

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS
DE ROCAS ULTRAMÁFICAS DE LA ZONA DE TAMANACO Y SUS
ALREDEDORES, TINAQUILLO ESTADO COJEDES**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs Ferrer S., Manuel A.
Rincones M., Donald P.
Para optar al Título
De Ingeniero Geólogo

Caracas, 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS
DE ROCAS ULTRAMÁFICAS DE LA ZONA DE TAMANACO Y SUS
ALREDEDORES, TINAQUILLO ESTADO COJEDES**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ricardo Alezones
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José Rondón

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs: Ferrer S., Manuel A.
Rincones M., Donald P.
Para optar al Título
De Ingeniero Geólogo

Caracas, 2007

Ferrer S., Manuel A
Rincones M., Donald P

CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS DE ROCAS ULTRAMÁFICAS DE LA ZONA DE TAMANACO Y SUS ALREDEDORES, TINAQUILLO ESTADO COJEDES

Tutor Académico: Prof Ricardo Alezones. Tutor Industrial: Ing José Rondón.
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Año 2007

Palabras Claves: Tinaquillo, Peridotita, Serpentinita, Tamanaco, Rocas Ultramáficas.

Resumen: La zona de estudio pertenece al Sistema Montañoso del Caribe, el cual ha sido dividido en cuatro cinturones tectónicos (MENÉNDEZ, 1966) en : Cinturón de la Cordillera de la Costa, Cinturón de Caucagua-El Tinaco, Cinturón de Paracotos y el Cinturón de Villa de Cura, cada uno con características propias separadas por fallas de carácter regional con orientación aproximadamente este-oeste.

En el área estudiada la Peridotita de Tinaquillo esta constituida por rocas ultramáficas como: dunitas (41%), dunitas serpentinizadas (9%), serpentinitas (31%), websteritas (6%), piroxenitas (4%), harzburgita (6%).

Geomorfológicamente la zona estudiada fue dividida en tres unidades dentro de estas tenemos Unidad I (Unidad de Fila), de filas asimétricas con un drenaje del tipo dendrítico. Unidad II (Unidad de Montaña), representa un 20% del total del área estudiada y está dividida en dos partes una al E de la zona de estudio y otra al SO. Unidad III (Unidad de llanura) en esta unidad el drenaje es muy marcado, de tipo dendrítico y en forma de U, cuyo Río principal es el Río Tamanaco.

AGRADECIMIENTOS

Reciba el principal agradecimiento la Ilustre Universidad Central de Venezuela (U.C.V), por recibimos en sus aulas, ser nuestro segundo hogar y casa de estudio donde aprendimos nuestros conocimientos. Enseñarnos a vencer las sombras e ir más allá de lo aprendido.

Agradecemos profundamente la valiosa colaboración a nuestro tutor académico profesor Ricardo Alezones, por aceptarnos como tesisistas desde nuestro primer día de trabajo, por sus consejos, sus correcciones, por ser nuestro guía en las labores de campo sobre todo en la recolección de muestra. Por ser no sólo nuestro tutor sino nuestro amigo.

Al ingeniero José Rondón nuestro tutor industrial, por hacer que nuestra tesis cumpliera con los requisitos exigidos por parte de la Universidad Central de Venezuela. Por guiarnos en cada etapa de las salidas de campo y canalizar el presupuesto necesario para realizar nuestros estudios petrográficos.

A la Ingeniero Leila Angulo por sus conocimientos petrográficos transmitidos, por aclarar nuestras dudas, ser nuestra amiga y especialmente por ser como es, toda una belleza de persona.

Mil gracias a la Licenciada Morella Mikaty y a todos los que laboran en la biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de nuestra casa magna, por prestarnos sus valiosas colaboraciones en la recopilación de información.

Agradecimientos al Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) por aceptarnos como tesisistas y hacer que sus estudios geológicos en la zona de Tinaquillo tengan un gran avance a través de este trabajo especial de grado.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo especial de grado primeramente a dios por habernos dado ese mayor regalo como lo es la vida, ser nuestro guía espiritual e iluminar nuestros caminos para alcanzar nuestras metas.

A nuestros padres por inculcarnos lo importante que es estudiar apoyarnos siempre, sobre todo hasta el final de nuestra carrera universitaria y nuestra vida.

