deformacionales (R: 1 mm).

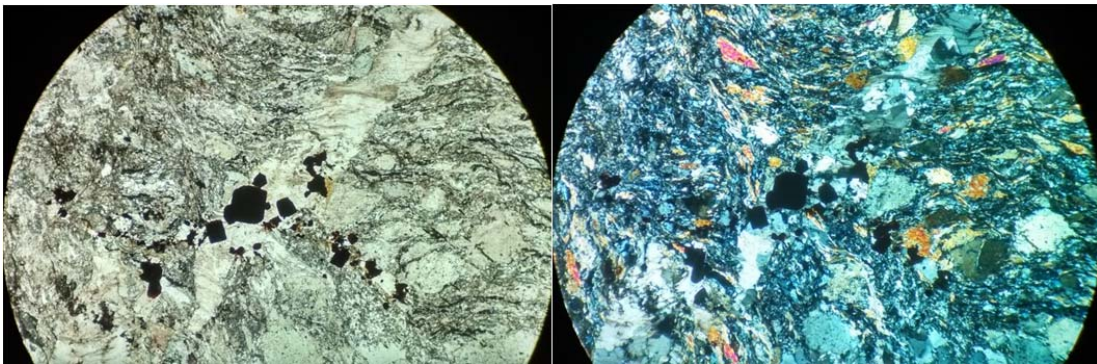


Figura 8.1.1.3.6 Vista de cristales opacos que muestran una forma cúbica y rojiza (R: 2 mm).

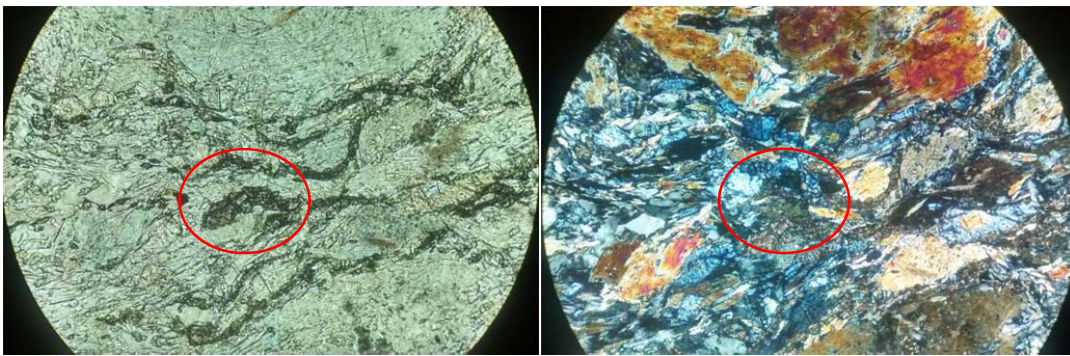


Figura 8.1.1.3.7 Cúmulos de cristales de titanita siguiendo la foliación principal (R: 0.5 mm).

8.1.1.4 CM1-05-14

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facies:</b>	Esquisto verde – Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino-medio de color azul-verde, y en menor proporción, cristales de tamaño de grano fino que definen la foliación principal.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano fino que siguen la dirección principal de foliación (muestran colores pardos a nicoles paralelos).		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano fino asociados a plagioclasa.		
Epidota	Aparece reemplazando a la clinzoisita en su parte interna de grano.		
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.		
Clorita	Cristales de hábito tabular y c.i. café inmersos en la matriz siguiendo la dirección principal de foliación, asociados anfíbolos.		
Titanita	Se presenta como cúmulos de cristales de forma alargada, siguen la dirección principal de foliación.		
Opaco	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino, de hábito prismático, inmersos en la matriz.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Posible estructuras core-and-mantle.			

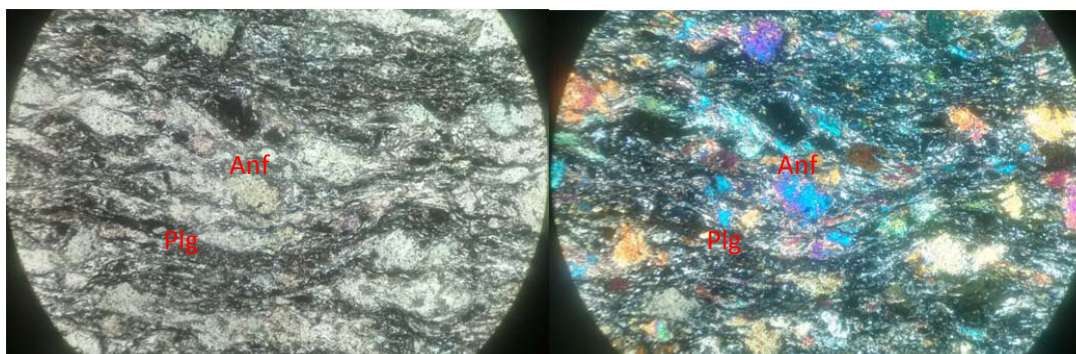


Figura 8.1.1.4.1 Vista general del corte (R: 2 mm).

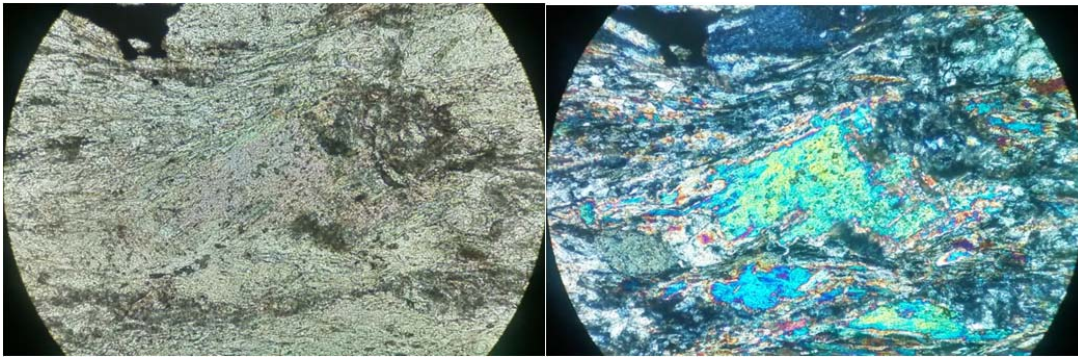


Figura 8.1.1.4.2 Vista de cristal de anfíbola de colores azules-morados y verdes (R: 0.5 mm).

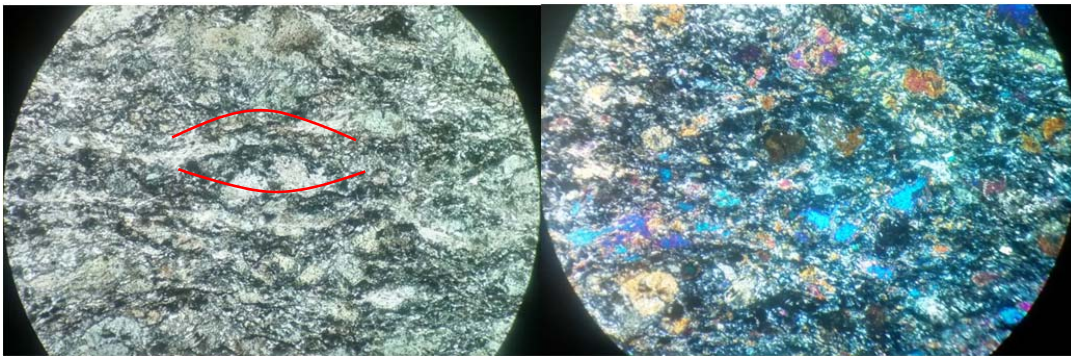


Figura 8.1.1.4.3 Posible estructuras core-and-mantle, parte externa es demarcada de color rojo (R : 2 mm).

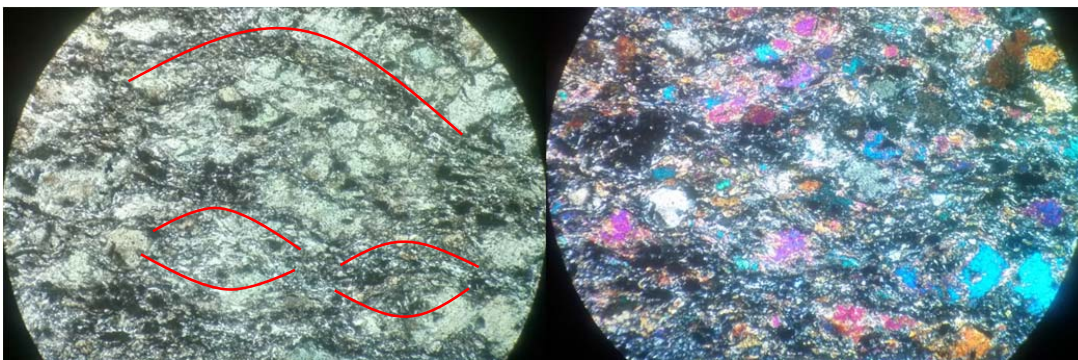


Figura 8.1.1.4.4 Posible estructuras core-and-mantle, parte externa es demarcada de color rojo (R: 2 mm).

8.1.1.5 CM1-06-14

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Se presentan en dos familias de tamaños, como cristales de tamaño de grano fino-medio que de color azul-verde y como cristales de tamaño de grano muy fino.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño fino y muy fino, siguen la dirección principal de foliación (saussuritizados).		
Clinzoisita	Se muestran de tamaño de grano muy fino asociadas a plagioclasas.		
Epidota	Aparece reemplazando a cristales de clinzoisita.		
Cuarzo	Cristales anestructurales de tamaño muy fino inmersos en la matriz, y en menor proporción, se observa conformando un agregado poligonal remanente.		
Clorita	Cristales hábito tabular de c.i. café asociados a anfíbolos.		
Titanita	Se presenta como cúmulos de cristales alargados que siguen la dirección de foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino, de hábito prismático, inmersos en la matriz.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Posible core-and-mantle; Cambio en el tamaño de grano explicaría xenolitos observados en terreno.			

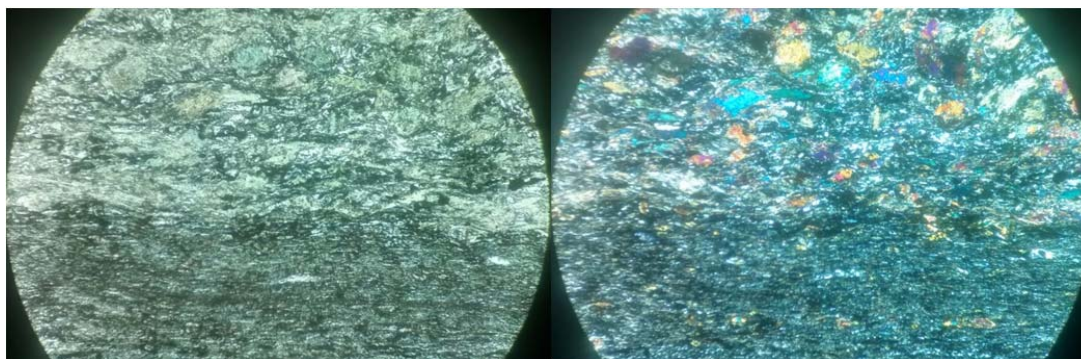


Figura 8.1.1.5.1 Vista de 2 capas que diferencian en el tamaño de grano, parte inferior mostraría xenolito (R: 0.5 mm).

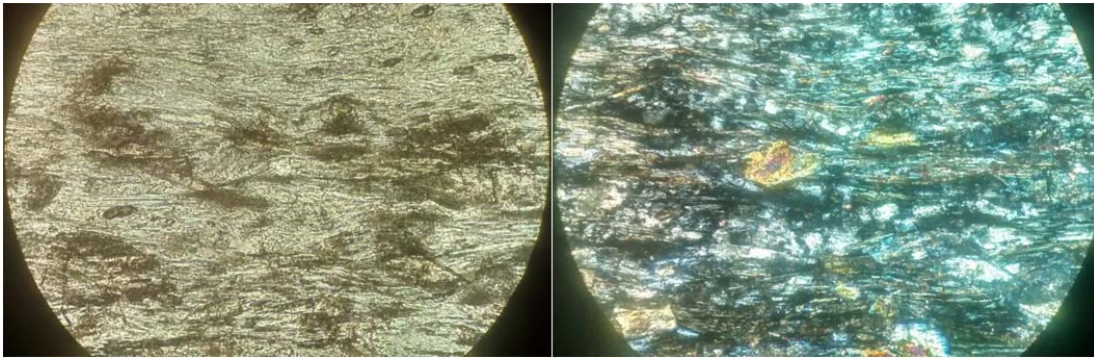


Figura 8.1.1.5.2 Vista de capa de cristales de granulometría menor, se pueden distinguir cristales de cuarzo, clinozoisita (siendo reemplazada por epidota), anfíbolos y plagioclasas (R: 0.5 mm).

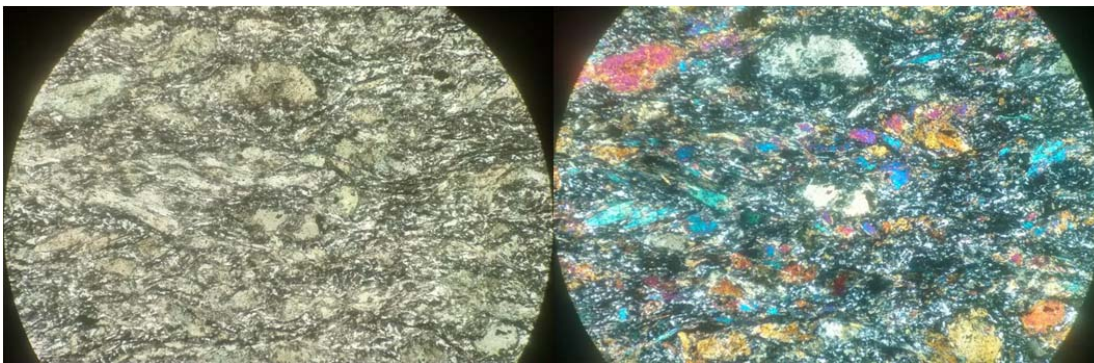


Figura 8.1.1.5.3 Capa de tamaño de grano fino-medio donde se aprecia que se compone de la misma mineralogía (R: 2 mm).

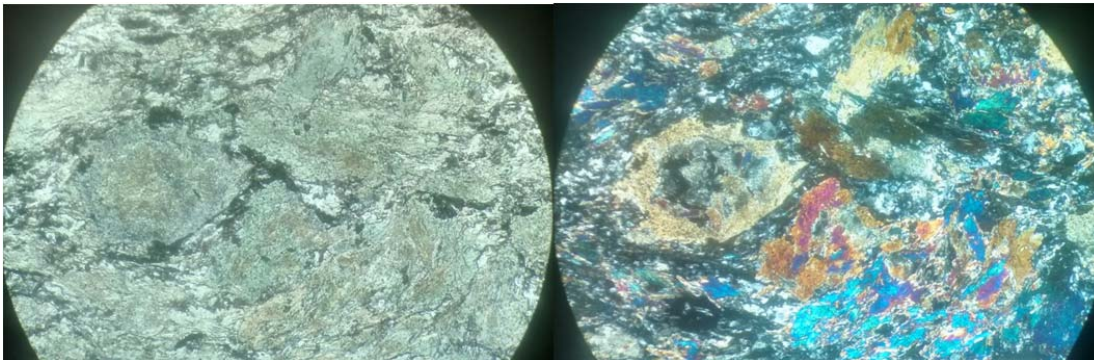


Figura 8.1.1.5.4 Vista de cristales de anfíbola donde se aprecia un color azul-morado a nicoles paralelos en su parte exterior de grano, y un color café-verde en la parte interna de grano (R: 1 mm).

8.1.1.6 CM1-07-14

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfibola	Cristales de tamaño de grano fino-medio de un color verde-azul, y cristales de tamaño fino demarcando la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano fino que siguen la dirección principal de foliación. A nicoles paralelos se observa una tonalidad parda.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino de integridad alta inmersos en la matriz.		
Cuarzo	Cristales de tamaño muy fino inmersos en la matriz y como agregados poligonales relleno de vetillas.		
Clorita	Cristales de tamaño fino de hábito tabular y c.i. café asociado a actinolitas.		
Titanita	Cúmulo de cristales alargados siguen la foliación principal.		
Opaco	Cristales prismáticos de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Granoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Foliaciones S2, S3; posibles core-and-mantle; Vetillas de cuarzo muestran una recristalización dinámica en los bordes de grano.			

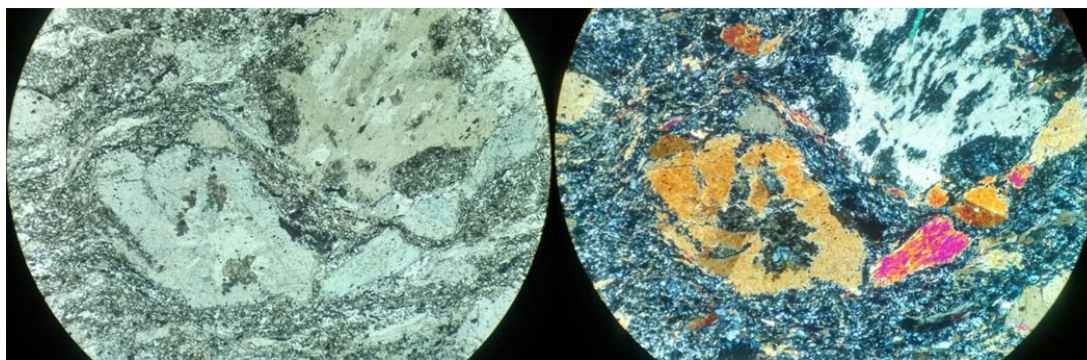


Figura 8.1.1.6.1 Vista de anfíbolos de color verde-azul, en su centro se observan cristales de clorita de colores de interferencia pardos. Se observan posibles estructuras core-and-mantle tempranas, donde la parte interna la conforman cristales de anfíbolos (R: 2 mm).

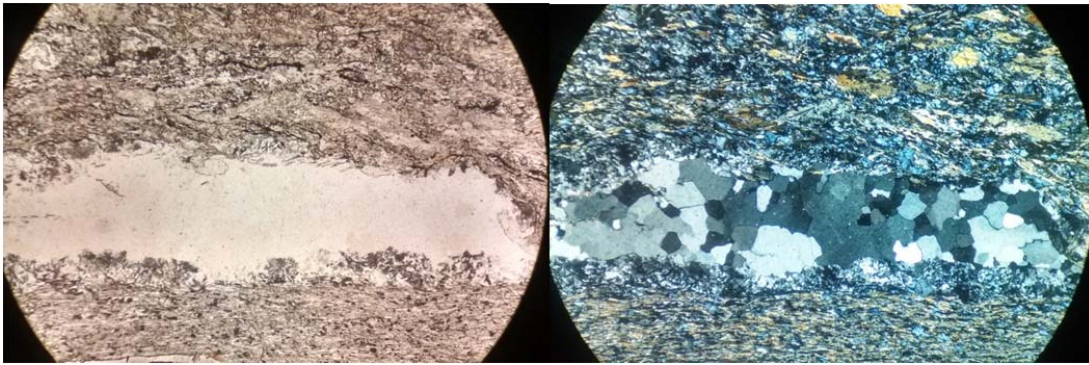


Figura 8.1.1.6.2 Se observan dos capas que difieren en el tamaño de grano y las separa bandas cuarcíferas, cuyos granos muestran bordes irregulares (recristalización dinámica) (R: 2 mm).

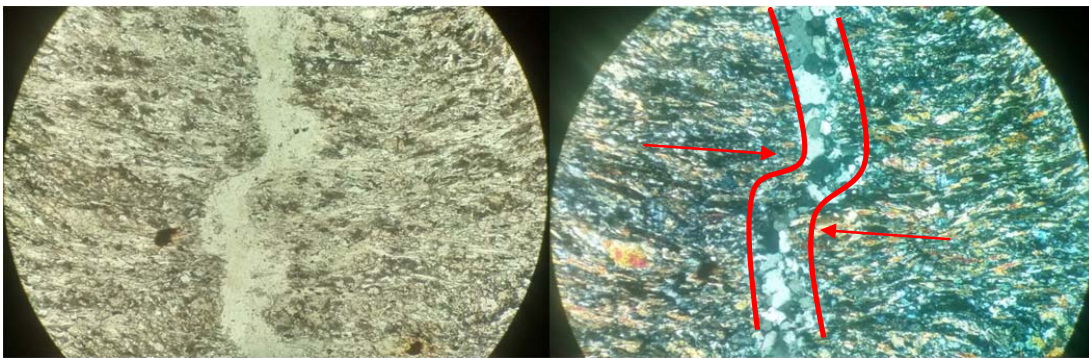


Figura 8.1.1.6.3 Vetillas de cuarzo que cortan la foliación principal y sufren una deformación posterior (R: 1 mm).

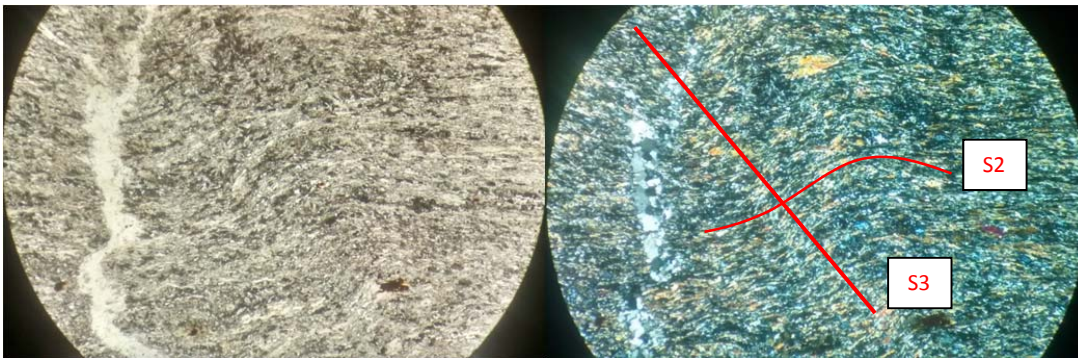


Figura 8.1.1.6.4 Vetillas de cuarzo siendo deformadas por un esfuerzo S3 el que genera clivaje de crenulación (R: 2 mm).



## 8.1.2 Muestras -17

### 8.1.2.1 CM1-01-17

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de clinozoisita	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino alargados de colores verdes a nicoles paralelos, definen la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cristales de colores pardos a nicoles paralelos (saussuritizados) que siguen la dirección principal de foliación.		
Clinozoisita	Cristales anestructurales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz asociados a plagioclasa.		
Epidota	Aparecen en centro de los cristales de clinozoisita.		
Cuarzo	Cristales anestructurales inmersos en la matriz, de tamaño de grano muy fino, y como agregado poligonal rellenando vetillas.		
Opacos	Cristales de tamaño de grano muy fino, hábito cúbico, con bordes rojizos. Siguen la dirección de foliación principal, deformados y alargados.		
Clorita	Cristales de c.i. café, se asocian a bordes de grano en los cristales de anfíbolos.		
Titanita	Se presentan como cúmulos de cristales alargados siguiendo la dirección principal de foliación.		
Zoisita	Se presenta junto al cuarzo rellenando vetillas.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Simplectítica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b>			
- Foliación S1 refleja una asimetría en sus planos, lo que supone un esfuerzo posterior asociado.			
- Vetillas de cuarzo-zoisita cortan foliación principal.			