A nuestros hermanos, tios, sobrinos, abuelos y amigos, por compartir con nosotros los mejores momentos de nuestra vida y prestarnos su ayuda cuando la necesitamos.

De Donald Rincones:

A Eudis Cordova por ser mi amiga, hermana y esposa, por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo lo relacionado a mis estudios.

A Dylam Rincones por llenar un espacio en mi corazón y llenarme de alegría desde su nacimiento, hijo seguiras siendo mi bebe.

De Manuel Ferrer:

A Mariam Guevara por siempre acompañarme hasta en los momentos más difíciles y brindarme su ayuda incondicional todo el tiempo que llevamos juntos como pareja.

A mi hermana Linda Navas por siempre brindarme las facilidades para alcanzar mis metas y enseñarme a valorar la vida y sus momentos especiales sin distraernos de nuestros deseos futuros de triunfo.

Caracas, Noviembre de 2007

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Manuel A. Ferrer S. y Donald P. Rincones M., titulado:

**“CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS DE ROCAS
ULTRAMÁFICAS DE LA ZONA DE TAMANACO Y SUS ALREDEDORES,
TINAQUILLO ESTADO COJEDES”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Prof. Sebastián Grande
Jurado

Prof. Ruthman Hurtado
Jurado

Prof. Ricardo Alezones
Tutor Académico

Ing. José Rondón
Tutor Industrial



INDICE

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivo General.....	1
1.2.1 Objetivos Específicos.....	1
1.3 Ubicación y extensión del área de estudio.....	1
1.4 Trabajos previos.....	3
1.5 Metodología	5
1.5.1 Recopilación de la información bibliográfica	5
1.5.2 Trabajo de oficina	5
1.5.3 Trabajo de campo	6
1.5.4 Equipo	6
1.5.5 Reconocimiento, delimitación de la zona, registro y recolección de muestras	7
1.5.6 Criterios usados para la recolección de muestras en el campo.....	7
1.5.7 Toma de datos y fotografías	8
1.5.8 Propiedades observadas en las muestras tomadas en campo	8
1.5.9 Trabajo de laboratorio	9
1.5.10 Selección y preparación de las muestras	9
1.5.11 Análisis petrográfico	9
1.5.12 Propiedades petrográficas descritas en los minerales	11
1.5.13 Marco teórico	11
2. GEOLOGÍA REGIONAL	14
2.1 Petrogénesis regional	14
2.1.1 Cinturón de la Cordillera de la Costa	14
2.1.2 Cinturón de Caucagua-El Tinaco	15
2.1.3 Cinturón de Paracotos	15



2.1.4	El Cinturón de Villa de Cura	15
2.1.5	Cinturón de rocas máficas y ultramáficas en el Sistema montañoso del Caribe	16
2.1.5.1	Cinturón de la Cordillera de la Costa	17
2.1.5.2	Asociación Ávila.....	17
2.1.5.3	El Complejo de Sebastopol.....	19
2.1.5.4	El Cinturón de Caucagua-El Tinaco	20
2.1.5.4.1	Gneiss de La Aguadita	20
2.1.5.4.2	El Esquisto de Tinapú	20
2.2	Geología estructural regional	21
2.2.1	Generalidades	21
2.2.2	Faja de la Cordillera de la Costa	21
2.2.3	Faja Caucagua-El Tinaco	22
3.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	24
3.1	Generalidades	24
3.2	Unidad topográfica I	25
3.2.1	Unidad de filas	25
3.3	Unidad topográfica II	26
3.3.1	Unidad de montaña	26
3.4	Unidad topográfica III	27
	Unidad de llanura	27
4.	GEOLOGÍA LOCAL	28
4.1	Petrogénesis local	28
4.1.1	Generalidades	28
4.1.2	Unidad de rocas ultramáficas	28
4.1.2.1	Dunitas	29
4.1.2.1.1	Petrografía	29
4.1.2.2	Serpentinitas	33
4.1.2.2.1	Petrografía	34



4.1.2.3 Harzburgitas	36
4.1.2.3.1 Petrografía	36
4.1.2.4 Websteritas	38
4.1.2.4.1 Petrografía	38
4.1.2.5 Piroxenitas	39
4.1.2.5.1 Petrografía	39
4.2 Texturas	41
4.2.1 Generalidades	41
4.2.2 Textura Porfiroclástica	42
4.2.3 Textura Poiquilitica	43
4.2.4 Textura Reliquias	44
4.3 Fotomicrografías y descripciones petrográficas	45
4.4 Geología estructural local	119
4.4.1 Generalidades	119
4.4.2 Fallas	120
5. METAMORFISMO	122
5.1 Metamorfismo regional	122
5.1.1 Cinturón de la Cordillera de la Costa	122
5.1.2 Cinturón de Caucagua-El Tinaco	123
5.2 Metamorfismo local	124
5.2.1 Generalidades	124
5.2.2 Complejo de la Peridotita de Tinaquillo	124
5.2.3 Rocas ultramáficas	125
5.2.4 Serpentinitas	125
6. MODELOS TECTÓNICOS	126
6.1 Modelos de tectónica de placas para Venezuela y el Caribe	126
6.2 Asociaciones ígneas según su marco tectónico de origen	130
6.2.1 Asociaciones de Márgenes Divergentes: dorsales centroceánicas o centros de expansión	130



6.2.2 Asociación de Márgenes convergentes: arcos insulares o márgenes activos	130
6.2.3 Asociaciones intraplaca	131
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	132
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
9. BIBLIOGRAFÍA	
10. ANEXOS	



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio	2
Figura 2: Carta comparativa para la estimación visual de porcentajes	13
Figura 3: Cinturones tectónicos en el Sistema Montañoso del Caribe	14
Figura 4: Foto aérea mostrando unidades topográficas	25
Figura 4a: Fotomicrografía que muestra la yuxtaposición de las 3 unidades topográficas presentes en la zona de estudio	26
Figura 5: Gráfica de porcentajes según la clasificación petrológica de las muestras	29
Figura 6: Triángulo de clasificación de dunitas	31
Figura 7: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las dunitas.....	32
Figura 8: Dunita serpentizada (Muestra: M15. NX.Objetivo 10x).....	32
Figura 9: Serpentina que muestra venas de crisotilo (muestra de mano: M41)..	33
Figura 10: Gráfico de proporciones promedio en las serpentinitas	35
Figura 11: Fotomicrografía de serpentinita, mostrando su textura afanítica.....	35
Figura 12: Triángulo de clasificación de Harzburgita	36
Figura 13: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las Harzburgitas.....	37
Figura 14 : Fotomicrografía de fenocristales de piroxenos en una matriz de olivino (Muestra: M23.NX.Objetivo 10x)	38
Figura 15: Triángulo de clasificación de piroxenitas (Ortopiroxenitas y Websteritas)	39
Figura 16: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las Ortopiroxenitas y Websteritas	40
Figura 17: Websterita que muestra cristales visibles de ortopiroxenos en muestra de mano (Muestra de mano: M37)	41



Figura 18: Fotomicrografía de porfídoclasto de augita en una matriz de olivino de cristales de tamaño menor (Muestra: M22. NX. Objetivo 10x).....	42
Figura 19: Fotomicrografía de fenocristal de piroxeno presentando exsolución lamelar (Muestra: M131. NX. Objetivo 10x)	43
Figura 20: Fotomicrografía de fenocristal de augita presentando inclusiones de enstatita (Muestra: M29. NX. Objetivo 10x)	44
Figura 21: Fotomicrografía de fenocristal alterando a magnetita que presenta una textura reliquia (Muestra: M10B. NX. Objetivo 10x)	45
Figura 22: Fotomicrografía M1. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	46
Figura 23: Fotomicrografía M1. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de magnetita embebidos en una masa amorfa de serpentina	46
Figura 24: Fotomicrografía M2. Objetivo 10x Nícoles Paralelos	48
Figura 25: Fotomicrografía M1. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fracturas orientadas rellenas de cristales de magnetita embebidos en una masa amorfa de serpentina	48
Figura 26: fotomicrografía M3.Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	49
Figura 27: Fotomicrografía M3. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Textura reliquia de un mineral perteneciente al protolito	49
Figura 28: Fotomicrografía M4: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	51
Figura 29: Fotomicrografía M4. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Textura reliquia de un mineral ovalado en proceso de serpentización	51
Figura 30: Fotomicrografía M5A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	52
Figura 31: Fotomicrografía M5A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Venas de magnetita en una masa amorfa de serpentina	52
Figura 32: Fotomicrografía M5B. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	54
Figura 33: Fotomicrografía M5B. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Venas rellenas de magnetita en serpentina	54
Figura 34: Fotomicrografía M6. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	55