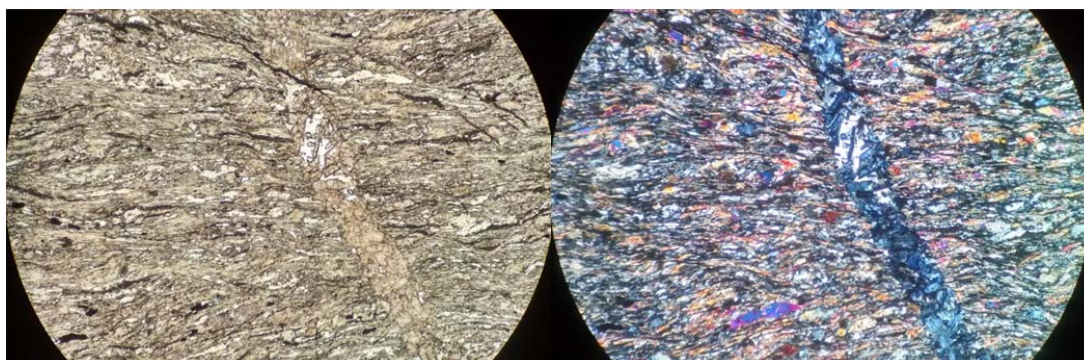


Figura 8.1.2.1.1 Vetilla de cuarzo-zoisita corta foliación principal (R: 2 mm).

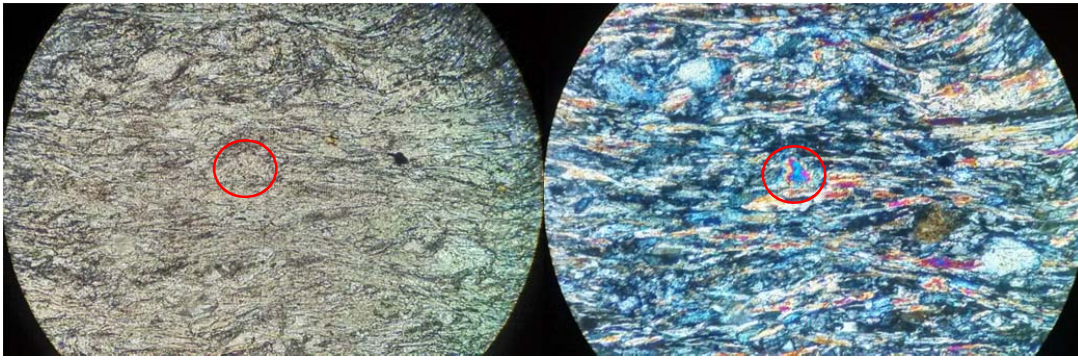


Figura 8.1.2.1.2 Muestra de cristales de clinozoisita siendo reemplazados en su centro por epidota (R: 0.5 mm).

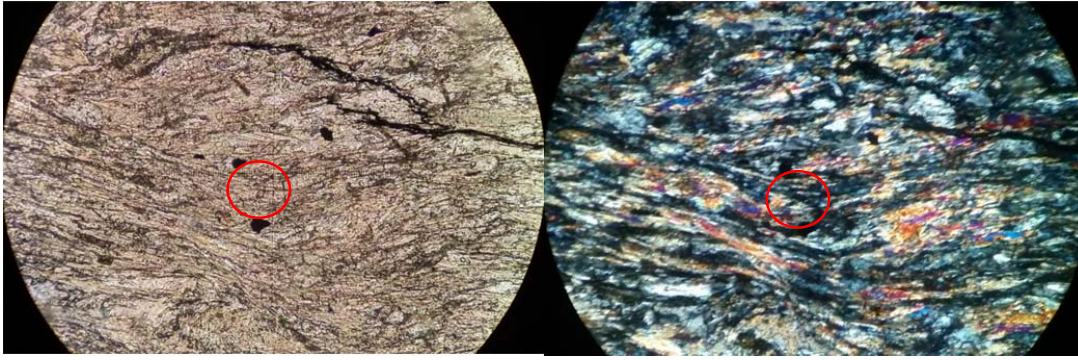


Figura 8.1.2.1.3 Muestra de opacos de hábito cúbico dentro de círculo rojo en fotografía (R: 0.5 mm).

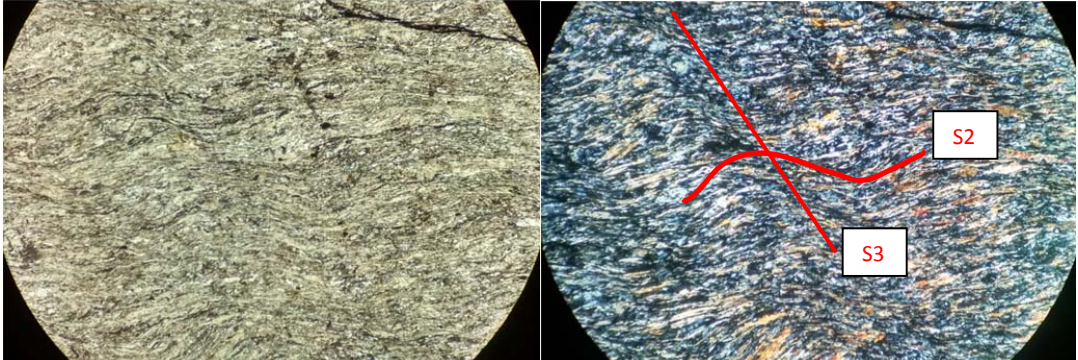


Figura 8.1.2.1.4 Muestra de planos S2 y S3 demarcados con línea roja (R: 2 mm).

8.1.2.2 CM1-04-17

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b>	Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales alargados de tamaño de grano fino, de color verde a nicoles paralelos y tamaño de grano fino, definen la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Como porfiroclastos de tamaño de grano medio, y formando parte de la matriz donde se encuentran recrystalizadas (saussuritizadas).		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano fino formando parte de la matriz, asociado a plagioclasa.		
Clorita	Asociada a bordes de cristales de anfíbola, c.i. café.		
Epidota	Reemplazando en su parte interna a los cristales de clinzoisita.		
Titanita	Se presentan en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<p><b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Mirmequítica entre el porfiroclastos de plagioclasa y el cuarzo; de reemplazo.</p> <p><b>Estructuras presentes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peces minerales, donde el centro lo componen porfiroclastos de plagioclasas alterados y la parte externa corresponde a actinolitas.</li> <li>- Vetillas de cuarzo relacionadas a un proceso de deformación anterior a una foliación S2 y posterior a S3.</li> </ul>			

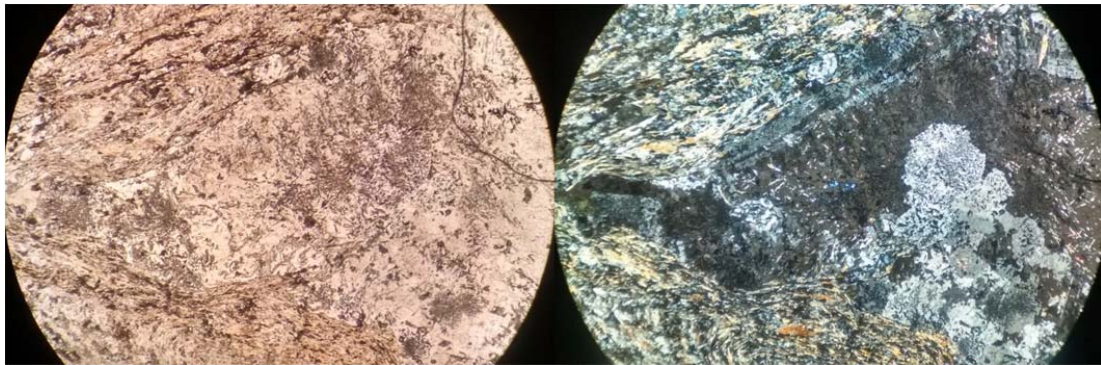


Figura 8.1.2.2.1 Muestra de estructura peces minerales, donde el centro corresponde a un porfiroclastos de plagioclasa. Se puede observar su macla deformada (R: 2 mm).

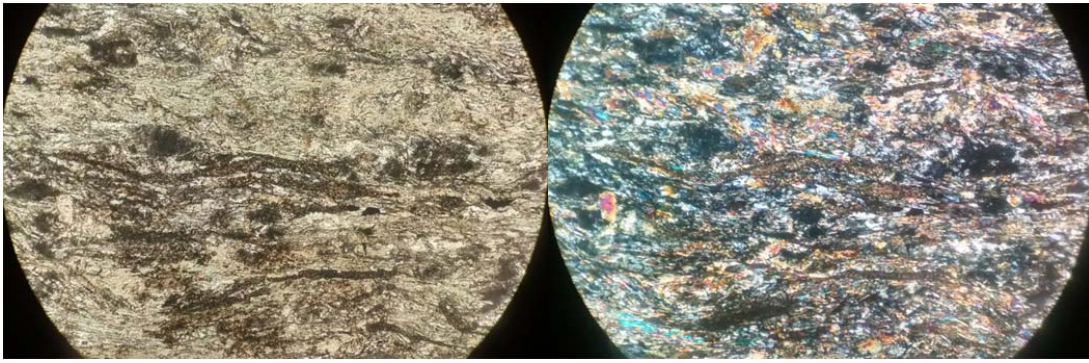


Figura 8.1.2.2.2 Muestra de cúmulos de titanita que siguen la foliación (R: 1 mm).

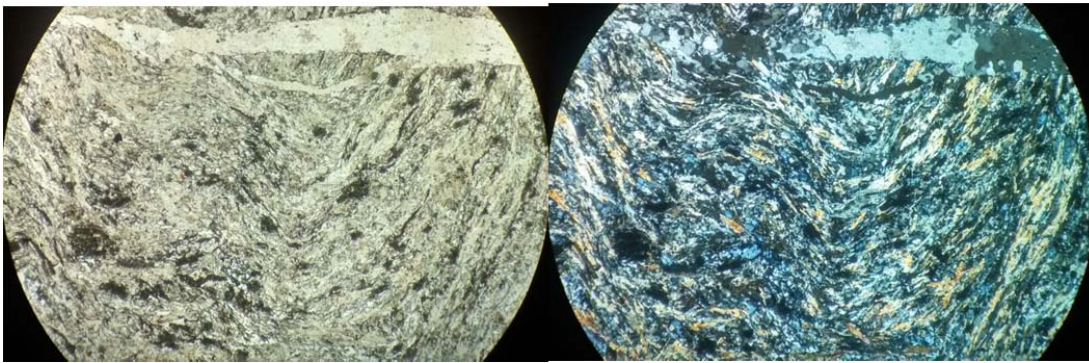


Figura 8.1.2.2.3 Vetilla de cuarzo corta foliación y clivaje de crenulación (R: 2 mm).

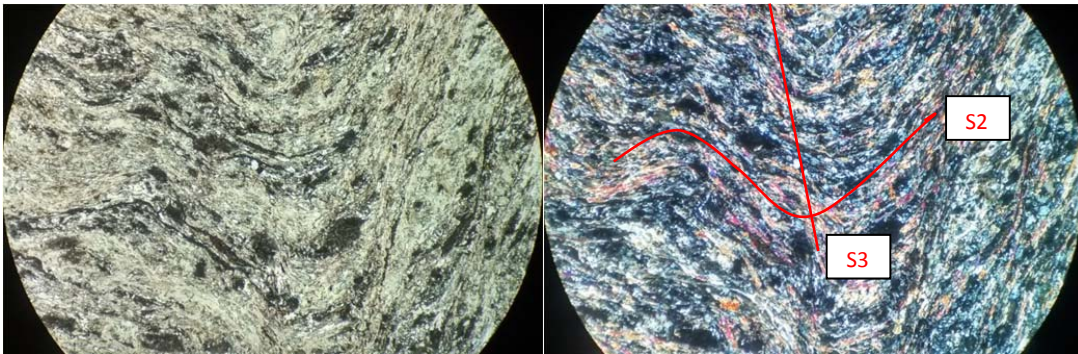


Figura 8.1.2.2.4 Muestra de planos S2 y S3 (R: 2 mm).

8.1.2.3 CM1-05-17

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de zoisita	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facies:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino-medio de color verde-azul.		
Plagioclasa	Cristales saussuritizados inmersos en la matriz asociados a anfíbola y clinozoisita.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz.		
Epidota	Reemplazando en la parte central a los cristales de clinozoisita.		
Cuarzo	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino dentro de la matriz y como agregado poligonal rellenando vetillas.		
Titanita	Se presentan en cúmulos alargados.		
Clorita	Se asocia a los bordes de los cristales de anfíbola.		
Zoisita	Cristales de integridad alta acompañando al cuarzo rellenando vetillas.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño fino-medio, de hábito prismático.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Poiquilítica entre vetilla de cuarzo-zoisita y cristales adyacentes; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Vetillas de cuarzo-zoisita deformadas.			

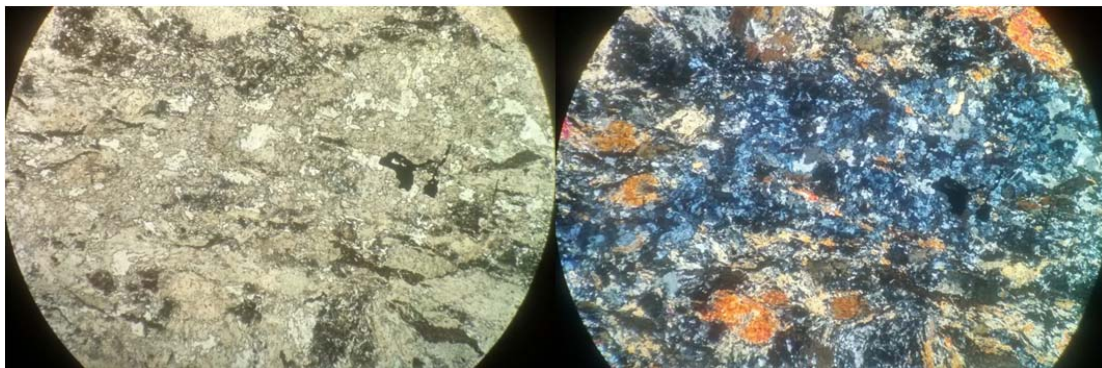


Figura 8.1.2.3.1 Muestra de vetillas de cuarzo-zoisita deformadas y de los cristales opacos anestructurales (R: 2 mm).

8.1.2.4 CM1-06-17

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b>	Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de grano fino-medio, de integridad baja, definen la dirección principal de foliación, de color verde.		
Plagioclasa	Se presentan como porfiroclastos de tamaño de grano fino-medio formando estructuras peces minerales. Y en mayor proporción como cristales recrystalizados (saussuritizados) siguiendo la dirección principal de foliación.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino asociados a plagioclasa.		
Clorita	Cristales de c.i. café asociados a cristales de anfíbola.		
Cuarzo	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.		
Epidota	Asociada a la parte central de los cristales de clinzoisita.		
Titanita	Se presentan en cúmulos alargados siguiendo la dirección de foliación.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Peces minerales y posibles estructuras core-and-mantle.			

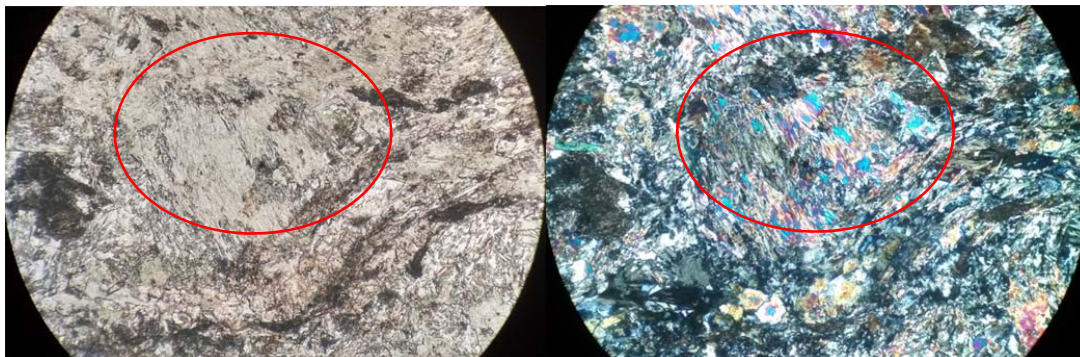


Figura 8.1.2.4.1 Muestra de cristal de anfíbola de color verde cloritizado en su parte interna de grano (demarcado de color rojo), formando parte de una posible estructura core-and-mantle (R: 1 mm).

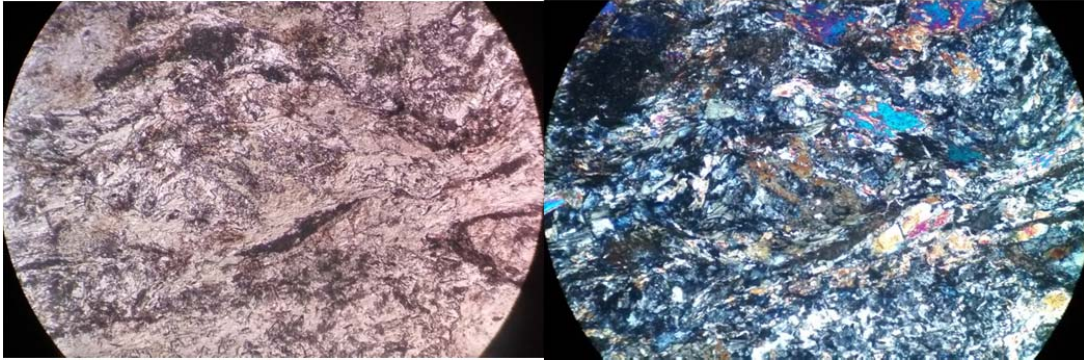


Figura 8.1.2.4.2 Muestra de una estructura core-and-mantle deformadas, su centro se compone de un cristal de anfíbola de coloración más azulina (R: 1 mm).

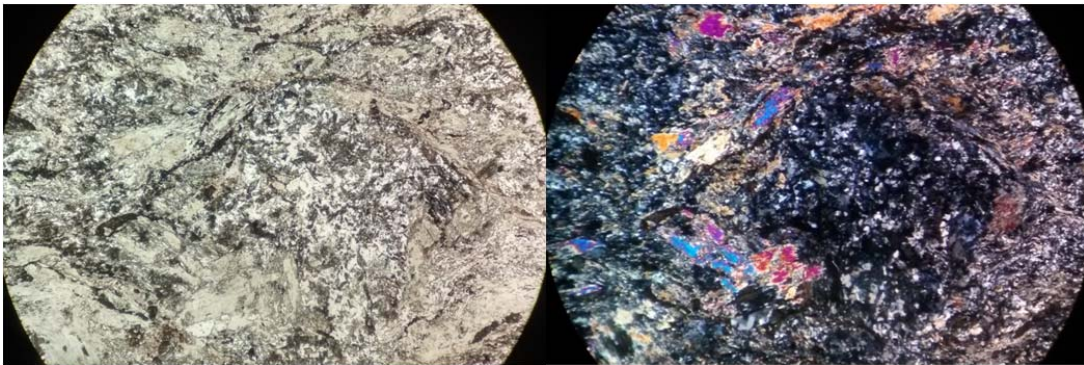


Figura 8.1.2.4.3 Muestra de estructuras peces minerales, cuyo centro corresponde a porfiroclastos de plagioclasas (R: 2 mm).

8.1.2.5 CM1-08-17

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b>	Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
Mineral	Ocurrencia		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino, color verde, demarca la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Porfiroclastos de tamaño de grano medio en estructuras peces minerales, y en mayor proporción, de tamaño de grano fino siguiendo la dirección principal de foliación.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino, de integridad baja, inmersos en la matriz y asociados a plagioclasa.		
Epidota	Reemplazando cristales de clinozoisita.		
Clorita	Cristales con c.i. café asociados a anfíbolos.		
Cuarzo	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino, formando parte de la matriz y como agregado poligonal rellenando vetillas.		
Zoisita	Cristales asociados a cuarzo rellenando vetillas.		
Titanita	Se presentan en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
Óxido de Fe	Acompañan a vetillas deformadas de cuarzo-zoisita.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Mirmequítica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Estructuras peces minerales donde la parte interna se trata de porfiroclastos de plagioclasa; Vetillas deformadas de cuarzo-zoisita y óxidos de hierro.			

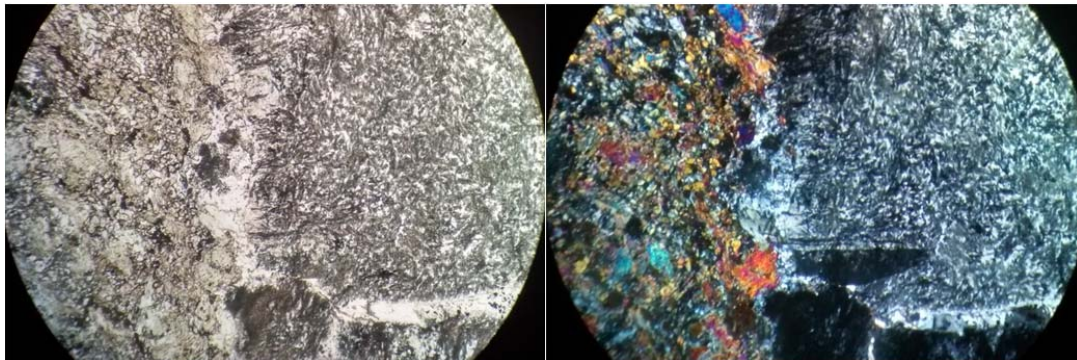


Figura 8.1.2.5.1 Vista de porfiroclasto de plagioclasa, mostrando su macla relictas en una estructura pez mineral, también se observa una textura mirmequítica entre el porfiroclastos de plagioclasa y cuarzo (R: 2 mm).



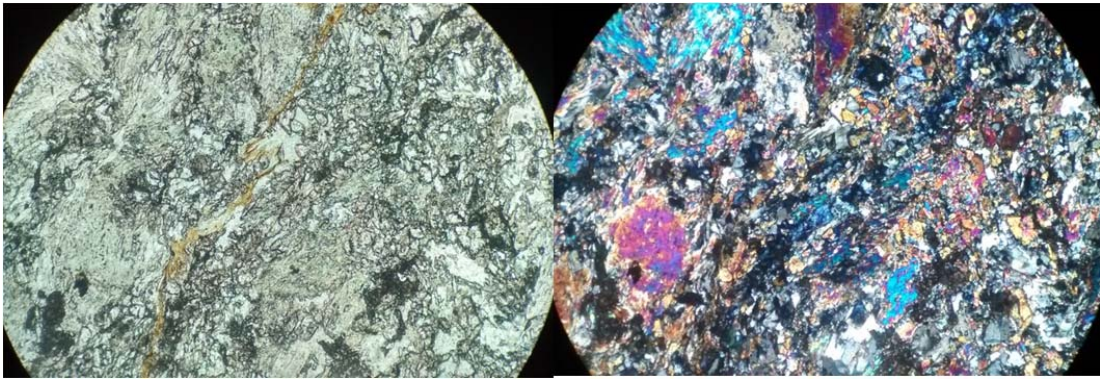


Figura 8.1.2.5.2 Muestra de vetilla de cuarzo-zoisita deformada acompañada de óxidos de hierro (R: 1 mm).

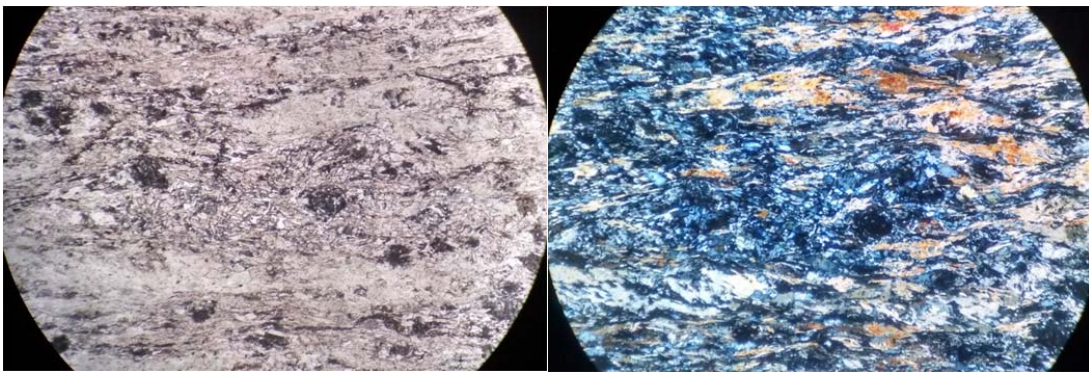


Figura 8.1.2.5.3 Muestra de foliación principal demarcada por una textura nematoblástica (R: 2 mm).