Figura 35: Fotomicrografía M6. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de piroxenos alterados por la meteorización que afecta a la zona.....	55
Figura 36: Fotomicrografía M7. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	56
Figura 37: Fotomicrografía M7. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Distribución irregular de minerales de enstatita	56
Figura 38: Fotomicrografía M8: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	58
Figura 39: Fotomicrografía M8. Objetivo 10x . Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentización	58
Figura 40: Fotomicrografía M9: Objetivo 10x . Nícoles Paralelos	59
Figura 41: Fotomicrografía M9. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fracturas rellenas de magnetita ligeramente orientadas en una masa amorfa de serpentina	59
Figura 42: Fotomicrografía M10A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	60
Figura 43: Fotomicrografía M10A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentización	60
Figura 44: Fotomicrografía M10B. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	62
Figura 45: Fotomicrografía M10B. Objetivo 10x . Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentización	62
Figura 46: Fotomicrografía M11. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	63
Figura 47: Fotomicrografía M11. Objetivo 10x . Nícoles Cruzados. Serpentinita con fracturas rellenas de magnetita	63
Figura 48: Fotomicrografía M12A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	66
Figura 49: Fotomicrografía M12A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita por el proceso de serpentización.....	66
Figura 50: Fotomicrografía M12B. Objetivo 10x. Nícoles paralelos.....	68



Figura 51: Fotomicrografía M12B. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, que muestra colores de birrefringencia pertenecientes al protolito ígneo.....	68
Figura 52: Fotomicrografía M13: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	69
Figura 53: Fotomicrografía M13: Objetivo 10x. Nícoles cruzados. Fennocrystal de piroxeno mostrando exsolución lamelar, en una matriz de cristales más pequeños de olivino.....	69
Figura 54: Fotomicrografía M14. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	70
Figura 55: Fotomicrografía M14. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. En la parte superior se aprecia un cristal de magnetita, en la parte superior izquierda cristales de leucoceno y hacia la parte inferior una veta de crisotilo en una matriz de serpentina que muestra estructuras reliquias de minerales preexistentes.....	70
Figura 56: Fotomicrografía M15. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	72
Figura 57: Fotomicrografía M15. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fractura rellena de serpentina y magnetita en una matriz de cristales de olivino.....	72
Figura 58: Fotomicrografía M16:Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	73
Figura 59: Fotomicrografía M16. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristal de magnetita en serpentina.....	73
Figura 60: Fotomicrografía M17. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	74
Figura 61: Fotomicrografía M17. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Veta de talco en roca de serpentina, también se observan cristales pequeños de magnetita.....	74
Figura 62: Fotomicrografía M18. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos	76
Figura 63: Fotomicrografía M18. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de piroxenos con diferentes grados de alteración.....	76
Figura 64: Fotomicrografía M19. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	77



Figura 65: Fotomicrografía M19. Objetivo 10x. Nícoles cruzados. Fracturas rellenas de serpentina y magnetita en una matriz de cristales de ortopiroxenos y olivino.....	77
Figura 66: Fotomicrografía M20. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	78
Figura 67: Fotomicrografía M20. Objetivo 10x. Nícoles cruzados. Porfídoclasto de cromoespinela acompañado de pequeños cristales de olivino.....	78
Figura 68: Fotomicrografía M21. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	80
Figura 69: Fotomicrografía M21. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de cromoespinela y piroxeno, acompañado de pequeños cristales de olivino.....	80
Figura 70: Fotomicrografía M22. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	81
Figura 71: Fotomicrografía M22. Objetivo 10x. Nícoles cruzados. Porfídoclasto de augita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	81
Fig. 72: Fotomicrografía M23. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	82
Fig. 73: Fotomicrografía M23. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	82
Fig. 74: Fotomicrografía M24. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	84
Fig. 75: Fotomicrografía M24. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	84
Fig. 76: Fotomicrografía M25. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	85
Fig. 77: Fotomicrografía M25. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino, cromoespinela y piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	85
Fig. 78: Fotomicrografía M26. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	87
Fig. 79: Fotomicrografía M26. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	87