8.1.3 Muestras -19

8.1.3.1 CM1-02-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Actinolita	Cristales de tamaño de grano medio-fino formando parte interna en estructuras core-and-mantle, de color verde-azul. Se observan en mayor proporción, como cristales de tamaño fino demarcando la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cristales saussuritizados siguen la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino asociados a plagioclasa, de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna.		
Cuarzo	Cristales presente en la matriz de tamaño de grano muy fino, y como agregado poligonal formando vetillas.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Clorita	Cristales de c.i. café asociados a anfíbolos.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opaco	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Granoblástica dentro de las vetillas rellenas de cuarzo; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Core-and-mantle; vetillas de cuarzo.			

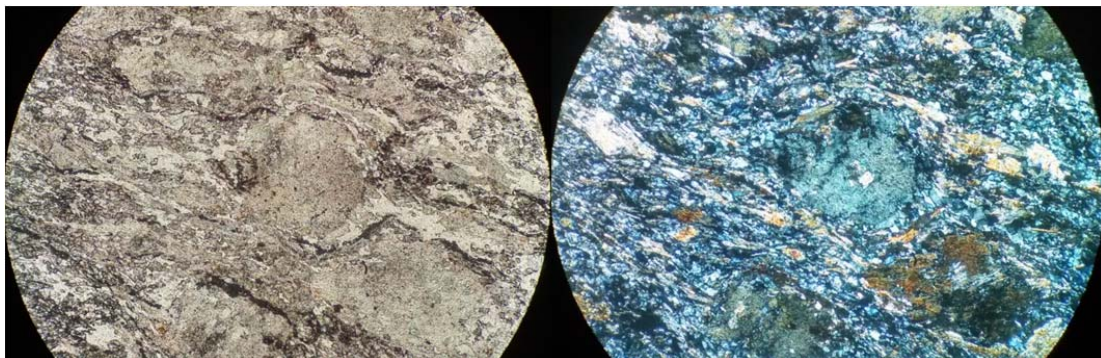


Figura 8.1.3.1.1 Muestra de estructura core-and-mantle de anfíbola, en su parte interior y exterior (R: 1 mm).

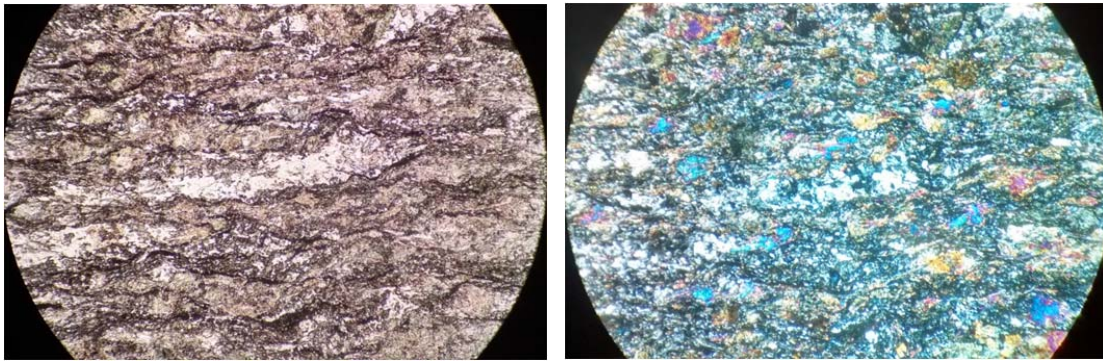


Figura 8.1.3.1.2 Muestra de vetilla de cuarzo deformada (R: 2 mm).

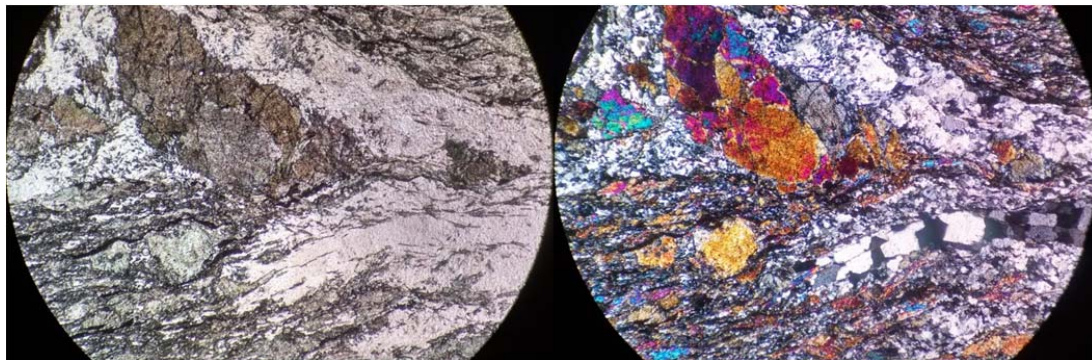


Figura 8.1.3.1.3 Muestra de estructura core-and-mantle, en la parte inferior se observa una vetilla de cuarzo deformada siguiendo la dirección principal de foliación (R: 2 mm).

8.1.3.2 CM1-03-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b>	Basalto
<b>Facies:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano medio-fino en estructuras core-and-mantle. En mayor proporción se observa como cristales de tamaño de grano fino demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Porfiroclastos de tamaño de grano medio a fino formando parte interna de las estructuras core-and-mantle siendo reemplazadas por micas blancas. En mayor proporción, se observa como cristales saussuritizados que siguen la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino asociados a plagioclasa, de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna.		
Cuarzo	Cristales presentes en la matriz de tamaño de grano muy fino.		
Mica blanca	Se presenta como reemplazo en los porfiroclastos de plagioclasa.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Clorita	Cristales de c.i. café asociados a anfíbola.		
Titanita	Se muestra en cúmulos de cristales alargados siguiendo la dirección de foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Core-and-mantle donde la parte central la conforman porfiroclastos de plagioclasas reemplazos a micas blancas.			

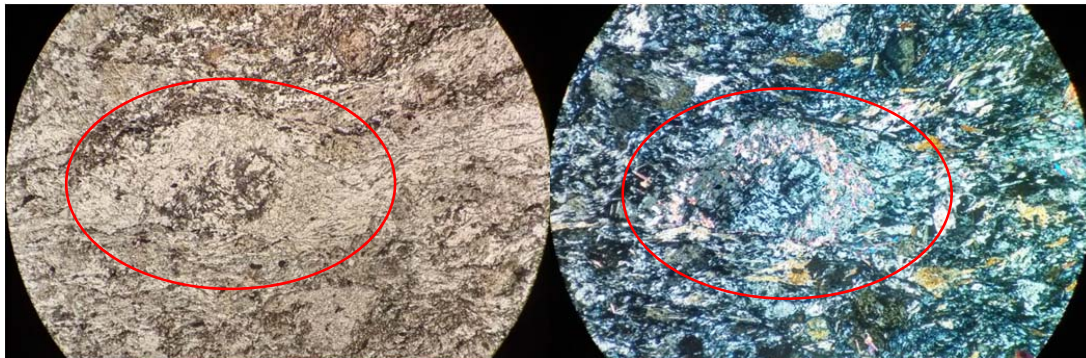


Figura 8.1.3.2.1 Estructura core-and-mantle deformada, formada por porfiroclastos de plagioclasa (demarcado de línea roja) siendo reemplazadas en su parte externa por micas blancas (R: 2 mm).

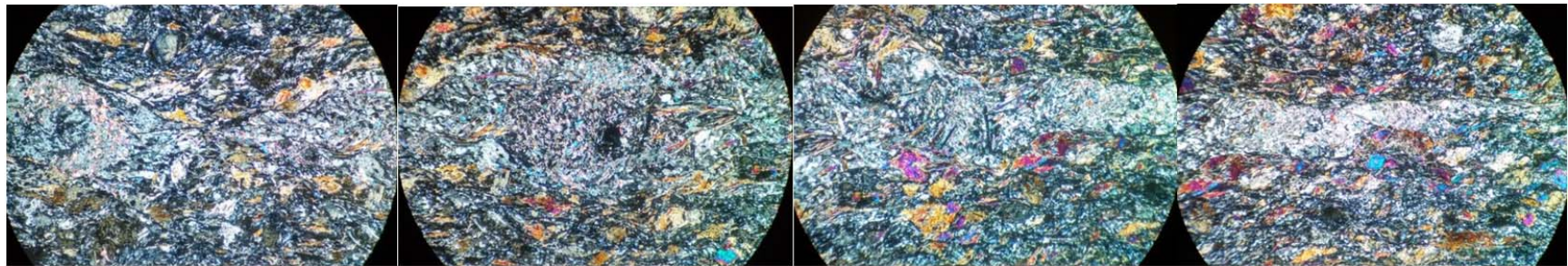
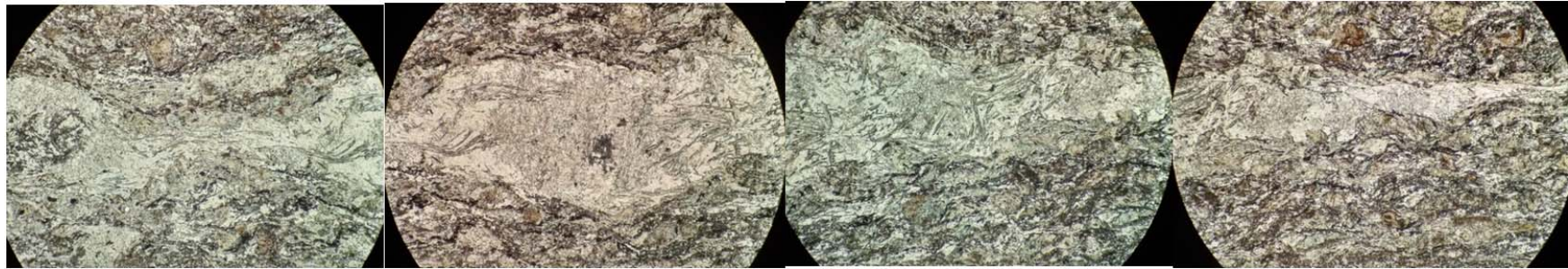


Figura 8.1.3.2.2 Muestra de 4 fotografías en orden secuencial a lo largo del corte, muestra una estructura core-and-mantle deformada, su parte interna la conforma un porfiroclastos de plagioclasa reemplazados por micas blancas, junto a anfíbolos en su parte externa. (R: 2 mm, cada una).

8.1.3.3 CM1-04-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico fracturado	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfíbolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino que demarcan la textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cristales saussuritizados que siguen la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna, asociados a cristales de plagioclasa.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.		
Clorita	Cristales de c.i. café asociados a anfíbolas.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la dirección de foliación principal.		
Opaco	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			

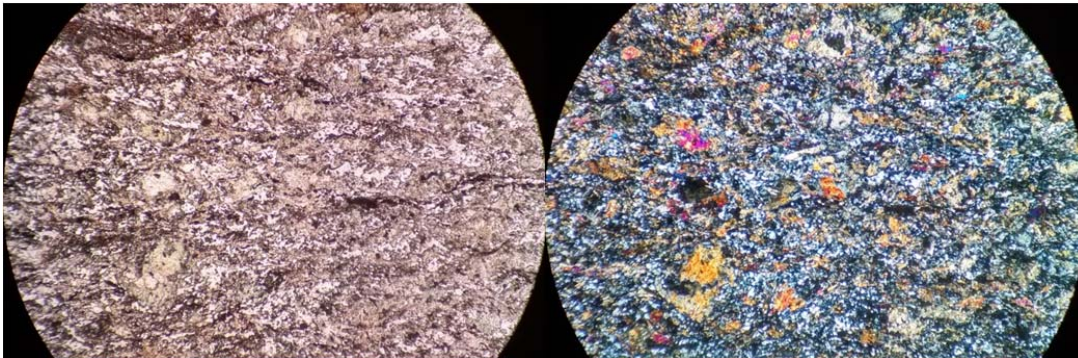


Figura 8.1.3.3.1 Vista general de la mineralogía y granulometría (R: 2 mm).

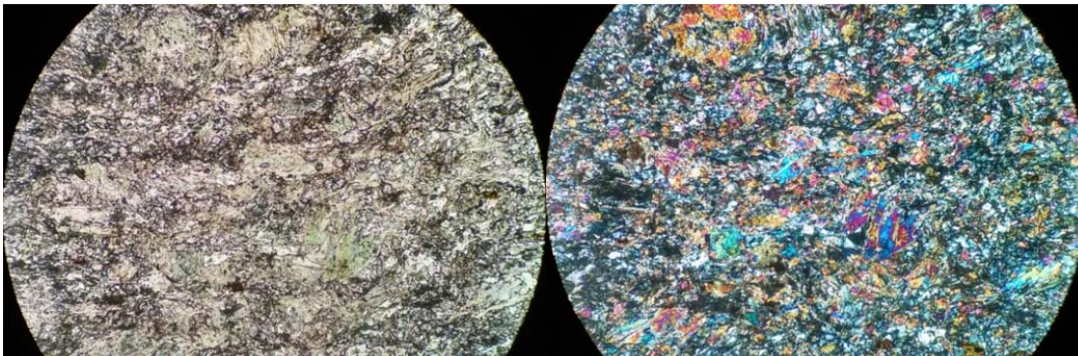


Figura 8.1.3.3.2 Muestras de cristales de actinolitas fracturados (R: 1 mm).

8.1.3.4 CM1-05-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico fracturado	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde – Anfibolita		
Mineral	Ocurrencia		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino fracturados demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Cristales saussuritizados que siguen la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino de integridad baja mostrando una fuerte epidotización en su parte interna, asociados a plagioclasa.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Cuarzo	Presente en la matriz de tamaño de grano muy fino.		
Clorita	Asociada a anfíbolos.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opaco	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Fracturamiento fuerte.			

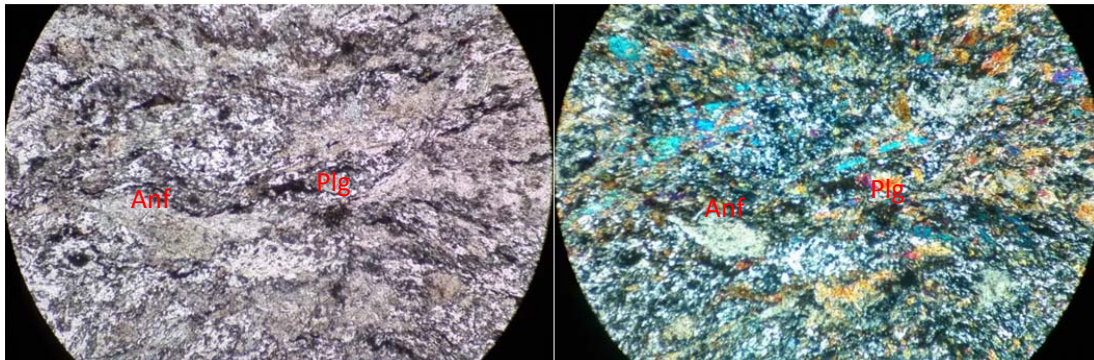


Figura 8.1.3.4.1 Vista general del corte (R: 2 mm).

8.1.3.5 CM1-06-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b>	Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde – Anfibolita		
Mineral	Ocurrencia		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino-medio, y en mayor proporción se observan como cristales de tamaño fino demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Porfiroclastos de tamaño de grano medio a fino presentando una textura mirmequítica. En mayor proporción se observa como cristales saussuritizados siguiendo la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna, asociados a plagioclasa.		
Cuarzo	Presente en la matriz de tamaño de grano muy fino.		
Mica blanca	Se presenta como reemplazo en los porfiroclastos de plagioclasa.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Clorita	Asociada a anfíbola.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Granoblástica en vetillas de cuarzo; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Vetillas de cuarzo, foliación S2.			

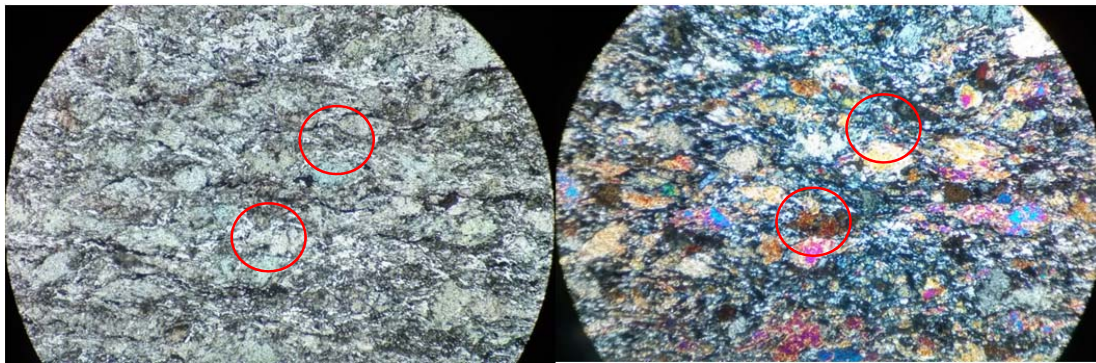


Figura 8.1.3.5.1 Vista de cristales de anfíbolos tonalidades verdes-azules (R: 2 mm).



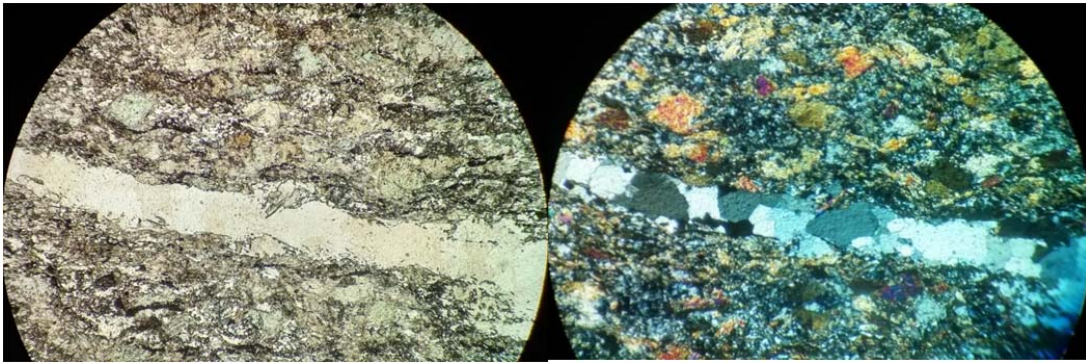


Figura 8.1.3.5.2 Muestra de vetilla de cuarzo donde los granos de cuarzo de bordes irregulares muestran una recristalización dinámica (R: 2 mm).

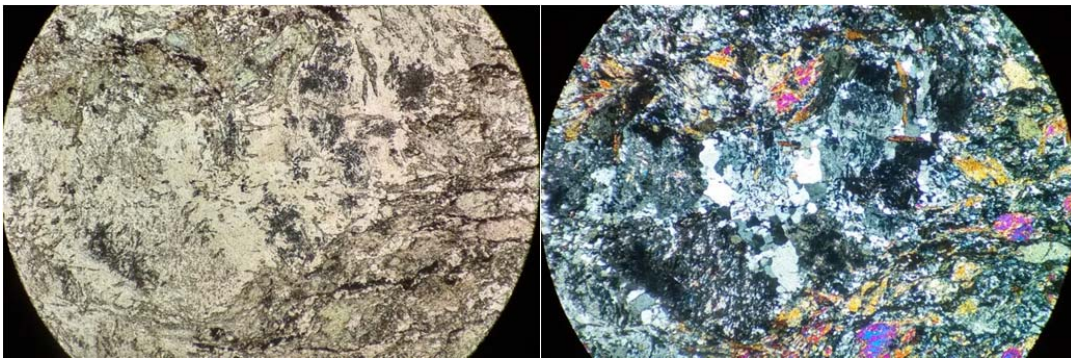


Figura 8.1.3.5.3 Porfiroclastos de plagioclasas deformados formando una textura mirmequítica con el cuarzo (R: 2 mm).

8.1.3.6 CM1-07-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde – Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Se observan como cristales saussuritizados siguiendo la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna, asociados a plagioclasa.		
Cuarzo	Presente en la matriz de tamaño de grano muy fino.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Clorita	Asociada a anfíbolos.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			

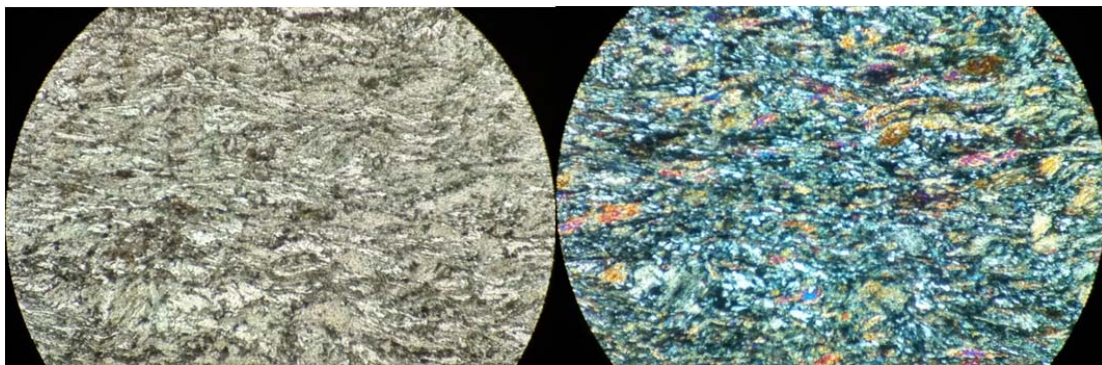


Figura 8.1.3.6.1 Vista de anfíbolos de color verde- verde oscuro (R: 2 mm).

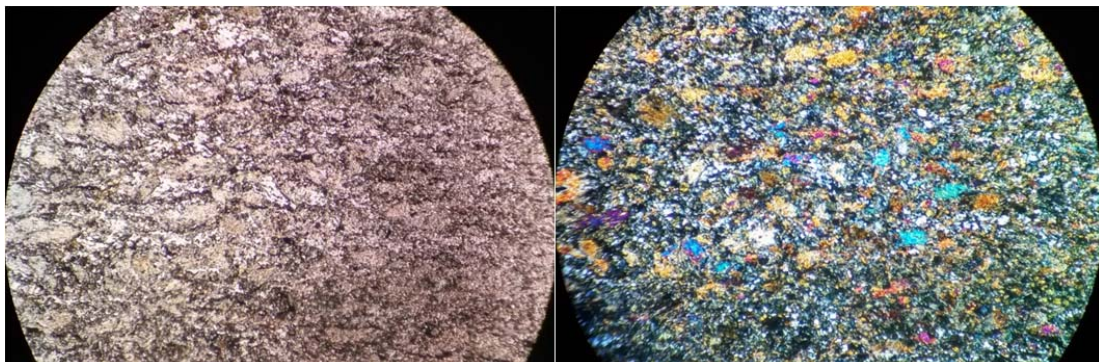


Figura 8.1.3.6.2 Vista de tamaño de grano muy fino (R: 2 mm).

8.1.3.7 CM1-09-19

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Se observan como cristales saussuritizados formando parte de la matriz siguiendo la dirección de foliación principal.		
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano fino de integridad baja mostrando una epidotización en su parte interna, asociados a plagioclasa.		
Cuarzo	Presente en la matriz de tamaño de grano muy fino.		
Epidota	Reemplazando a los cristales de clinzoisita.		
Clorita	Asociada a anfíbolos.		
Titanita	Se muestra en cúmulos alargados siguiendo la foliación principal.		
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			

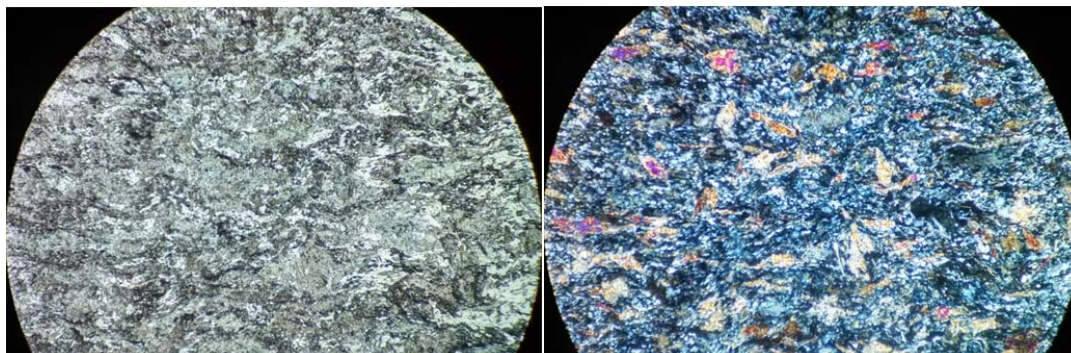


Figura 8.1.3.7.1 Vista de cristales de actinolitas y sus colores (R: 2 mm).

8.1.4 Muestras -20

8.1.4.1 CM1-01-20

<b>Nombre:</b>	Blastomilonita de biotita	<b>Protolito:</b> Arenisca cuarcífera
<b>Facies:</b>	Milonita de grado bajo	
Mineral	Ocurrencia	
Cuarzo	Agregado poligonal de cristales cuyos bordes de grano poseen forma irregular y se presentan en bandas.	
Mica blanca	Blastos de tamaño fino que demarcan la dirección principal de foliación. Aparecen como mineral de reemplazo en las plagioclasas.	
Biotita	Cristales de tamaño de grano fino de colores café-anaranjados, aparecen formando parte de la matriz demarcando la foliación junto a las micas blancas, y aparece dentro de bandas cuarcíferas.	
Clorita	Cristales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz siguen la dirección principal de foliación y aparecen asociados a bandas cuarcíferas en algunos casos.	
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano fino, deformados y reemplazados por micas blancas.	
Opacos	Cristales anestructurales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.	
Cx(<0.001mm)	Cristales de coloración oscura conformando bandas milimétricas que siguen la dirección de foliación principal.	
Titanita	Se presenta en cúmulos alargados.	
<b>Texturas presentes:</b> Lepidoblástica; Granoblástica.		
<b>Estructuras presentes:</b> Foliación S2 y S3; Estructuras S/C.		

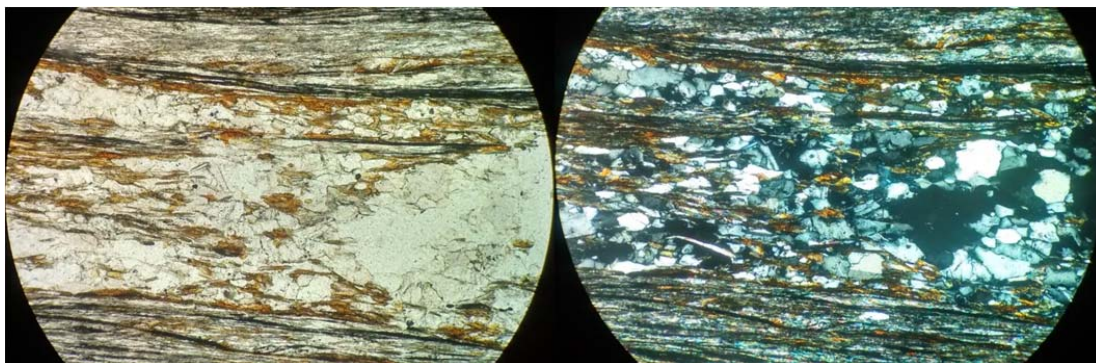


Figura 8.1.4.1.1 Muestra de blastos de biotita, mica blanca y clorita inmersos dentro de vetilla de cuarzo (R: 1 mm).

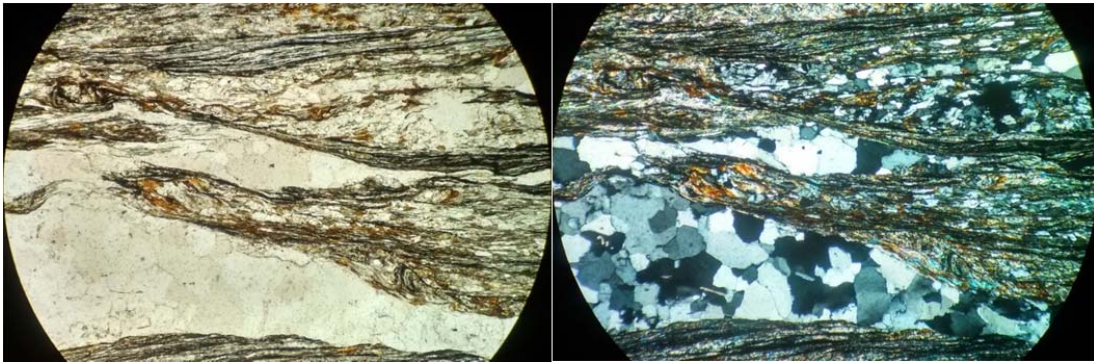


Figura 8.1.4.1.2 Vista de vetillas de cuarzo deformadas (R:2mm).

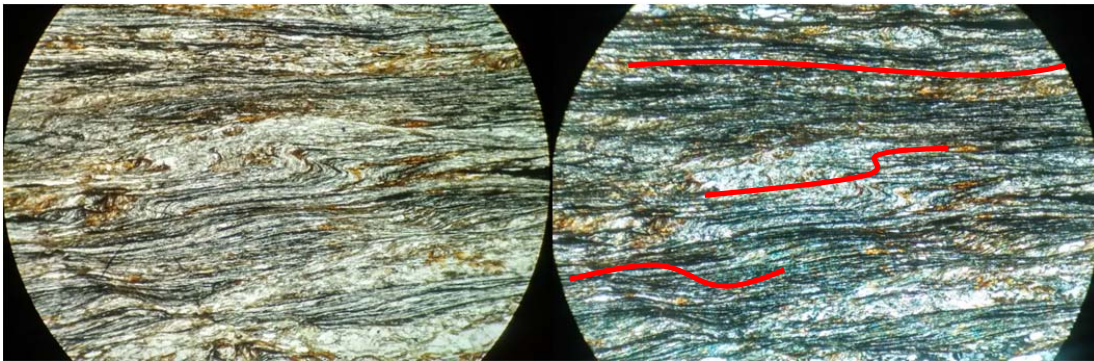


Figura 8.1.4.1.3 Muestra de deformación (R: 2 mm).

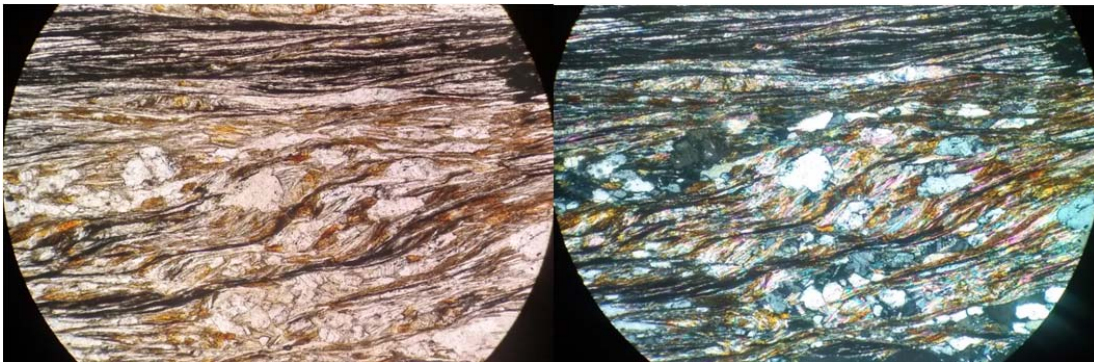


Figura 8.1.4.1.4 Muestra de estructuras S-C (demarcados por cristales de tamaño muy fino, coloración oscura) posteriores a la formación de blastos de biotita (R: 1 mm).

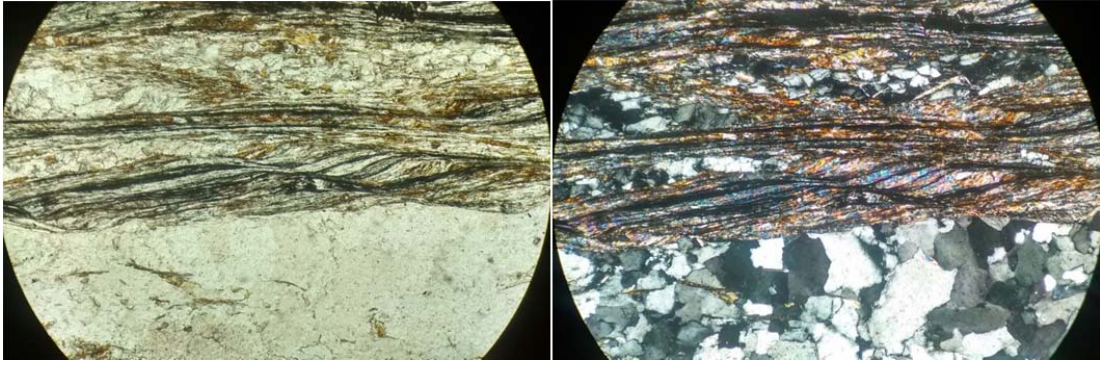


Figura 8.1.4.1.5 Vetillas de cuarzo junto a micas blancas-biotita y planos de granos muy finos de coloración oscura, ambos deformados formado un clivaje de crenulación (R: 1 mm).

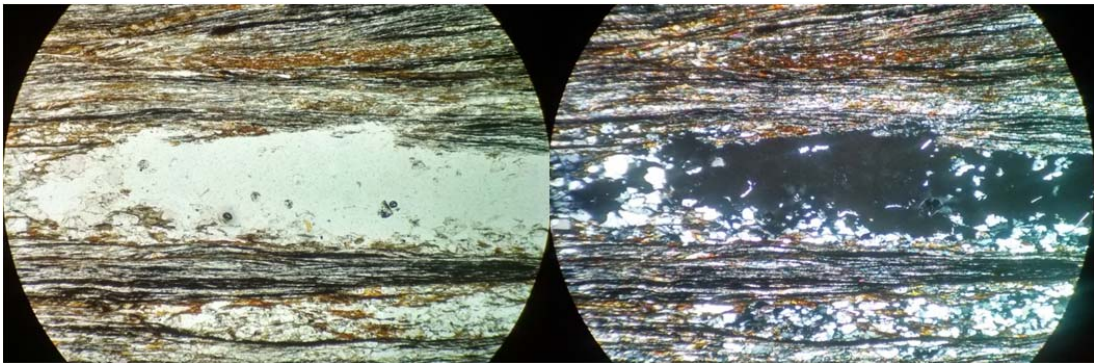


Figura 8.1.4.1.6 Se pueden observar errores en la manufactura del corte que aparentemente seguirían la dirección principal de deformación, no confundir (R: 2 mm).

8.1.4.2 CM1-02-20

<b>Nombre:</b>	Metacuarcita de clinozoisita	<b>Protolito:</b>	Cuarcita
<b>Facie:</b>	Grado bajo, Alterada		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Se muestran como agregados poligonales de bordes de grano irregular dentro de bandas deformadas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño muy fino recristalizados inmersos en la matriz.		
Mica Blanca	Cristales de tamaño muy fino inmersos en la matriz.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño fino hasta fino-medio de alta integridad mostrando colores de interferencia azul-amarillo inmersos en la matriz.		
Clorita	Cristales de hábito tabular tamaño de grano fino inmersos en la matriz asociados a actinolita.		
Epidota	Reemplazo dentro de los cristales de clinozoisita.		
Óxido de Fe	Inmersos en la matriz dando una coloración rojiza.		
Opacos	Cristales prismáticos de forma cúbica, tamaño de grano fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Granoblástica en las bandas cuarcíferas remanentes; de reemplazo.			

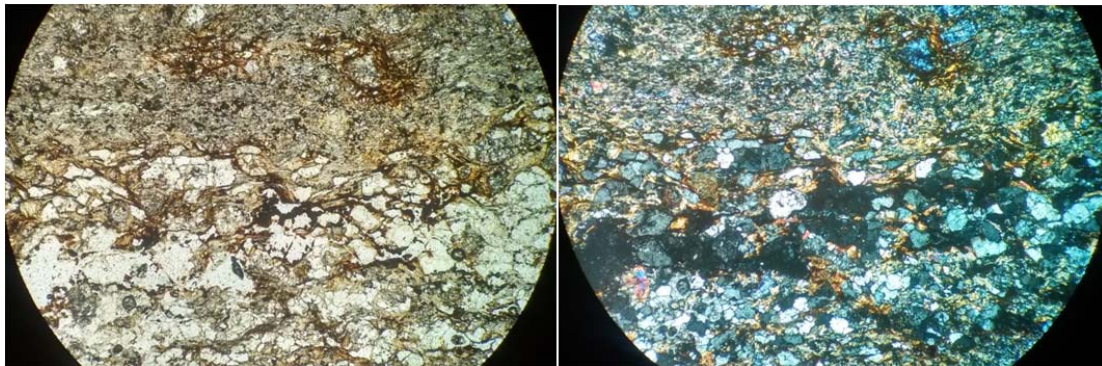


Figura 8.1.4.2.1 Muestra de blastos de biotita, clorita, actinolita, clinozoisita, epidota, cuarzo, óxidos de hierro y opacos (R: 1 mm).

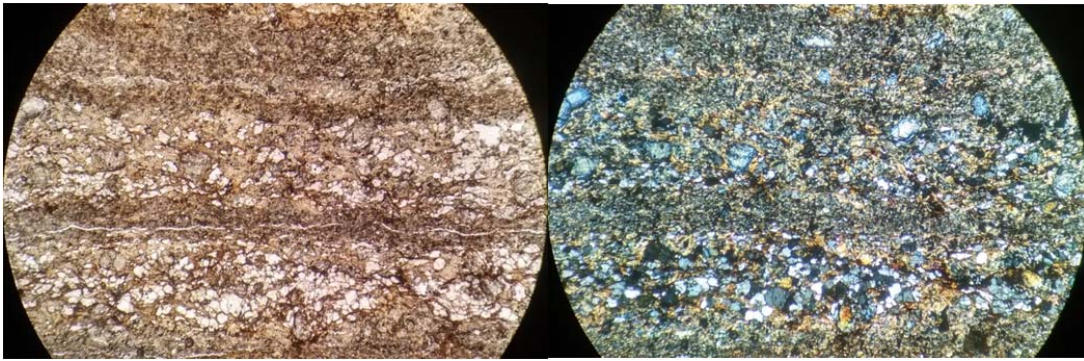


Figura 8.1.4.2.2 Muestra de bandas cuarcíferas remanentes (R: 2 mm).

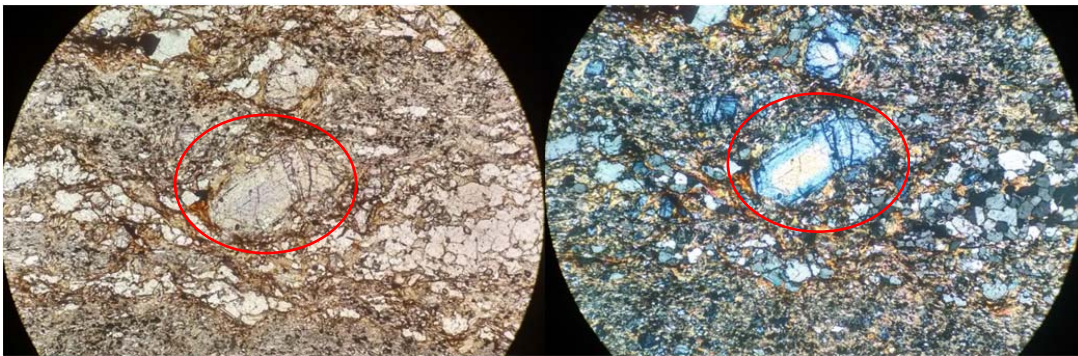


Figura 8.1.4.2.3 Muestra de cristal de clinozoisita (demarcado con círculo rojo) junto a una banda cuarcífera remanente (R: 1 mm).

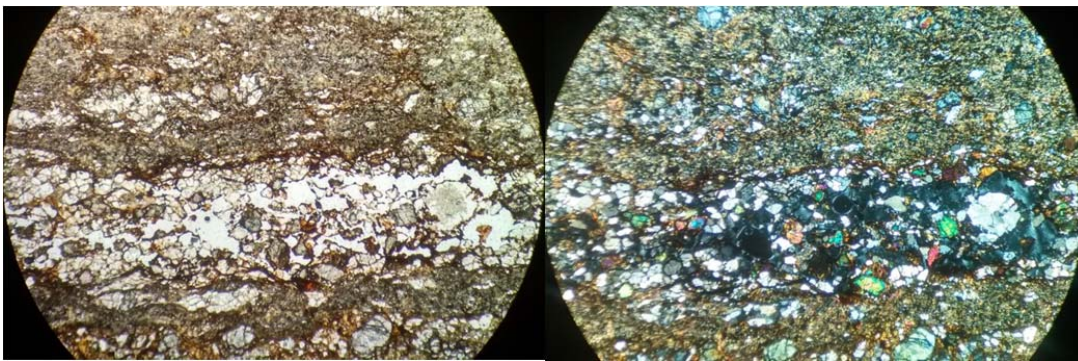


Figura 8.1.4.2.4 Error en manufactura del corte muestra banda isotropa en una dirección aparte a la de la foliación principal, no confundir (R: 2 mm).



8.1.4.3 CM1-04-20

<b>Nombre:</b>	Metapelita de hematita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Se encuentran como agregados poligonales de bordes de grano muy irregulares formando bandas cuarcíferas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz junto a la foliación asociados a las bandas lepidoblásticas, y cristales de tamaño de grano fino-medio siendo reemplazados por micas blancas.		
Mica blanca	Se encuentran como cristales de tamaño muy fino formando bandas lepidoblásticas y también se encuentra reemplazado plagioclasas relictas.		
Biotita	Junto a las micas blancas forman bandas lepidoblásticas.		
Clorita	Cristales de hábito tabular forman parte de las bandas lepidoblásticas.		
Cx <0.001mm	Cristales de coloración oscura conformando bandas milimétricas que siguen la dirección de foliación principal.		
Óxido de Fe	Se muestran en tonalidades rojizas asociados a planos de cizalle.		
Opaco	Cristales hábito prismático de tamaño de grano muy fino dispersos en la matriz y cristales de tamaño de grano fino-medio de hábito cúbico rojizos.		
<b>Texturas presentes:</b> Lepidoblástica; Granoblástica.			
<b>Estructuras presentes:</b> Clivaje de crenulación; Recristalización dinámica; Foliosiones S2 y S3.			

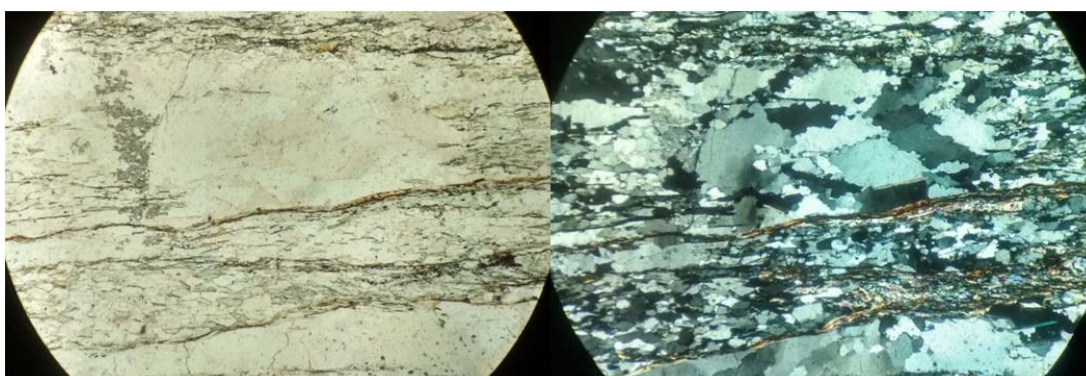


Figura 8.1.4.3.1 Bandas cuarcíferas, cuyos bordes de grano son muy irregulares (R: 2 mm).

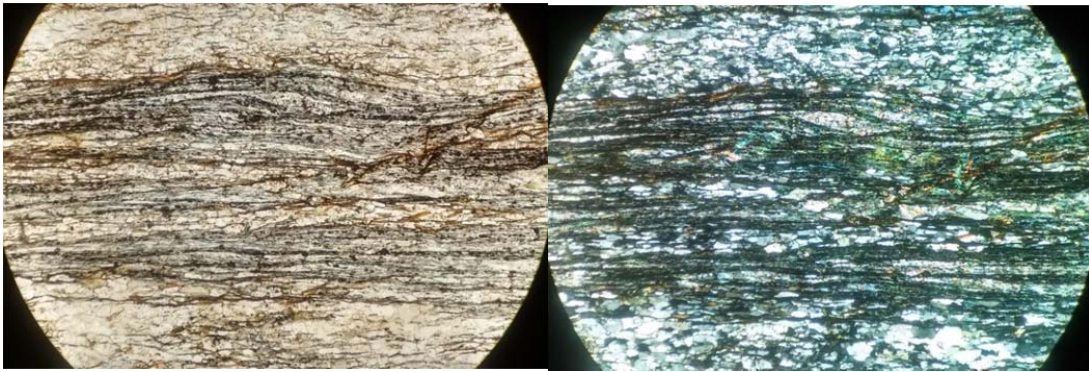


Figura 8.1.4.3.2 Bandas de micas blancas, biotita, clorita, óxidos de hierro, opacos (R: 2 mm).

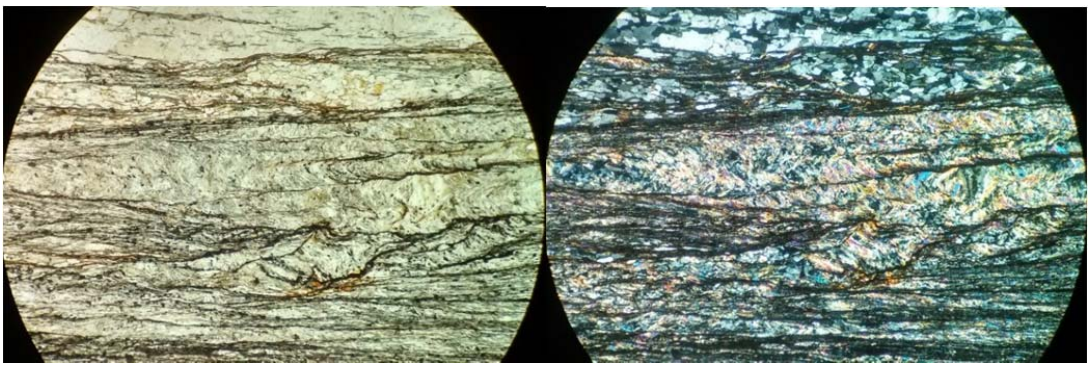


Figura 8.1.4.3.3 Cristal de plagioclasa deformado reemplazado por micas blancas (R: 2 mm).