Fig. 80: Fotomicrografía M27. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	88
Fig. 81: Fotomicrografía M27. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfidos de piroxeno embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	88
Fig. 82: Fotomicrografía M28. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	89
Fig. 83: Fotomicrografía M28. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfidos de olivino y enstatita embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	89
Fig. 84: Fotomicrografía M29. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	91
Fig. 85: Fotomicrografía M29. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de augita presentando inclusiones de enstatita, en una matriz de olivino.....	91
Fig. 86: Fotomicrografía M30. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	92
Fig. 87: Fotomicrografía M30. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita que presenta una inclusión de augita, embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	92
Fig. 88: Fotomicrografía M31. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	93
Fig. 89: Fotomicrografía M31. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfido de cromoespinela embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	93
Fig. 90: Fotomicrografía M32. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	95
Fig. 91: Fotomicrografía M32. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pequeños cristales de olivino cortados por venas rellenas de serpentina.....	95
Fig. 92: Fotomicrografía M33. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	96
Fig. 93: Fotomicrografía M33. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita que presenta una inclusión de hipersteno, embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	96
Fig. 94: Fotomicrografía M34. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	98
Fig. 95: Fotomicrografía M34. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de enstatita embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	98



Fig. 96: Fotomicrografía M35A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	99
Fig. 97: Fotomicrografía M35A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de ortopiroxenos embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	99
Fig. 98: Fotomicrografía M35B. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	100
Fig. 99: Fotomicrografía M35B. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de ortopiroxenos embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	100
Fig. 100: Fotomicrografía M36. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	102
Fig. 101: Fotomicrografía M36. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de cristales de piroxenos (augita, hipersteno y enstatita).....	102
Fig. 102: Fotomicrografía M37. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	103
Fig. 103: Fotomicrografía M37. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de ortopiroxenos y clinopiroxenos de diferentes tamaños.....	102
Fig. 104: Fotomicrografía M38. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	104
Fig. 105: Fotomicrografía M38. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	104
Fig. 106: Fotomicrografía M39. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	106
Fig. 107: Fotomicrografía M39. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos y cromoespinela embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	106
Fig. 108: Fotomicrografía M40. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	107
Fig. 109: Fotomicrografía M40. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	107
Fig. 110: Fotomicrografía M41. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	108
Fig. 111: Fotomicrografía M41. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Masa amorfa y fracturada de serpentina, con algunos cristales de magnetita.....	108



Fig. 112: Fotomicrografía M42. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	110
Fig. 113: Fotomicrografía M42. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Dunita serpentizada que muestra una matriz de olivino cortada por venas de serpentina y magnetita en varas direcciones.....	110
Fig. 114: Fotomicrografía M43. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	111
Fig. 115: Fotomicrografía M43. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino magnetita en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	111
Fig. 116: Fotomicrografía M44. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	112
Fig. 117: Fotomicrografía M44. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de olivino de diversos tamaños, cortados por venas de serpentina y magnetita.....	112
Fig. 118: Fotomicrografía M45. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	114
Fig. 119: Fotomicrografía M45. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Megacristal de piroxeno acompañado de cristales de olivino de menores dimensiones.....	114
Fig. 120: Fotomicrografía M46. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	115
Fig. 121: Fotomicrografía M46. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino, el de mayor tamaño presenta exsolución lamelar.....	115
Fig. 122: Fotomicrografía M47. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	117
Fig. 123: Fotomicrografía M47. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de piroxeno embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	117
Fig. 124: Fotomicrografía M48. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	118
Fig. 125: Fotomicrografía M48. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino (también presenta inclusiones de ortopiroxenos).....	118
Fig. 126: Fotomicrografía M49. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	119
Fig. 127: Fotomicrografía M49. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino, cortados por fracturas rellenas de serpentina y magnetita.....	119
Fig. 128: Fotomicrografía M50. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.....	121



Fig. 129: Fotomicrografía M50. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.....	121
Fig. 130: Fotografía que muestra un plano de falla cortando peridotitas serpentinizadas altamente tectonizadas.....	130
Fig. 131: Mapa Geológico-Estructural de Tinaquillo Estado Cojedes. Tomado de Capote, 2006.....	131



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Planillas utilizadas para descripciones petrográficas.....	10
Tabla II. Escala gráfica utilizada para observar los minerales al microscopio	13
Tabla III. Proporciones mineralógicas asociadas a las dunitas.....	30
Tabla IV. Mineralogía general de las serpentinitas.....	34
Tabla V. Proporciones mineralógicas asociadas a las harzburgitas	37
Tabla VI. Mineralogía general de las piroxenitas (ortopiroxenitas y websteritas).....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planillas de Petrografías