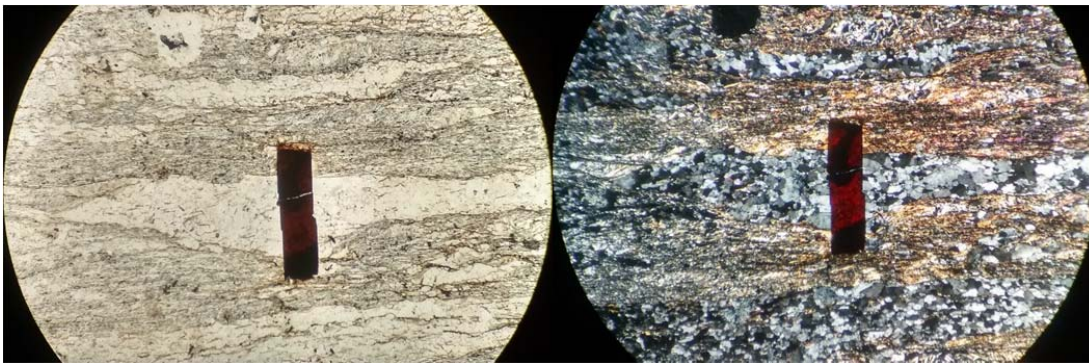


Figura 8.1.4.3.4 Cristales opacos rojizos (R: 2 mm)

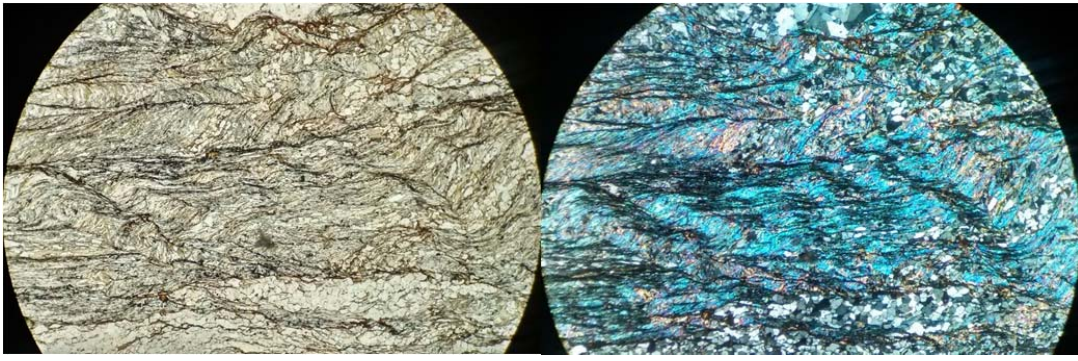


Figura 8.1.4.3.5 Bandas lepidoblásticas deformadas mostrando clivaje de crenulación (R: 2 mm).

8.1.4.4 CM1-05-20

<b>Nombre:</b>	Metapelita de pirita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Se presentan como agregados poligonales de granos cuyo borde es irregular dentro bandas deformadas.		
Mica blanca	Cristales de tamaño muy fino formando bandas lepidoblásticas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano muy fino recrystalizados e inmersos en la matriz.		
Óxido de Fe	Tonalidades café-anaranjadas inmersos en la matriz asociados a planos de cizalle.		
Opaco	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz, y se presentan como cristales de tamaño de grano fino-medio de hábito cúbico con tonalidad rojizas.		
Cx<0.001mm	Cristales de coloración oscura conformando bandas milimétricas que siguen la dirección de foliación principal.		
<b>Texturas presentes:</b> Lepidoblástica; Granoblástica.			
<b>Estructuras presentes:</b> Sombras de presión; Clivaje de crenulación; Recrystalización dinámica.			

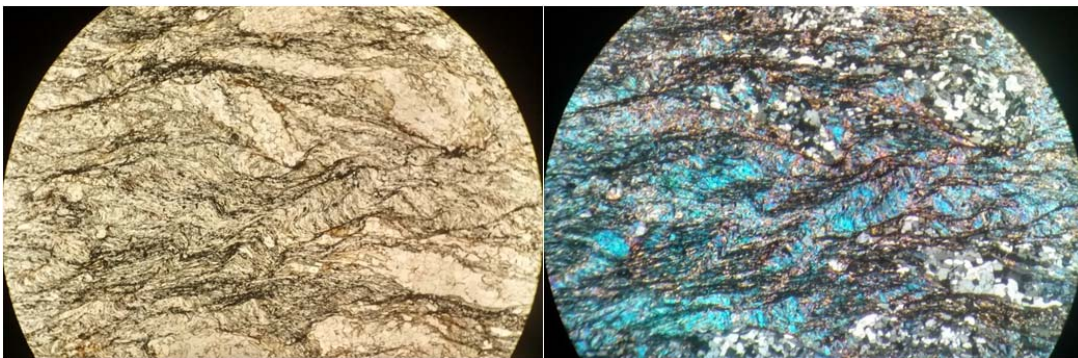


Figura 8.1.4.4.1 Bandas Lepidoblásticas deformadas mostrando clivaje de crenulación (R: 2 mm).

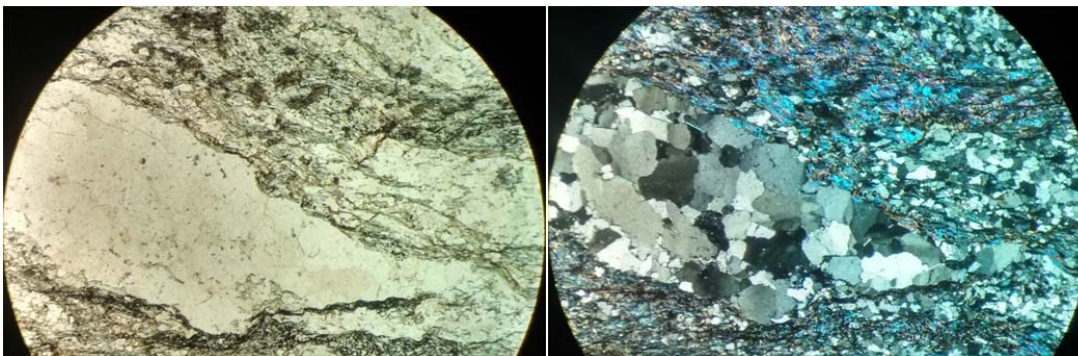


Figura 8.1.4.4.2 Bandas cuarcíferas deformadas (R: 2 mm).

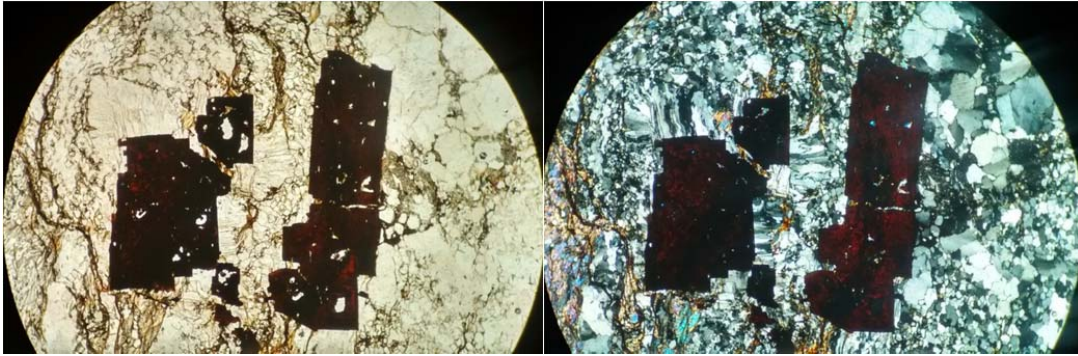


Figura 8.1.4.4.3 Muestra de cristales opacos rojizos en sus bordes se observan sombras de presión (R: 2 mm).

8.1.4.5 CM1-06-20

<b>Nombre:</b>	Metapelita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Se presentan como agregados poligonales dentro de bandas subhorizontales junto a micas.		
Mica blanca	Cristales de tamaño muy fino formando bandas lepidoblásticas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano muy fino recristalizados e inmersos en la matriz.		
Óxido de Fe	Tonalidades café-anaranjadas inmersos en la matriz asociados a planos de cizalle.		
Opaco	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz, y se presentan como cristales de tamaño de grano fino-medio de hábito cúbico con tonalidad rojizas.		
Cx<0.001mm	Cristales de coloración oscura conformando bandas milimétricas que siguen la dirección de foliación principal.		
<b>Texturas presentes:</b> Lepidoblástica; Granoblástica.			
<b>Estructuras presentes:</b> Foliación S2 y S3.			

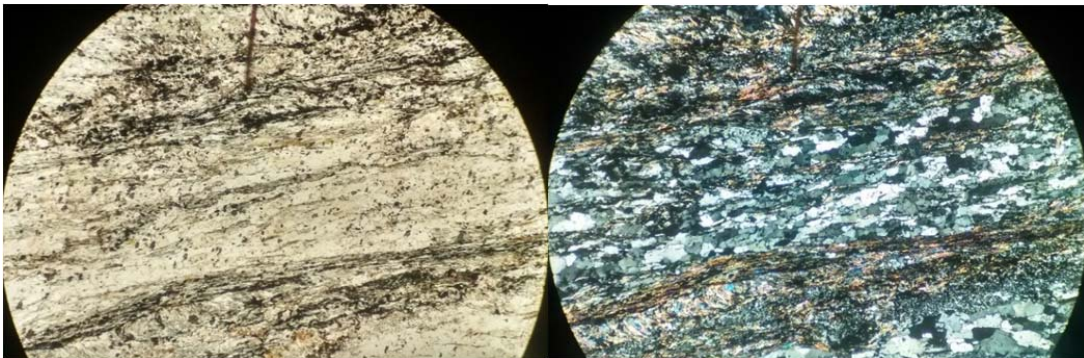


Figura 8.1.4.5.1 Bandas cuarcíferas, donde los porfiroblastos de cuarzo se observan como agregados poligonales de bordes irregulares (R: 2 mm).

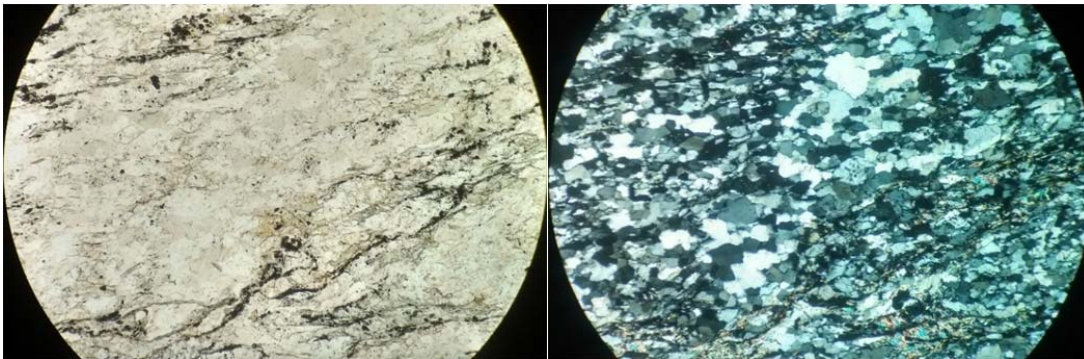


Figura 8.1.4.5.2 Vista de banda granoblástica de cuarzo (R: 2 mm).

## 8.2 Zona 2

### 8.2.1 Muestras -08

#### 8.2.1.1CM2-04-08

<b>Nombre:</b>	Traquita	<b>Protolito:</b>	Alcalino
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Plagioclasa	Se presentan como microlitos de tamaño muy fino los cuales constituyen la matriz y se presentan como porfiroclastos de tamaño fino-medio fracturados.		
Cuarzo	Se presentan rellenando vetillas sin bordes definidos, asociado a biotita y a pistacita, y como cristales de tamaño muy fino entre la matriz en menores cantidades que las plagioclasas presentes.		
Opacos	Se presentan como cristales anestructurales de tamaño muy fino con forma redondeada y disposición aleatoria en grandes cantidades dentro de la matriz.		
Biotita	Se presentan como cristales de hábito tabular de grano muy fino dentro de la matriz, con un pleocroismo fuerte en tonalidades verdes a verde oscuro, el cual se asocia a una cloritización.		
Pistacita	Cristales de tamaño muy fino amarillos, de alto relieve, asociados a cuarzo dentro de vetillas, y a los porfiroclastos de plagioclasa.		
Titanita	Cúmulos de cristales de tamaño muy fino asociados a plagioclasas.		
Óxidos de Fe	Rellenando vetillas y como parte de la oxidación de minerales, como actinolitas.		
<b>Texturas presentes:</b> Traquítica.			
<b>Estructuras presentes:</b> Fracturamiento en los porfiroclastos de plagioclasa.			

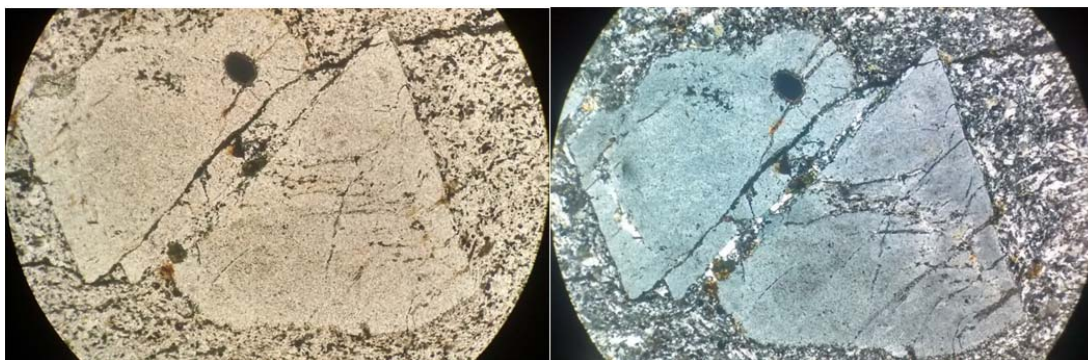


Figura 8.2.1.1.1 Porfiroclastos de plagioclasa fracturados (R: 1 mm).



Figura 8.2.1.1.2 Porfiroclastos de plagioclasas fracturados (R: 1 mm).

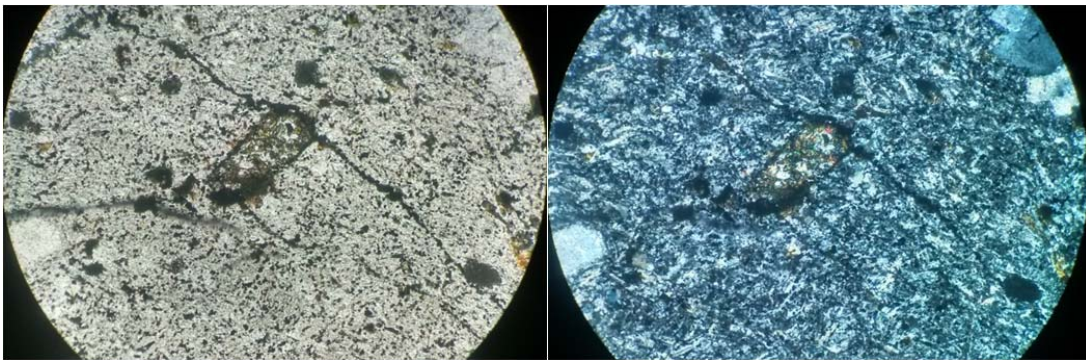


Figura 8.2.1.1.3 Vista de cristales de pistacita (R: 1 mm).



8.2.1.2 CM2-05-08

<b>Nombre:</b> Traquita		<b>Protolito:</b> Alcalino
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>	
Plagioclasas	Como microlitos orientados de tamaño muy fino, y como porfiroclastos de mayor tamaño fracturados y siendo medianamente reemplazados por micas blancas.	
Cuarzo	Como agregados poligonales en vetillas presentando bordes irregulares y están asociados a micas blancas.	
Mica blanca	Aparece asociada a plagioclasas y vetillas de cuarzo, y como relleno de vetillas.	
Opacos	Aparecen como relleno de vetillas, diseminados en la matriz de tamaño muy fino (en menor medida asociados a cuarzo y mica blanca) y como cristales de mayor tamaño y coloración rojiza.	
Pistacita	Se presenta asociada porfiroclastos de plagioclasa de mayor tamaño.	
<b>Texturas presentes:</b> Traquítica		
<b>Estructuras presentes:</b> Recristalización dinámica en las vetillas de cuarzo		

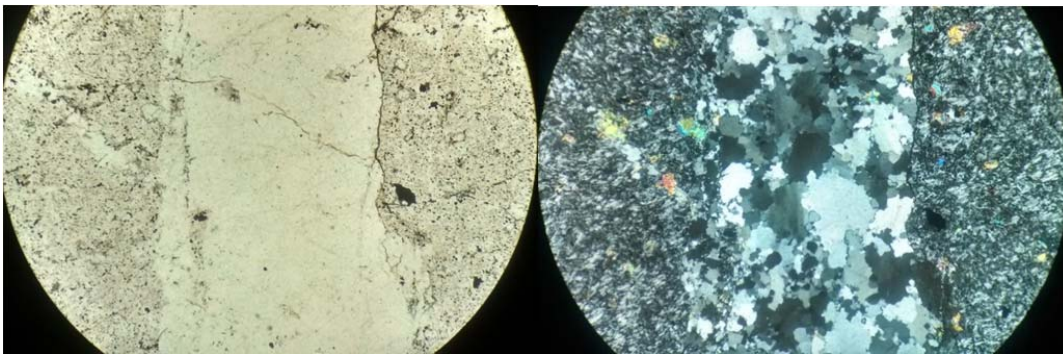


Figura 8.2.1.2.1 Vetillas de cuarzo de bordes irregulares asociados a mica blanca (R: 2 mm).

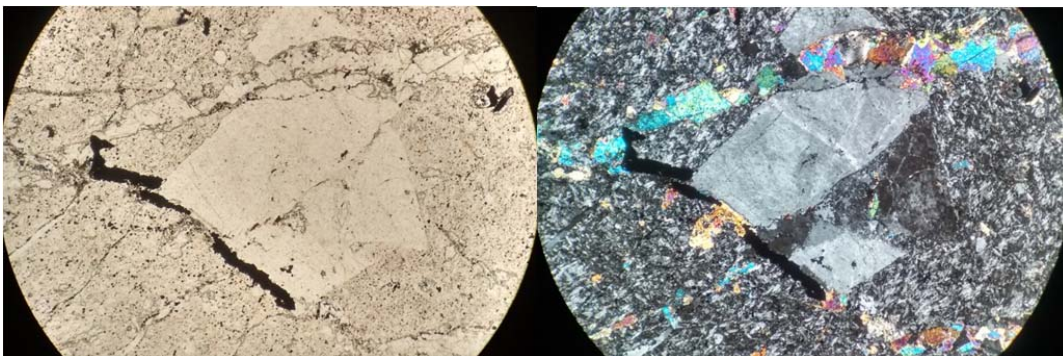


Figura 8.2.1.2.2 Porfiroclastos de plagioclasas fracturados, acompañados de vetillas rellenas por micas blancas y minerales opacos (R: 2 mm).

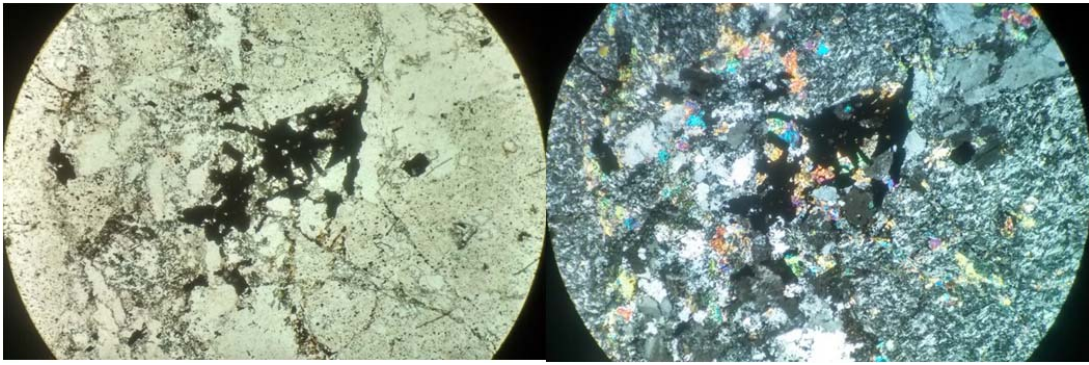


Figura 8.2.1.2.3 Vista de cristal opaco (leve coloración rojiza) deformado (R: 2 mm).

8.2.1.3 CM2-06-08

<b>Nombre:</b>	Metabasita de clinozoisita	<b>Protolito:</b> Básico
<b>Facie:</b>	Esquistos verdes	
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>	
Anfíbola	Aparecen asociadas a plagioclasa como cristales prismáticos de tamaño de grano muy fino de hábito fibroso.	
Plagioclasa	Porfiroclastos recristalizados de tamaño muy fino de baja integridad, anestructurales, asociados a epidota incoloro de c.i. azules (zoisita y/o clinozoisita).	
Clinozoisita	Cristales anhedrales de alta integridad, alto relieve y de un tamaño de grano fino. Se presentan también de menor tamaño asociados a plagioclasas mediante procesos de saussuritización.	
Clorita	Cristales tabulares grano muy fino con c.i. de primer orden, asociados a actinolita.	
Mica blanca	Cristales tabulares grano muy fino asociados mayoritariamente anfíbola, como reemplazo de plagioclasas y junto a cristales opacos.	
Titanita	Cúmulos de cristales asociados a plagioclasas.	
Opacos	Aparecen como cristales de hábito cúbico con tonalidades rojizas.	
Ox Fe	Aparece como relleno de vetillas.	
<b>Texturas presentes:</b> Poiquilitica; Nematoblástica; de reacción.		
<b>Estructuras presentes:</b> Planos de foliación deformados/crenulados, muestran granulometría menor, podrían corresponder a planos de cizalle.		

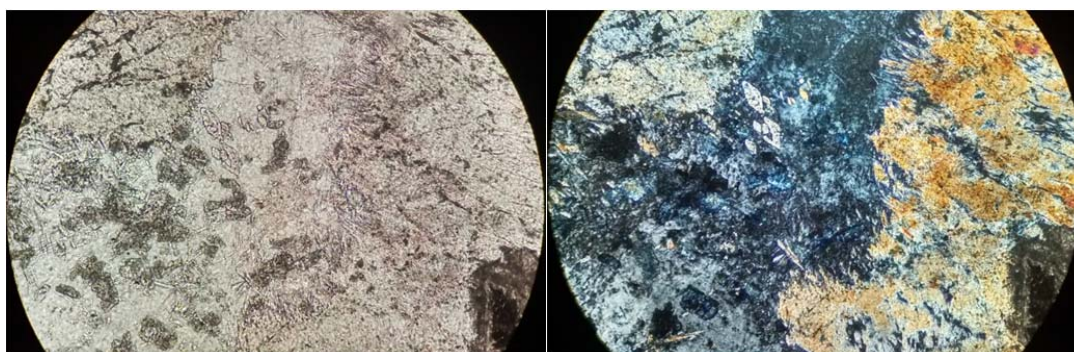


Figura 8.2.1.3.1 Vista de cristales de anfíbola de tamaño muy fino asociada a plagioclasa, y en contacto a ella a la derecha, una anfíbola de tamaño de grano fino (R: 0.5 mm).

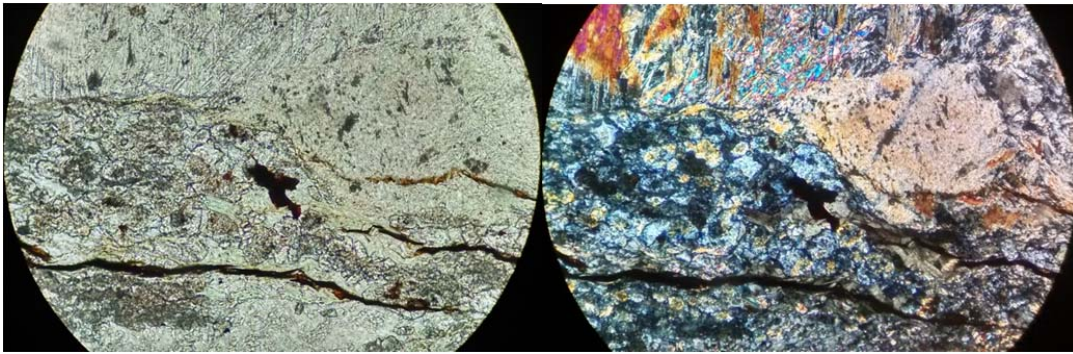


Figura 8.2.1.3.2 Clinzoisita asociada a clorita, opacos, anfíbola y mica blanca, junto a una vetilla de óxido de hierro (R: 0.5 mm).

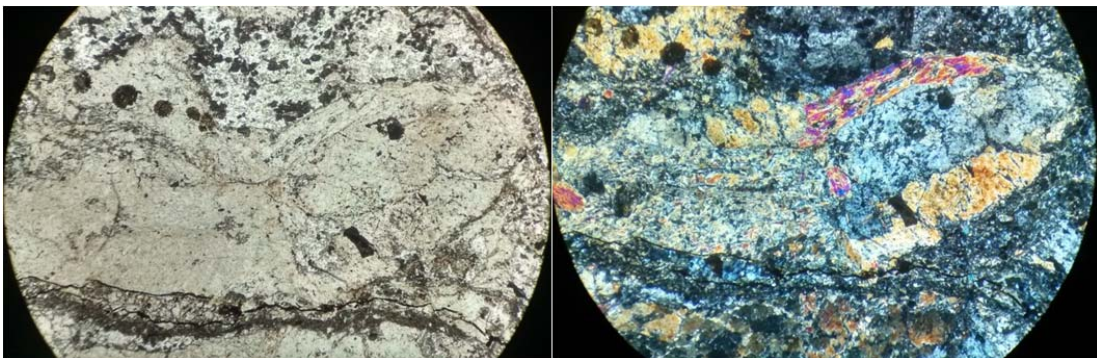


Figura 8.2.1.3.3 Reemplazo de clasto por anfíbola, mica blanca, clorita, plagioclasa, opacos, clinzoisita (R: 2 mm).

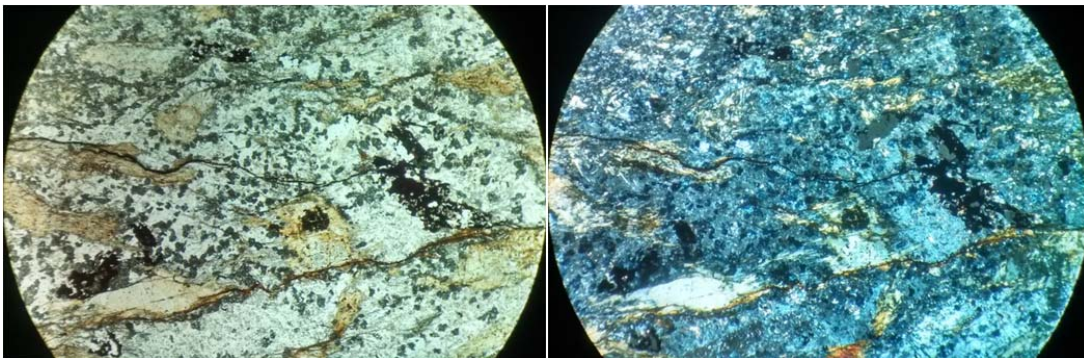


Figura 8.2.1.3.4 Vista de opacos (R: 2 mm).

8.2.1.4 CM2-08-08

<b>Nombre:</b> Traquita deformada		<b>Protolito:</b> Alcalino
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>	
Plagioclasa	Porfiroclastos deformados de tamaño de grano fino-medio asociados a epidota.	
Epidota	Cristales de tamaño de grano muy fino de color amarillo-incoloro, anestructurales de baja integridad, en la matriz y rellenando vetillas junto a cuarzo.	
Clinzoisita	Cristales de tamaño de grano muy fino, incoloros, de baja integridad.	
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz, o bien siguiendo una orientación preferente que supone la existencia de vetillas relictas.	
Mica blanca	Cristales dentro de matriz de tamaño de grano muy fino, asociados a cuarzo.	
Clorita	Cristales de hábito tabular de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.	
Opacos	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz.	
<b>Texturas presentes:</b> Poiquilitica; Granoblástica; de reemplazo.		

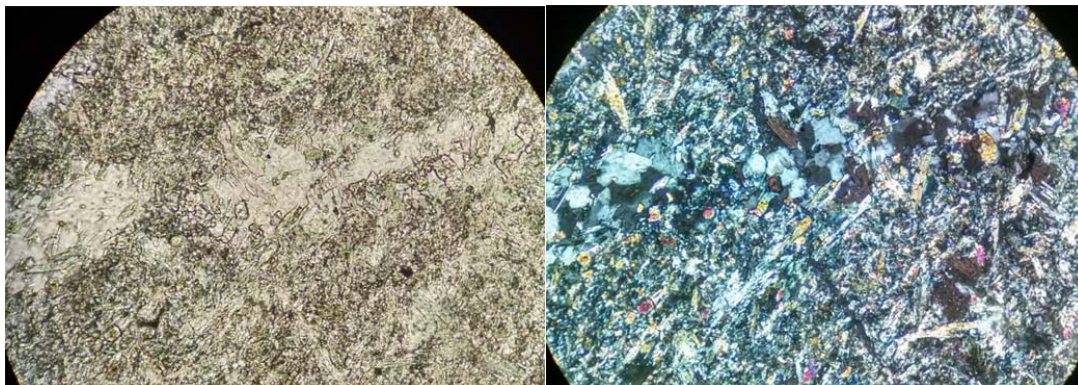


Figura 8.2.1.4.1 Vista de vetilla de cuarzo relictas (R: 0.5 mm).

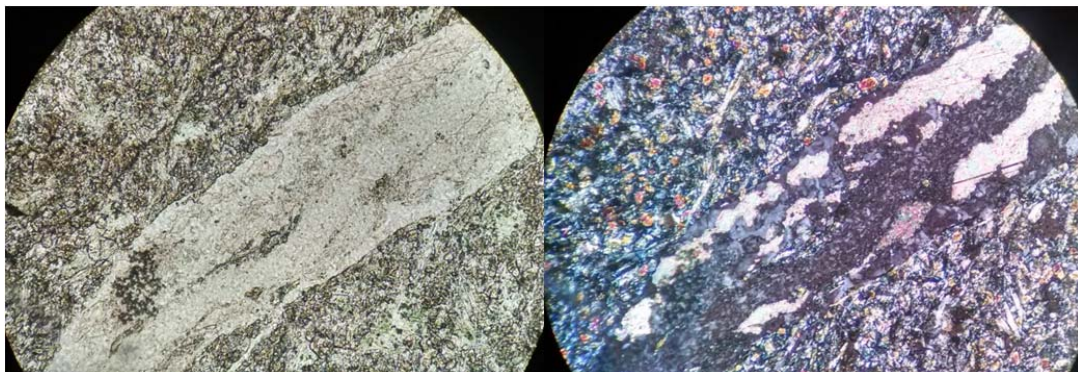


Figura 8.2.1.4.2 Vista de porfiroclasto de plagioclasa deformado (R: 0.5 mm).

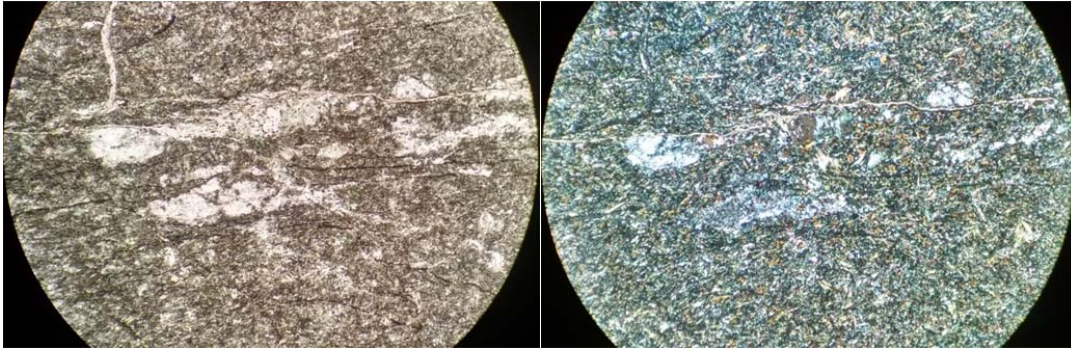


Figura 8.2.1.4.3 Vista de porfiroclastos de plagioclasa alargados y deformados (R: 2 mm).

8.2.1.5 CM2-09-08

<b>Nombre:</b>	Metagranodiorita (?)	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales prismáticos de tamaño de grano fino presentan un hábito tabular o y/o fibroso inmersos en la matriz. Presentan un color verde claro, y en ocasiones un color verde azulado muy leve.		
Plagioclasa	Cristales de tonalidades grises de tamaño de grano fino.		
Epidota	Cristales de tamaño de grano fino redondeados de color amarillo-incoloro, anestructurales de baja integridad, dispuestos en mayores cantidades dentro de la matriz, a veces se presentan en cúmulos, asociados a actinolitas y a clinozoisita.		
Clinozoisita	Cristales de tamaño de grano fino, incoloros, asociados a pistacita.		
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano fino inmersos en la matriz aleatoriamente, o rellenando vetillas como agregado poligonal.		
Mica blanca	Cristales de tamaño de grano muy fino, dispuestos dentro de la matriz, asociados a cuarzo.		
Clorita	Cristales de hábito tabular de tamaño muy fino inmersos en la matriz.		
Opacos	Se presentan de tamaño de grano fino, coloración rojiza, forma cúbica. Y se presentan inmersos en la matriz cristales anhedrales de tamaño muy fino.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; Granoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Vetillas de cuarzo muestran una Recristalización dinámica; Vetillas de cuarzo-zoisita.			

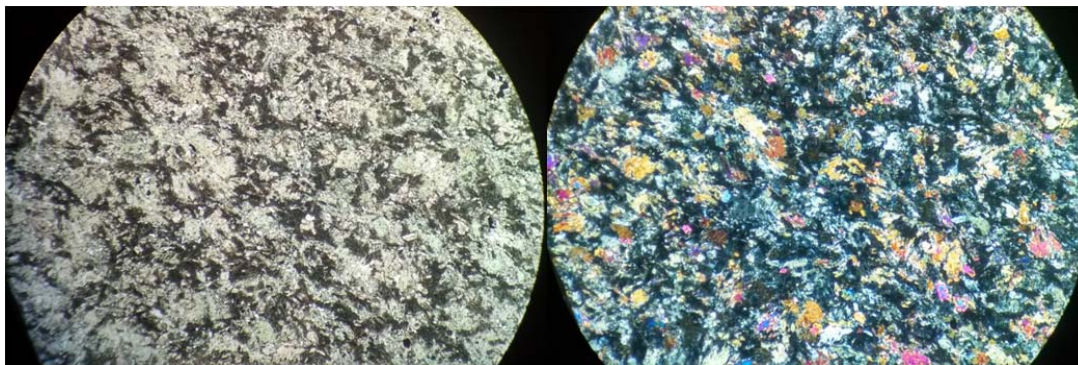


Figura 8.2.1.5.1 Anfíbolos y plagioclasas, no mostrando una orientación aparente en la disposición de ellos (R: 2 mm).

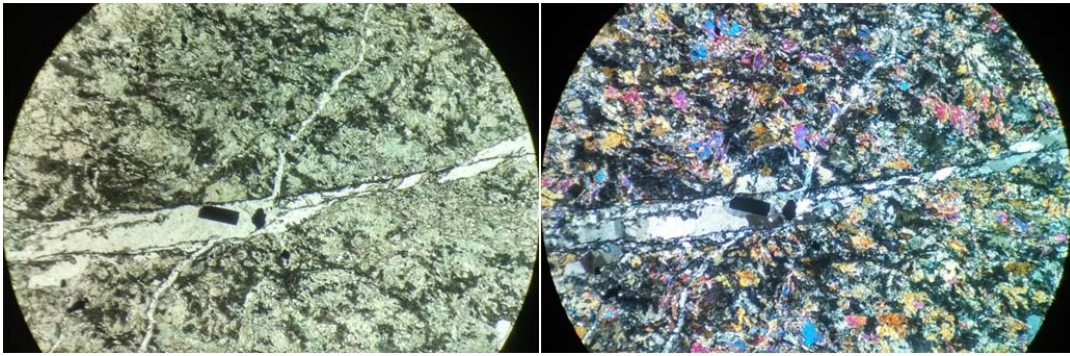


Figura 8.2.1.5.2 Cristales opacos cúbicos dentro de vetillas de cuarzo (R: 2 mm).

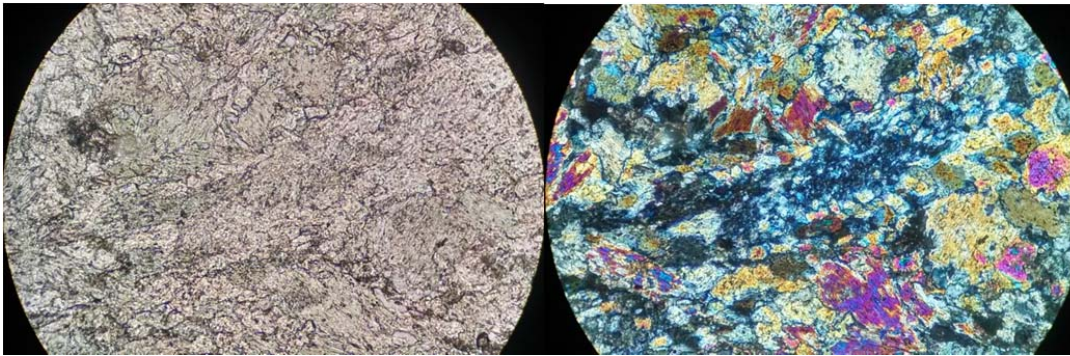


Figura 8.2.1.5.3 Vista de cristales de anfíbola, epidota (pistacita), clinozoisita (R: 0.5 mm).

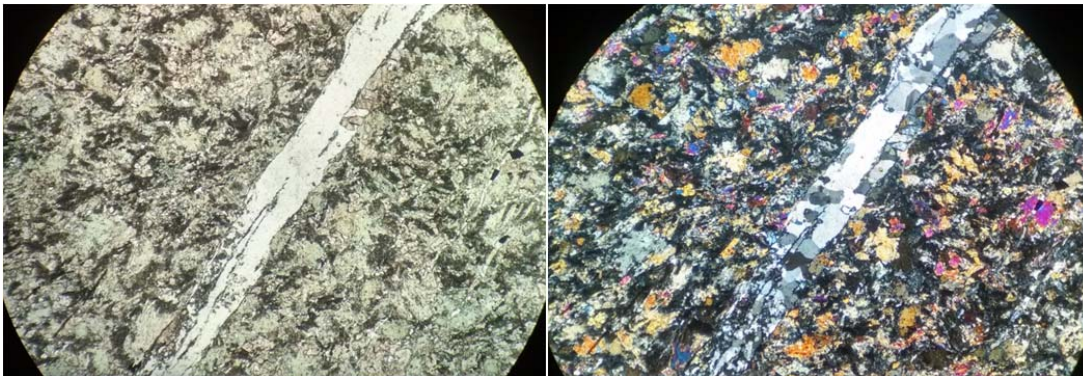


Figura 8.2.1.5.4 Muestra de vetilla de cuarzo poligonal (R: 2 mm).



8.2.1.6 CM2-12-08

<b>Nombre:</b>	Metagranodiorita (?)	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde - Anfibolita		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales tabulares de tamaño fino, levemente orientados, de color verde a verde azulado.		
Plagioclasa	Se observan en tonalidades grises, y como cúmulos asociados a clinozoisita.		
Epidota	Cristales anhedrales de relieve alto y baja integridad, tamaño de grano muy fino, se presenta en menores cantidades como parte de la matriz, asociada a plagioclasa y anfíbola.		
Cuarzo	Cristales anhedrales dispuestos en la matriz.		
Titanita	Cúmulos de cristales de tamaño muy fino asociados a plagioclasas.		
Opacos	Cristales anhedrales de tamaño muy fino, pueden presentar forma cúbica.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reemplazo.			
<b>Estructuras presentes:</b> Foliación S2.			

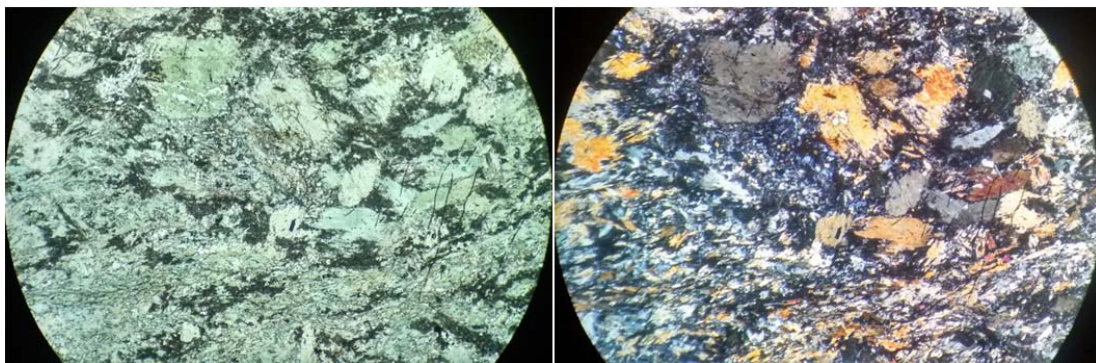


Figura 8.2.1.6.1 Vista de cristales de anfíbolas (R: 2 mm).

### 8.3 Zona 3

#### 8.3.1 Muestras -11

##### 8.3.1.1 CM3-01-11

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico de plagioclasa	<b>Protolito:</b> Gabro/Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde	
Mineral	Ocurrencia	
Anfíbola	Cristales de color verde-verde azulado de tamaño de grano fino, demarcando una textura nematoblástica.	
Plagioclasa	Clastos de tamaño de grano fino, siguen la dirección de foliación principal, y se presentan como porfiroclastos de tamaño de grano fino-medio en contacto con las vetillas de cuarzo bajo una textura mirmequítica.	
Cuarzo	Cristales anhedrales de tamaño de grano muy fino dispuestos en la matriz y como agregado poligonal en vetillas.	
Clinzoisita	Cristales anhedrales de alta integridad, alto relieve y de un tamaño de grano fino. Se presentan también de menor tamaño asociados con plagioclasas mediante procesos de saussuritización.	
Opaco	Siguen la dirección de foliación principal (alargados o redondeados) de tamaño de grano muy fino, donde los bordes de grano son muy irregulares y de coloración rojiza.	
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reacción; granoblástica.		
<b>Estructuras presentes:</b>		
- Recristalización dinámica en los granos de cuarzo dentro de vetillas.		

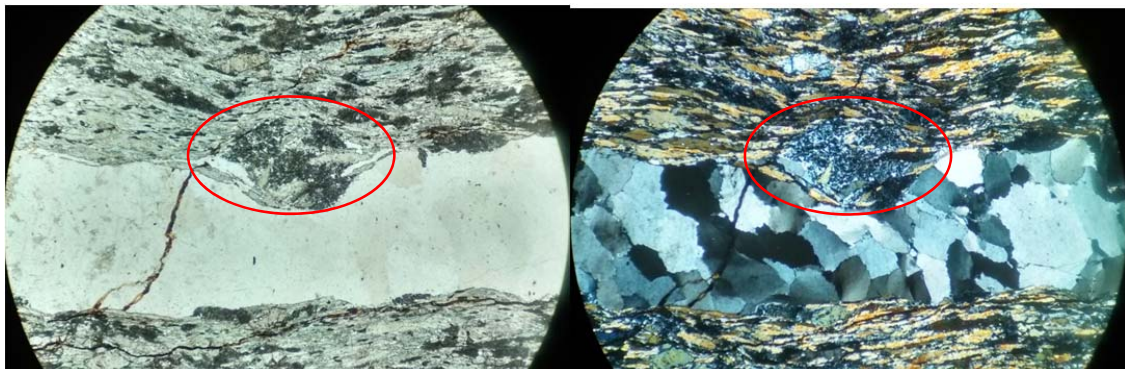


Figura 8.3.1.1.1 Porfiroclastos de plagioclasa deformados (demarcados con un círculo rojo) en bordes de vetillas, las que siguen la dirección principal de foliación (R: 2 mm).

8.3.1.2 CM3-02-11

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Gabro/Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino ed color verde-verde azulado, demarcando una textura nematoblástica.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño de grano fino, siguen la dirección principal de foliación.		
Cuarzo	Cristales anhedrales de tamaño de grano muy fino dispuestos en la matriz y aparece como un agregado poligonal dentro de vetillas.		
Clinzoisita	Cristales anhedrales de alta integridad, alto relieve y de un tamaño de grano fino. Se presentan también de menor tamaño asociados con plagioclasas mediante procesos de saussuritización.		
Opacos	Cristales de bordes muy irregulares y de coloración rojiza.		
Clorita	Cristales incoloros de tamaño de grano fino, color de interferencia café, asociado a anfíbolos.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reacción.			
<b>Estructuras presentes:</b>			
- Recristalización dinámica en los granos de cuarzo dentro de vetillas.			

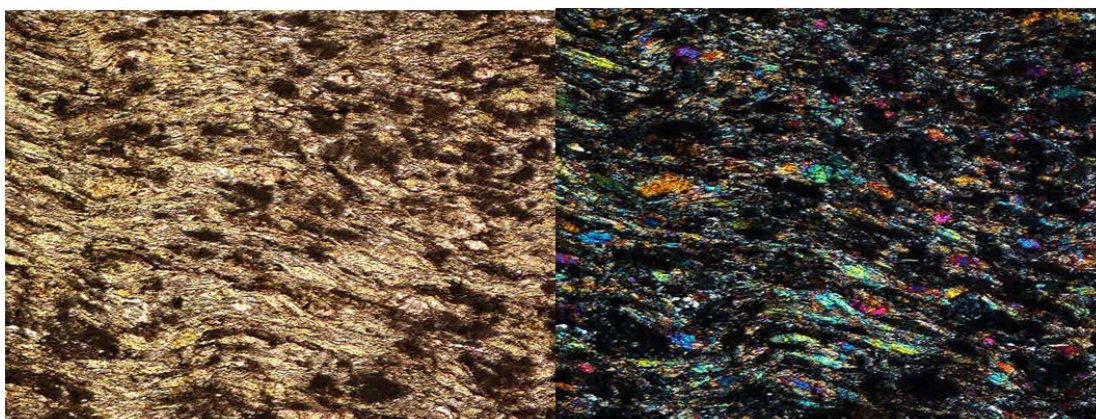


Figura 8.3.1.2.1 Vista general del corte donde se observa la foliación principal (R: 1 mm).

8.3.1.3 CM3-03-11

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Gabro/Basalto
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino, demarcando una textura nematoblástica y parte externa en estructuras core-and-mantle.		
Plagioclasa	Aparece como clastos de tamaño de grano fino, siguen la dirección principal de foliación junto a cristales de clinozoisita y epidota.		
Cuarzo	Cristales anhedrales de tamaño de grano muy fino dispuestos en la matriz y se observa como un agregado poligonal dentro de vetillas.		
Clinozoisita	Cristales anhedrales de alta integridad, alto relieve y de un tamaño de grano fino. Se presentan también de menor tamaño asociados con plagioclasas mediante procesos de saussuritización.		
Opaco	Cristales de tamaño de grano muy fino, cuyos bordes de grano son muy irregulares y de coloración rojiza.		
Epidota	Dentro de las estructuras core-and-mantle asociado a clinozoisita.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reacción.			
<b>Estructuras presentes:</b>			
- Estructuras core-and-mantle, formadas por clastos de plagioclasa o por parte del protolito anterior a la deformación principal.			

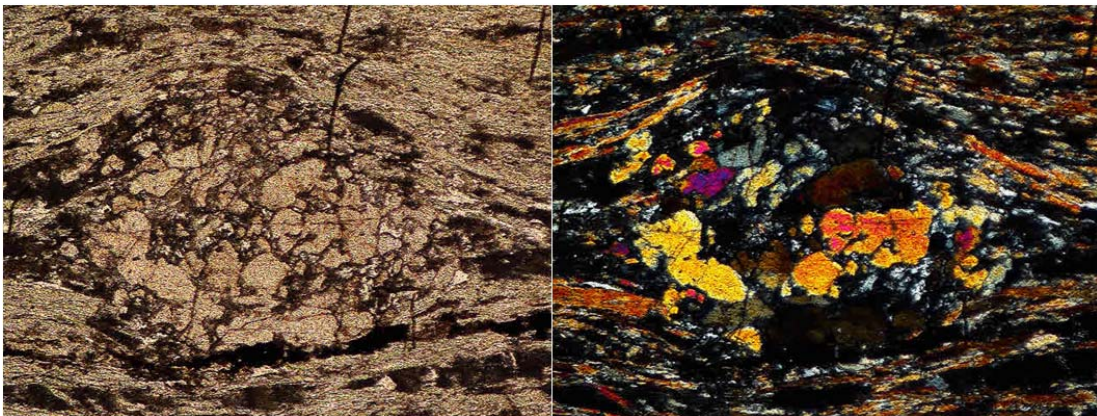


Figura 8.3.1.3.1 Estructura core-and-mantle definido en su parte interna por porfiroblastos de cuarzo-epidota.

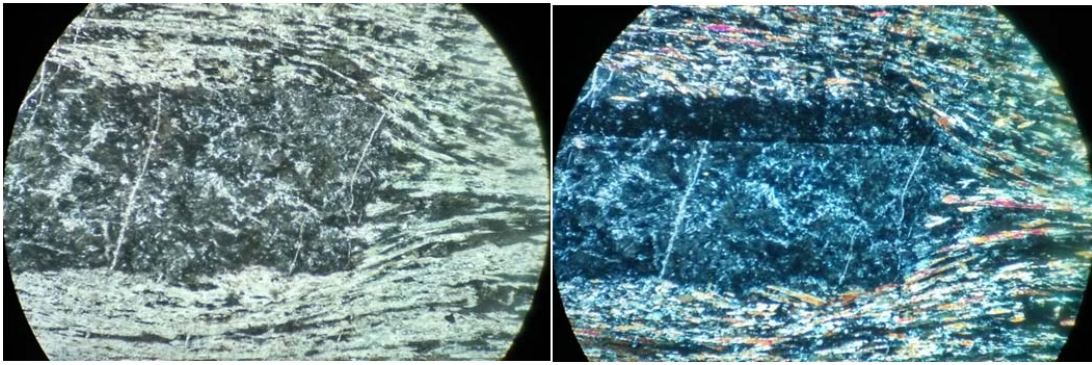


Figura 8.3.1.3.2 Muestra de estructura peces minerales en un porfiroclastos de plagioclasa (R: 2 mm).

8.3.1.4 CM3-04-11

<b>Nombre:</b>	Esquisto actinolítico	<b>Protolito:</b>	Básico
<b>Facie:</b>	Esquisto verde		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Anfíbola	Cristales de tamaño de grano fino, demarcando una textura nematoblástica. Presentan una coloración verde-azulado.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño de grano fino, siguen la dirección principal de foliación junto a cristales de clinzoisita y epidota.		
Cuarzo	Cristales anhedrales de tamaño de grano muy fino dispuestos en la matriz y aparece como agregado poligonal dentro de vetillas.		
Clinzoisita	Cristales anhedrales de alta integridad, alto relieve y de un tamaño de grano fino. Se presentan también de menor tamaño asociados con plagioclasas mediante procesos de saussuritización.		
Opacos	Cristales de tamaño de grano muy fino, donde sus bordes son muy irregulares y de coloración rojiza.		
<b>Texturas presentes:</b> Nematoblástica; de reacción.			
<b>Estructuras presentes:</b>			
- Foliación principal demarcada por una textura nematoblástica de las actinolitas.			

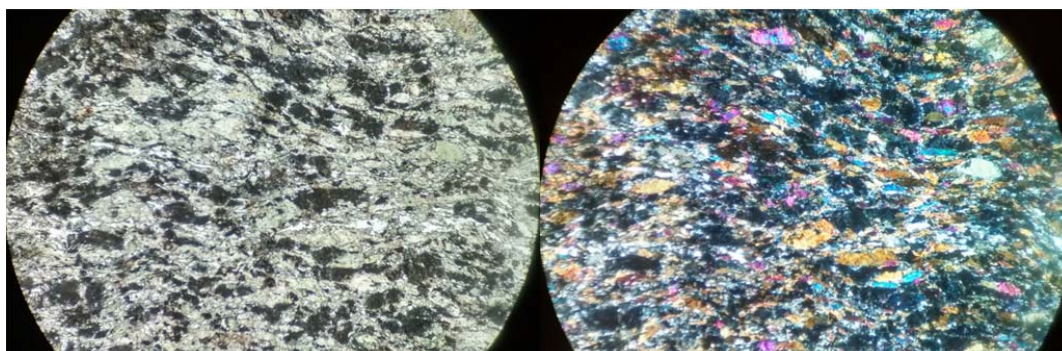


Figura 8.3.1.4.1 Vista general del corte donde se pueden distinguir los cristales de anfíbola y plagioclasas (R: 2 mm).

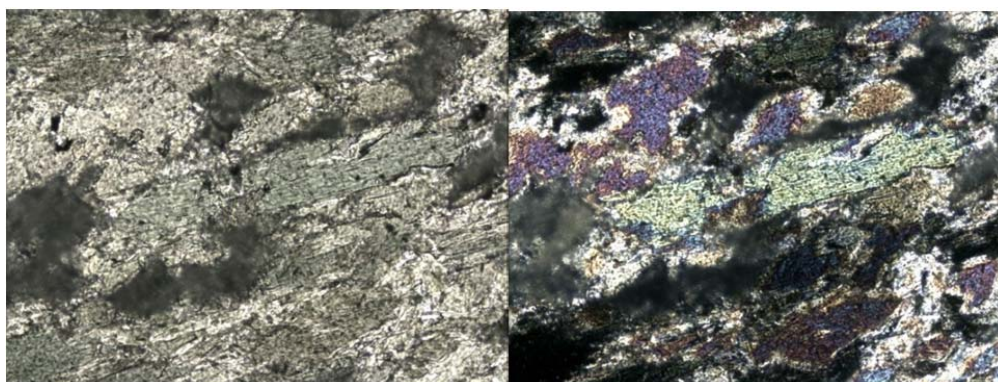


Figura 8.3.1.4. Vista de cristal de anfíbola y sus transiciones de colores dentro del grano (R: 0.5 mm).

## 8.4 Zona 4

### 8.4.1 Muestras -10

#### 8.4.1.1 CM4-01-10

<b>Nombre:</b>	Metapelita de biotita verde	<b>Protolito:</b>	Pelita/Cuarcita
<b>Facie:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano fino a muy fino anhedrales inmersos en la matriz, de alta integridad. Se presenta dentro de vetillas, como agregados poligonales, las cuales cortan o siguen la dirección principal de foliación.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño de grano fino a medio anhedrales de integridad baja, siendo reemplazados por micas blancas.		
Mica blanca	Aparecen reemplazando clastos de plagioclasa y dentro de la matriz como cristales prismáticos de hábito fibroso de tamaño de grano muy fino siguiendo la dirección principal de foliación.		
Biotita	Se presentan como porfiroblastos dentro de la matriz de grano fino siguiendo la dirección principal de foliación y dentro de las vetillas acompañando al cuarzo. Puede presentar un color verde oscuro, el que se asocia a una cloritización.		
Clorita	Asociado a porfiroblastos de biotita como mineral de reemplazo.		
Opacos	Cristales de tamaño de grano muy fino de bordes irregulares observados dentro de la matriz y en vetillas de cuarzo.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas.			
<b>Estructuras presentes:</b>			
- Vetillas que siguen y cortan la foliación principal.			

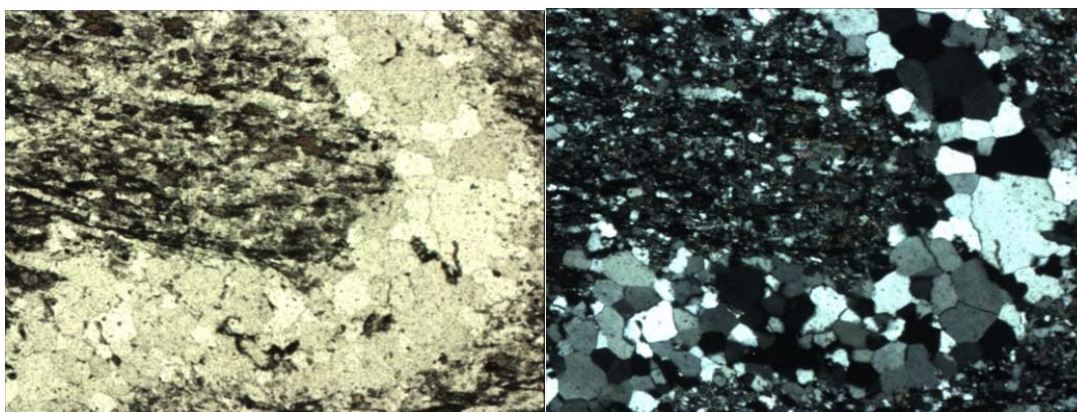


Figura 8.4.1.1.1 Vetilla rellena por cuarzo de bordes irregulares que corta foliación principal (R: 2 mm).

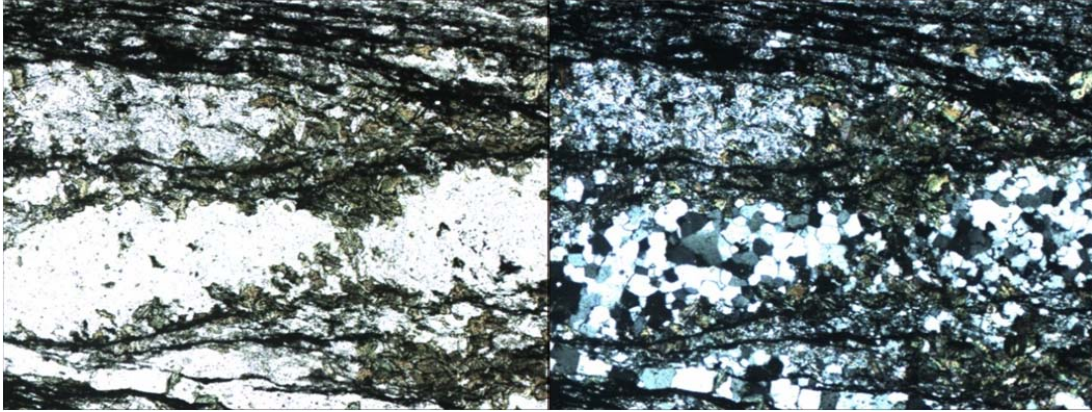


Figura 8.4.1.1.3 Mica blanca sigue la dirección principal de foliación, y biotita (y biotita verde) aparece acompañando las vetillas de cuarzo (R: 2 mm).

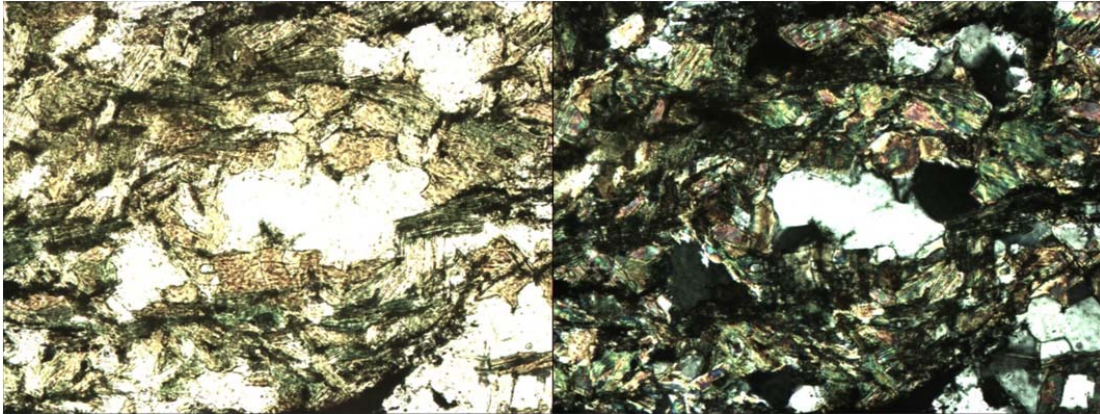


Figura 8.4.1.1.4 Vista de biotitas verdes (R: 0.5 mm).

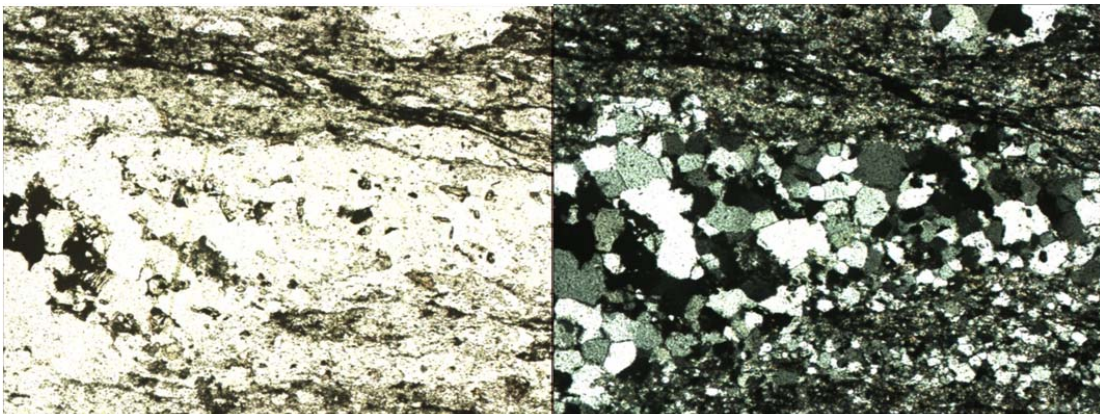


Figura 8.4.1.1.5 Vetillas de cuarzo asociada a micas blancas y a minerales opacos (R: 2 mm).



8.4.1.2 CM4-03-10

<b>Nombre:</b>	Metaarcosa de biotita	<b>Protolito:</b>	Arcosa
<b>Facie:</b>	Grado Bajo		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Constituye la matriz como porfiroclastos de tamaño de grano muy fino y como agregado poligonal dentro de vetillas.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño de grano fino (~0.1mm) anhedrales de integridad baja, siendo reemplazados por micas blancas.		
Mica blanca	Aparecen reemplazando clastos de plagioclasa, y dentro de la matriz como cristales de tamaño de grano muy fino siguiendo la dirección principal de foliación.		
Biotita	Se presentan como porfiroblastos dentro de la matriz de tamaño de grano fino siguiendo la dirección principal de foliación y formando cúmulos.		
Clorita	Asociado a porfiroblastos de biotita como mineral de reemplazo.		
Opacos	Cristales de bordes muy irregulares y de coloración rojiza.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas.			

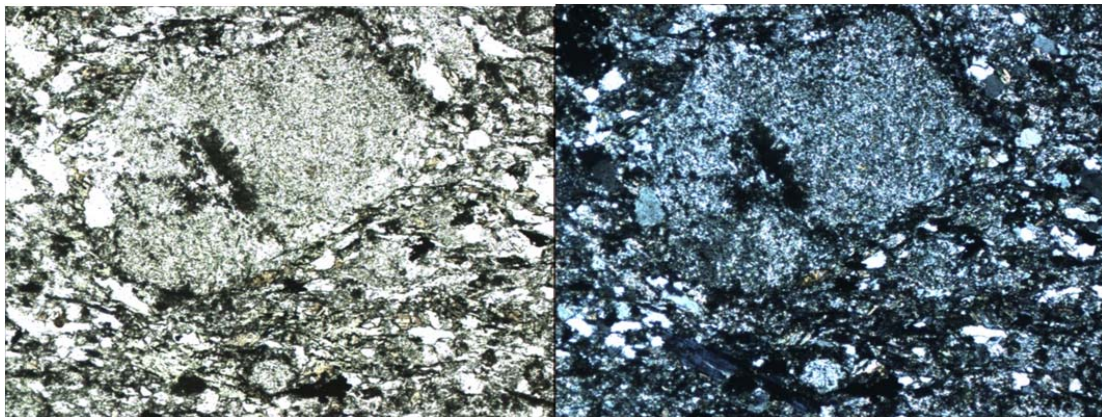


Figura 8.4.1.2.1 Porfiroclastos de plagioclasas anestructurales de baja integridad siendo rellenados por mica blanca (R: 2 mm).

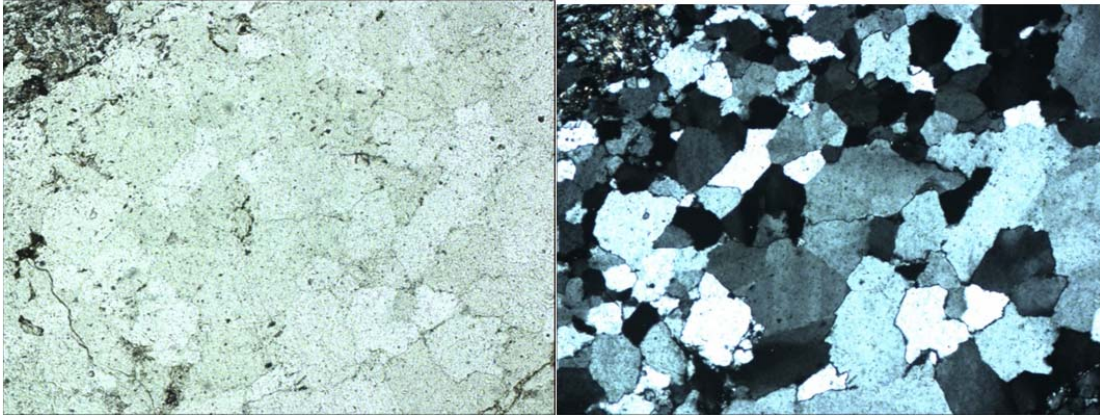


Figura 8.4.1.2.2 Vetilla de cuarzo, donde los clastos presentan un borde irregular, mostrando una cristalización dinámica de grado alto (R: 2 mm).

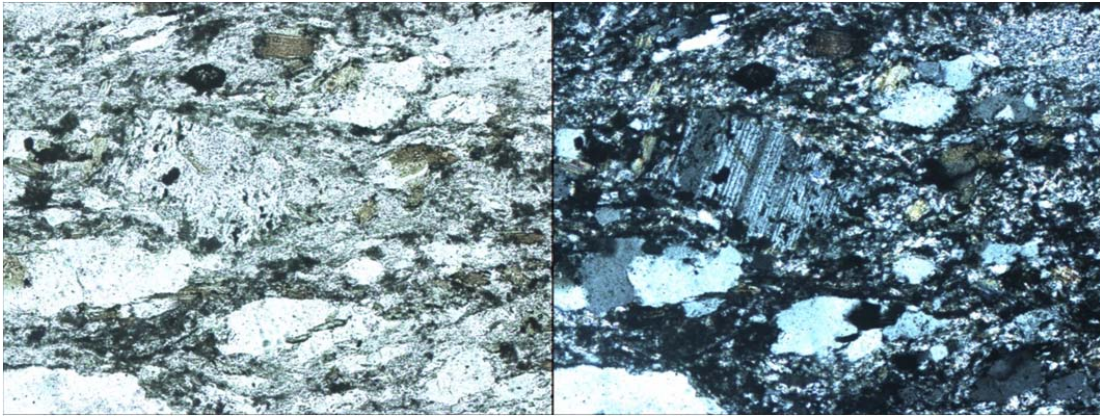


Figura 8.4.1.2.6 Porfiroclastos de plagioclasas anestructurales y de baja integridad (R: 1 mm).

8.4.1.4 CM4-08-10

<b>Nombre:</b>	Metaarcosa de biotita	<b>Protolito:</b>	Arcosa
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Constituye la matriz como porfiroclastos de tamaño muy fino y aparece en agregados poligonales rellenando vetillas.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño fino (~0.1mm) anhedrales de integridad baja, siendo reemplazados por micas blancas en su centro.		
Mica blanca	Aparecen reemplazando clastos de plagioclasa, y dentro de la matriz de grano muy fino siguiendo la dirección principal de foliación.		
Biotita	Se presentan como porfiroblastos dentro de la matriz de grano fino siguiendo la dirección principal de foliación y formando parte de la vetilla junto al cuarzo.		
Clorita	Asociado a porfiroblastos de biotita como mineral de reemplazo.		
Opacos	Cristales de bordes muy irregulares y de coloración rojiza.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas a opacos			

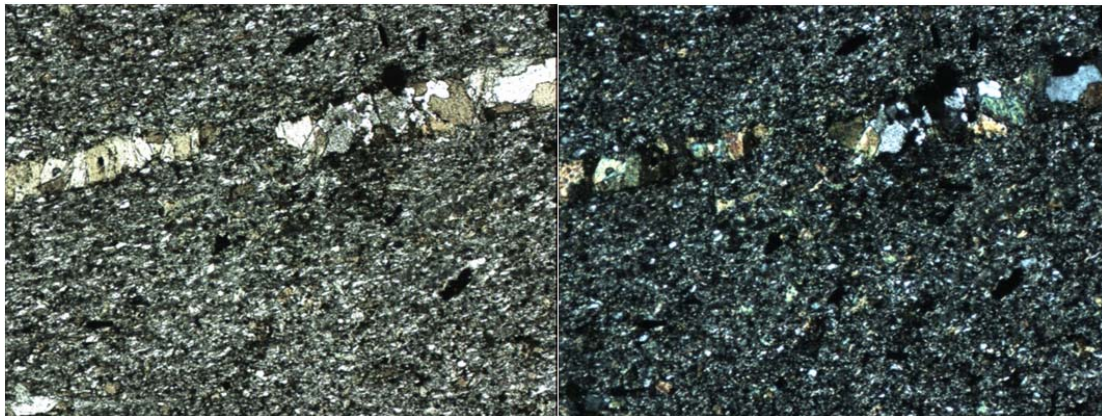


Figura 8.4.1.4.1 Vetilla de biotita y cuarzo, mientras que en la matriz también se observa biotita pervasiva (R: 2 mm)

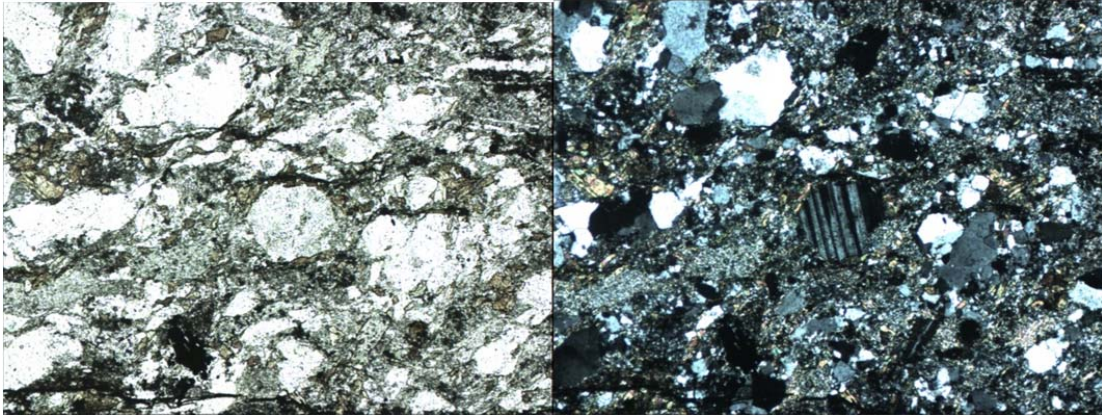


Figura 8.4.1.4.2 Porfiroclasto de plagioclasa, se observa una deformación en su macla (R: 2 mm).

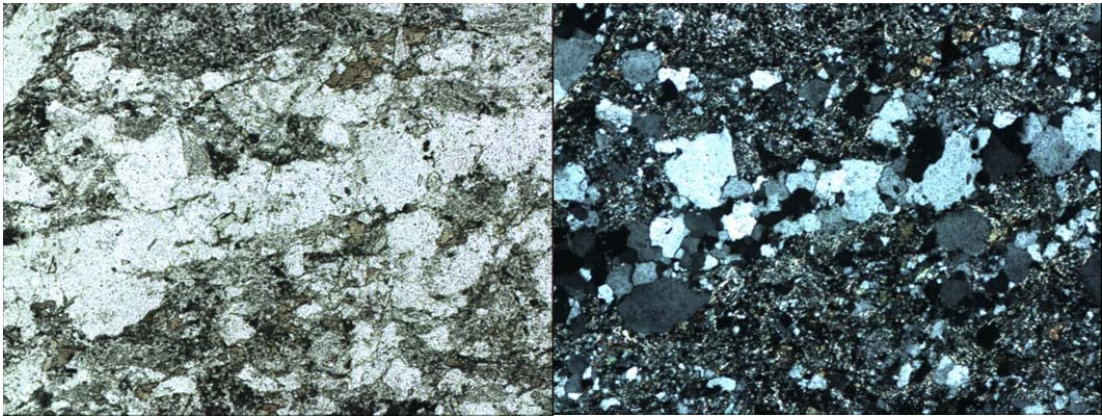


Figura 8.4.1.4.3 Vetillas de cuarzo irregulares, donde sus clastos se presentan con bordes irregulares no poligonales (R: 2 mm).

8.4.2 Muestras -13

8.4.2.1 CM4-01-13

<b>Nombre:</b>	Metacuarcita de biotita	<b>Protolito:</b>	Cuarcita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Constituye la matriz de un tamaño de grano muy fino (~0.01mm), y aparece como clastos de tamaño de grano fino (~0.1mm) anhedrales de bordes irregulares, alta integridad.		
Plagioclasa	Clastos de tamaño fino (~0.1mm) anhedrales de integridad baja, siendo reemplazados por micas blancas en su centro.		
Mica blanca	Aparecen reemplazando clastos de plagioclasa y dentro de la matriz como cristales prismáticos de hábito fibroso, tamaño de grano muy fino de grano muy fino siguiendo la dirección principal de foliación.		
Biotita	Se presentan como porfiroblastos dentro de la matriz de grano fino siguiendo la dirección principal de deformación y formando cúmulos de hasta 3mm.		
Clorita	Asociado a porfiroblastos de biotita como mineral de reemplazo.		
Opacos	Cristales de tamaño de grano muy fino cuyos bordes de grano son muy irregulares y de coloración rojiza.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas a opacos			

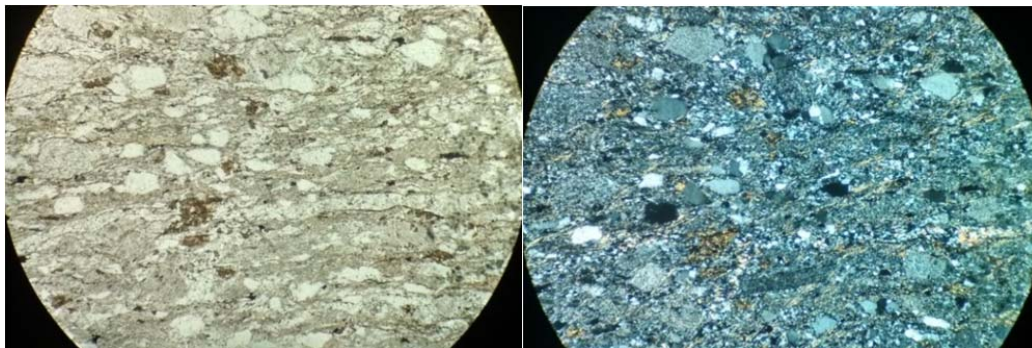


Figura 8.4.2.1.1 Porfiroblastos de biotita siguen la dirección principal de foliación (R: 2 mm).

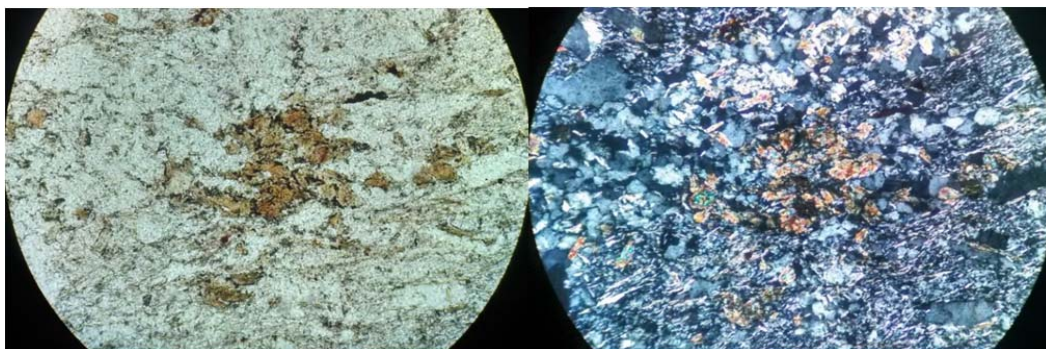


Figura 8.4.2.1.2 Cúmulos de porfiroblastos de biotita (R: 0.5 mm).

8.4.2.2 CM4-02-13

<b>Nombre:</b>	Metapelita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facie:</b>	Grado bajo		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Cristales de tamaño de grano muy fino (~0.01mm) en la matriz.		
Plagioclasa	Clastos totalmente deformados de muy baja integridad siguiendo planos de foliación, se reconocen por su coloración parda oscura a nicoles paralelos.		
Mica blanca	Aparecen como cristales prismáticos de tamaño de grano muy fino dentro de vetillas de cuarzo y como cristales prismáticos de hábito fibroso, con un tamaño de grano muy fino, pervasivamente dentro de la matriz siguiendo la dirección principal de foliación.		
Biotita	Se presentan como cúmulos dentro de vetillas, su coloración verde da indicios de una cloritización en ellas.		
Clorita	Asociado a porfiroblastos de biotita como mineral de reemplazo.		
Opacos	Cristales cuyos bordes de clastos son muy irregulares y de coloración rojiza. También aparecen como rellenos de vetillas irregulares interconectadas que cortan planos de deformación.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas a opacos			
<b>Estructuras presentes:</b> vetillas que cortan la foliación principal o bien la siguen.			

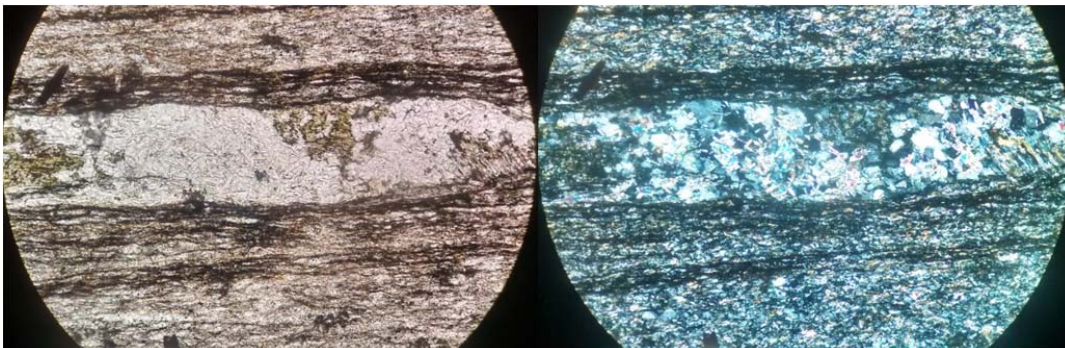


Figura 8.4.2.2.1 Vetilla de cuarzo, junto a micas blancas y biotitas de coloración verde, en sus bordes se observan planos de grano muy fino, que presentan una coloración oscura (R: 0.5 mm).

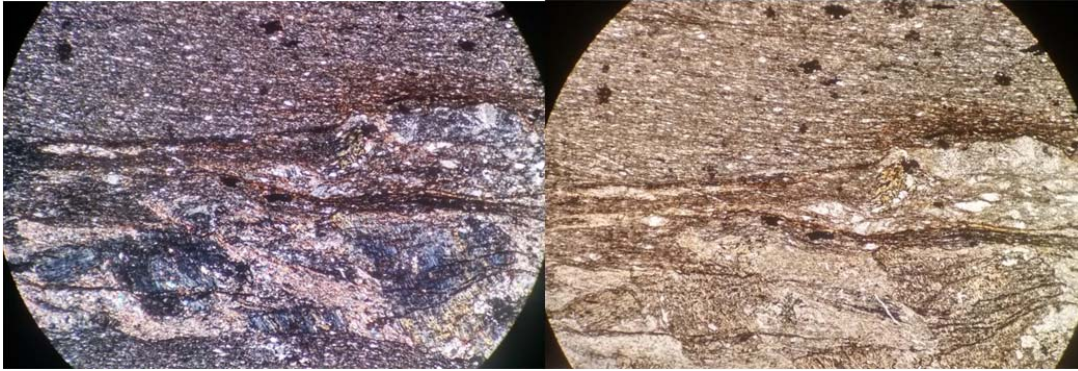


Figura 8.4.2.2.2 Lentes de bandas lepidoblásticas deformadas (R: 2 mm).

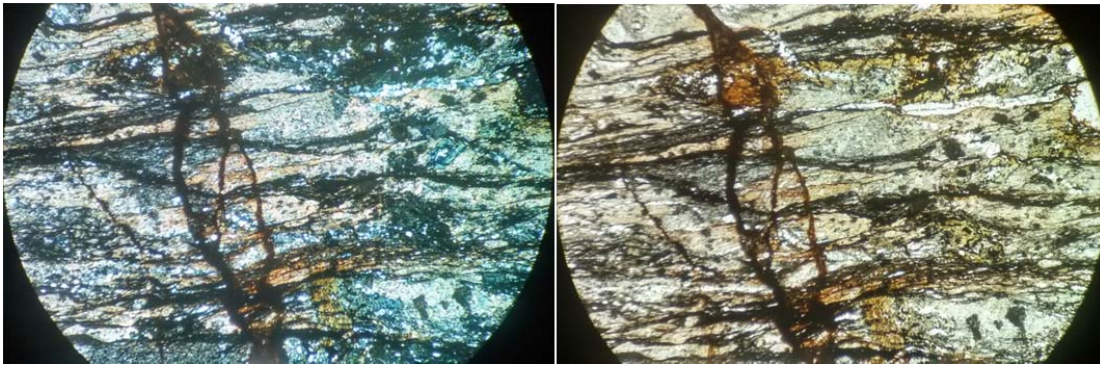


Figura 8.4.2.2.3 Vetillas rellenas por minerales opacos interconectadas de coloración rojiza que cortan los planos de deformación principales (R: 2 mm)

8.4.2.3 CM4-03-13

<b>Nombre:</b>	Metacuarcita de biotita	<b>Protolito:</b>	Cuarcita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
Mineral	Ocurrencia		
Cuarzo	Cristales de tamaño muy fino (~0.01mm), aparece como clastos aislados de tamaño fino (~0.1mm) anhedrales de bordes irregulares (alta integridad) y en cúmulos de clastos recristalizados (~0.3mm).		
Plagioclasa	Clastos de tamaño fino (~0.3mm) anhedrales de integridad baja, siendo reemplazados por micas blancas en su centro.		
Mica blanca	Aparecen reemplazando clastos de plagioclasa y dentro de la matriz de grano muy fino siguiendo la dirección principal de foliación pervasivamente dentro de la matriz.		
Biotita	Se presentan como porfiroblastos dentro de la matriz de grano fino siguiendo la dirección principal de foliación y formando cúmulos. Pueden presentar ocasionalmente una coloración verde, atribuible a una cloritización.		
Opacos	Clastos cuyos bordes de grano son muy irregulares y de coloración rojiza.		
Clorita	Reemplazando porfiroblastos de biotita.		
<b>Texturas presentes:</b> Bordes de reacción en biotitas a opacos			

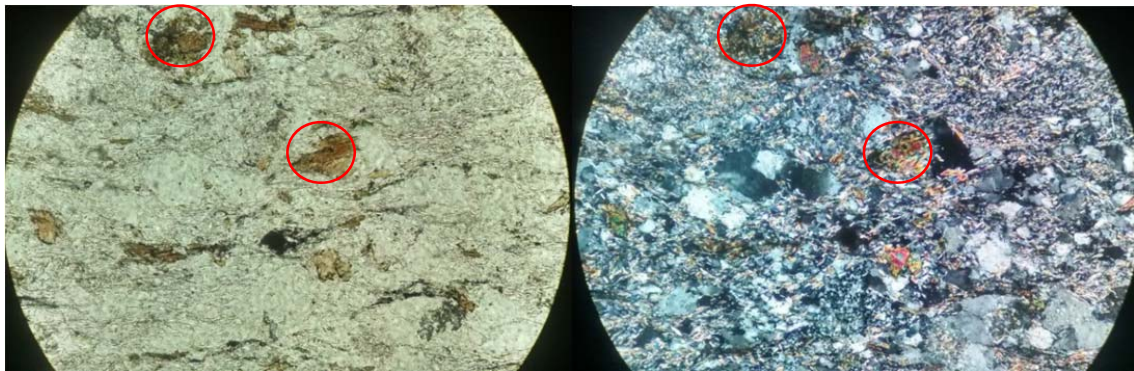


Figura 8.4.2.3.1 Porfiroblastos de biotita demarcados en un círculo rojo (R: 0.5 mm).



8.4.2.4 CM4-08-13

<b>Nombre:</b>	Metapelita	<b>Protolito:</b>	Pelita
<b>Facies:</b>	Grado bajo		
<b>Mineral</b>	<b>Ocurrencia</b>		
Cuarzo	Se presentan como agregados poligonales de granos cuyo borde es irregular dentro bandas deformadas.		
Mica blanca	Cristales de tamaño muy fino formando bandas lepidoblásticas.		
Plagioclasa	Cristales de tamaño de grano muy fino recristalizados e inmersos en la matriz.		
Óxido de Fe	Tonales café-anaranjadas inmersos en la matriz asociados a planos de cizalle.		
Opaco	Cristales de tamaño de grano muy fino inmersos en la matriz, y se presentan como cristales de tamaño de grano fino-medio de hábito cúbico con tonalidad rojizas.		
Cx<0.001mm	Cristales de coloración oscura conformando bandas milimétricas que siguen la dirección de foliación principal.		
<b>Texturas presentes:</b> Lepidoblástica; granoblástica.			
<b>Estructuras presentes:</b> Clivaje de crenulación; recristalización dinámica.			

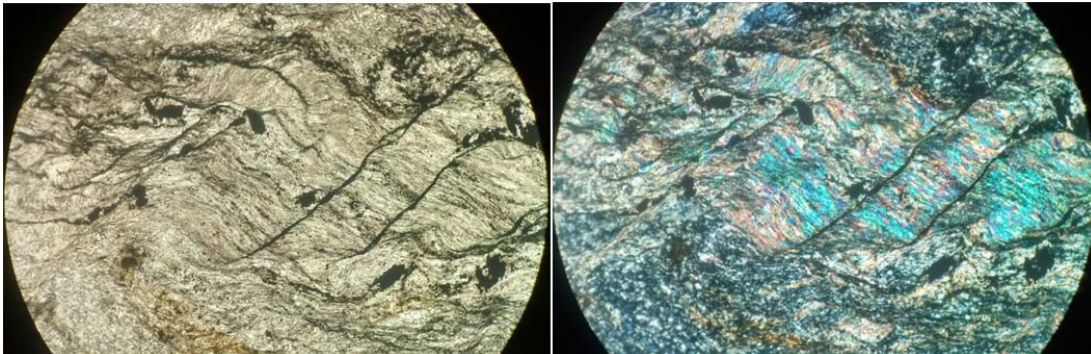


Figura 8.4.2.4.1 Vista de clivaje de crenulación dentro de bandas lepidoblásticas (R: 1 mm).

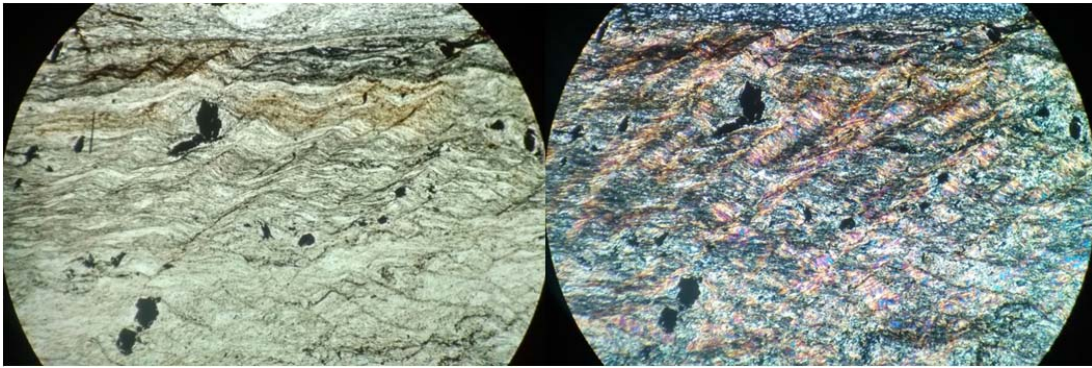


Figura 8.4.2.4.2 Parte superior de fotografía se observa banda granoblástica de cuarzo (R: 2 mm).

### 8.5 Distribución de muestras según unidades.

Unidad Metabasitas de Estaquilla, parte sur.	CM1-04-14 CM1-05-14 CM1-06-14 CM1-07-14 CM1-01-17 CM1-04-17 CM1-05-17 CM1-06-17 CM1-08-17 CM2-06-08 CM2-09-08 CM2-12-08 CM3-01-11 CM3-02-11 CM3-03-11 CM3-04-11
Unidad Metabasitas de Estaquilla, parte norte.	CM1-02-19 CM1-03-19 CM1-04-19 CM1-05-19 CM1-06-19 CM1-07-19 CM1-09-19
Unidad Milonitas de Llico bajo	CM1-01-14 CM1-02-14 CM1-01-20 CM1-04-20 CM1-05-20 CM1-06-20 *CM1-02-20
Unidad Metarenitas de Pinuno	CM4-01-10 CM4-03-10 CM4-03-10 CM4-08-10 CM4-09-10 CM4-01-13 CM4-02-13 CM4-03-13 CM4-08-13 CM4-09-13 CM4-10-13
Traquita	CM2-04-08 CM2-05-08
Traquita deformada	CM2-08-08

## 8.6 Datos geográficos

Número de Zona	Coord. E	Coord. N	Altura (m)	Código de Muestra	Orientación de foliación
2	613797	5425526		CM2-02-08	
2	613797	5425526		CM2-03-08	
2	613801	5425464		CM2-05-08	
2	613805	5425493	168	CM2-01-08	N32E, 56E
2	613805	5425493	168	CM2-04-08	
2	613865	5425449	167	CM2-06-08	
2	613506	5425940	166	CM2-07-08 CM2-08-08	
2	607495	5415648	58	CM2-09-08	
2	603210	5414842	26	CM2-10-08 CM2-11-08	N70E, 20S
2	600170	5415079	113	CM2-12-08	
4	600756	5401188	4	CM4-01-10 CM4-02-10	N50W, 11E
4	600702	5401212	-3	CM4-03-10 CM4-04-10	
4	600598	5401219	2	CM4-06-10	
4	600576	5401348	1		
4	600597	5401533	4	CM4-07-10 CM4-08-10	
4	600581	5401989	3	CM4-09-10	N35E, 15SE
3	597589	5421046	8	CM3-01-11 CM3-02-11	
3	597551	5421037	6		
3	597516	5421078	1	CM3-03-11	N41E, 56E
3	597092	5416794	-1	CM3-04-11	N26E, 16W
3	597328	5417040	-1	CM3-06-11	NS, 41W
4	600520	5403476	9	CM4-01-13	N60W, 18NE N80W, 18N N56W, 31E
4	600509	5403535	6	CM4-02-13	N31W, 5E
4	600351	5403846	0	CM4-03-13	N47W, 12E
4	600287	5403869	2	CM4-04-13	
4	600279	5403946	1	CM4-05-13 CM4-06-13 CM4-07-13	
4	600222	5404118	4	CM4-10-13	N78W, 16E
4	600177	5404115	2	CM4-09-13	
4	600170	5404103	6	CM4-08-13	
1	597566	5428706	20	CM1-01-14	
1	597282	5429176	16		
1	597380	5429802	9	CM1-02-14	

Número de Zona	Coord. E	Coord. N	Altura (m)	Código de Muestra	Orientación de foliación
1	597302	5429667	15	CM1-03-14	
1	596700	5428202	8	CM1-04-14	N65W, 17E N65W, 25S
1				CM1-05-14	N54E, 12W N20E, 12W
1	596666	5428171	-3	CM1-06-14	
1	596646	5428181	3	CM1-07-14	
1	596801	5428298	-1	CM1-01-17 CM1-02-17	N78W, 20E N60E, 12E N78W, 20E N60E, 7E N60W, 12E N75E, 12W N41W, 18W
1	596501	5427796	3	CM1-03-17	N59W, 10W N60W, 18W N68W, 18W
1	596501	5427796	3	CM1-04-17	N25W, 13W N52W, 27W N55W, 23W
1	596471	5427760	9	CM1-05-17	
1	596471	5427760	9	CM1-06-17	
1	596473+- 22	5427689+- 22	-14	CM1-07-17	N84W, 15S N84W, 15S N49W, 20W N60W, 18W
1	596460+- 10	5427576+- 10	10	CM1-08-17	N10E, 32SE N30E, 30SE N69E, 28E N66E, 29E N61E, 43E N70E, 40E N60E, 30E N75E, 18E N70E, 28E N69E, 23E
1	595931	5430010	4	CM1-02-19 CM1-04-19	N48W, 20W N48W, 20W N38W, 20W N27W, 27W
1	595936	5430010	4	CM1-01-19	N23W, 20W N35W, 18W N28W, 18W
1	595936	5430000	6	CM1-03-19	N50W, 30W N48W, 30W
1	595936	542998	6		

Número de Zona	Coord. E	Coord. N	Altura (m)	Código de Muestra	Orientación de foliación
1	595922	5429989	9	CM1-05-19 CM1-06-19	N38W, 22W N78W, 20W N40W, 22W N38W, 30W N55W, 19W N35W, 20W N27W, 25W
1	595922+-10	5429979+-10	6	CM1-07-19	N20W, 20W N17W, 20W N40W, 20W N28W, 30W
1	595920	5429983	10	CM1-08-19	N32W, 20W N42W, 30W N35W, 28W
1	595924	5429962	-1	CM1-09-19	N15W, 30W N12W, 24W
1	595922+-11	5429969+-11	1	CM1-10-19	
1	599815	5429888	6	CM1-01-20	N47E, 48W
1	599293	5429930	5	CM1-02-20	N47E, 18W N47E, 17W
1	598983	5430019	12	CM1-03-20	N10W, 30W N4W, 25W N10W, 30W N7W, 22W
1	598827	5430109	18	CM1-04-20	
1	598137	5430133	23	CM1-05-20	N7E, 35W
1	597550	5429902	8	CM1-06-20	N65W, 35W N25E, 29W N50W, 15W