Anexo 2: Mapa Topográfico y de Ubicación de Muestras

Anexo 3: Mapa Geológico Estructural



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El presente trabajo tiene como finalidad establecer la distribución y asociación mineralógica de la Peridotita de Tinaquillo, así como la cartografía de los afloramientos de rocas ultramáficas que pertenecen a la peridotita, con el fin de establecer una posible petrogénesis del depósito niquelífero con miras a su posterior explotación, todo esto debido a que dicho depósito no está siendo aprovechado y debe ser estudiado ampliamente para definir si su explotación es rentable.

1.2 Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar desde el punto de vista petrológico las rocas ultramáficas que afloran en la zona de Tamanaco. Igualmente se elaborará la cartografía de los afloramientos de estas rocas ultramáficas.

1.2.1 Objetivos específicos

- Cartografiar los afloramientos de rocas ultramáficas
- Muestrear a detalle los cuerpos ultramáficos.
- Caracterizar por medio de análisis petrográficos las muestras tomadas.

1.3 Ubicación y extensión del área de estudio

El área de estudio forma parte del Sistema Montañoso del Caribe, se encuentra localizada al oeste de la ciudad de Tinaquillo estado Cojedes (ver figura 1), con una extensión de aproximadamente 33 km² y enmarcada entre las siguientes coordenadas:

Sistema U.T.M

a.- 1.101.476 – 1.094.784 km norte

b.- 573.007 – 562.242 km este

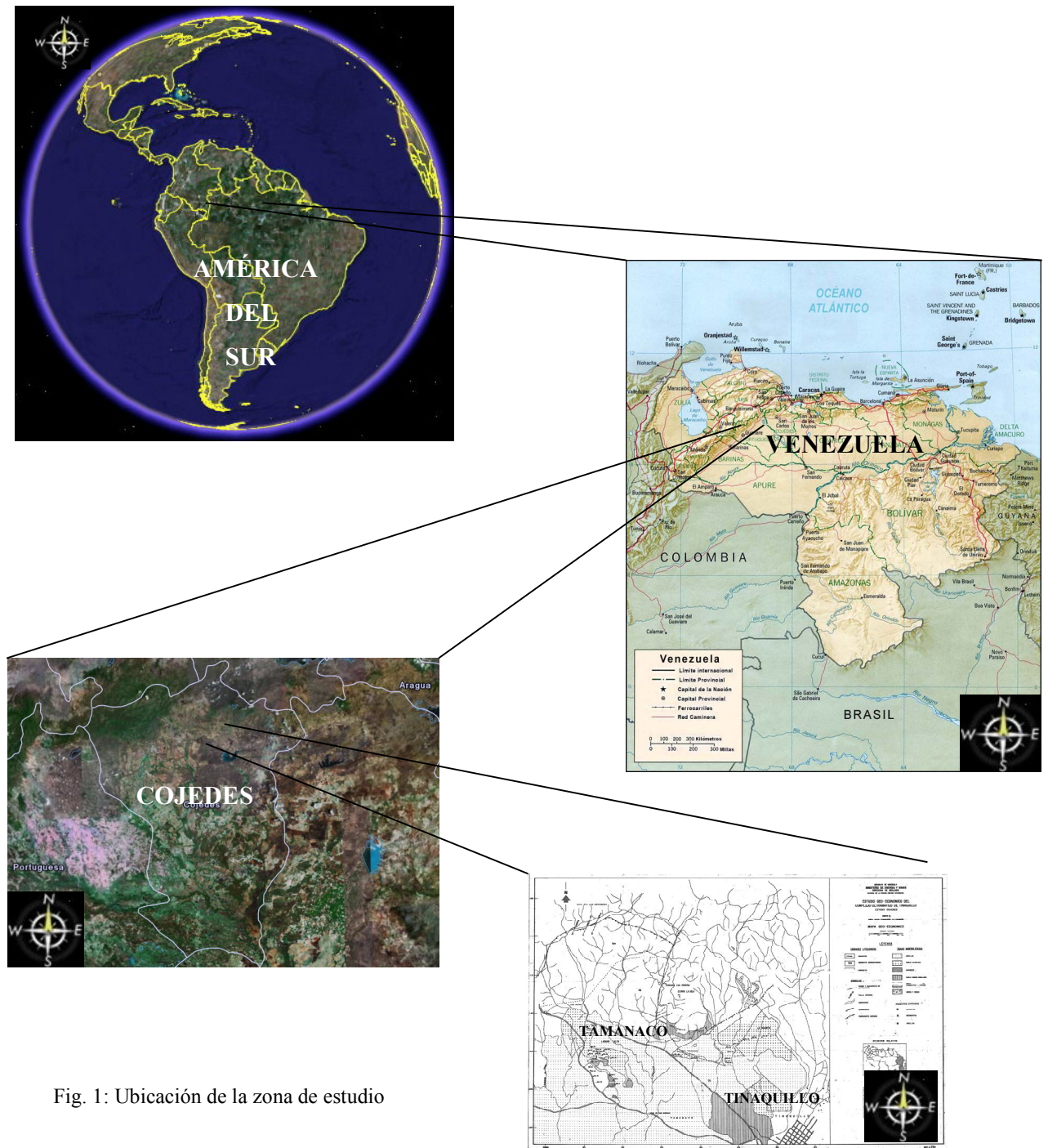


Fig. 1: Ubicación de la zona de estudio



1.4 Trabajos Previos

Aguerrevere “et al.” (1937) señalan la presencia de este cuerpo de rocas ultramáficas (Peridotita de Tinaquillo).

Rubio (1941) indica la presencia de concentraciones de níquel en las lateritas asociadas a la meteorización de este cuerpo de rocas ultramáficas (Peridotita de Tinaquillo). En ese mismo informe Rubio menciona datos de la concentración de níquel en 10 calicatas y concluye que las lateritas asociadas a este cuerpo de rocas ultramáficas contienen en promedio entre 1% y 2% de níquel.

Mackenzie (1960) estudió en detalle la presencia de este cuerpo de rocas ultramáficas y fue él quien lo designó con el nombre de Peridotita de Tinaquillo.

Mackenzie (1966) basado en sus estudios afirma que la Peridotita de Tinaquillo es una masa ultramáfica de forma tabular de unos 3 km de espesor.

Bellizzia (1967) realizó un compendio de trabajos asociados al Sistema Montañoso del Caribe, donde existen yacimientos con importancia económica, Bellizzia describe los procesos de serpentinización y laterización, además realiza una breve descripción de los yacimientos ubicados en Loma de Hierro, Tinaquillo, La Isla de Margarita y La Península de Paraguaná.

Pasquali (1967) realizó por primera vez estudios en la laterita de Tinaquillo a través de calicatas, el autor indica que el manto laterítico está compuesto por tres tipos de materiales: las lateritas transportadas, las lateritas “in situ” con drenaje pobre y las lateritas “in situ” con buen drenaje. Indica que estas últimas poseen un tenor de níquel 0.75% que es una concentración aceptable y recomienda realizar perforaciones hasta unos 30 metros de profundidad donde se cree que hay un aumento en la concentración de níquel.



Lavié (1967) realizó un estudio en la laterita de Loma de Hierro donde describe las diversas zonas del perfil laterítico y las diversas etapas en la mineralización del mismo. El autor concluye que la mena contiene 1,5% de níquel aceptable para la explotación económica.

Marval (1968) realiza un estudio en el perfil de meteorización y determina que durante ese proceso los minerales componentes de la Peridotita de Tinaquillo se transforman en minerales de tipo smectita-caolinita, goethita y cuarzo.

Ostos (1985) determina el mecanismo de emplazamiento de la Peridotita de Tinaquillo y determina las relaciones estructurales entre la Peridotita y su roca caja.

Teggin “et al.” (1985) realizaron estudios químicos y mineralógicos sobre una secuencia de la laterita con la roca fresca en Loma de Hierro. Los autores concluyen que la concentración de aluminio, hierro, y cromo total aumentan y la de níquel y magnesio disminuyen desde la roca hacia la laterita e indican que la mena posee una concentración de níquel de 2% en la laterita y 0.3% en la roca.

Rojas (1989) realizó un estudio de las lineaciones de las rocas presentes en la zona, para determinar la orientación del emplazamiento del cinturón Cauagua-El Tinaco, así como estudios químicos de elementos traza para realizar gráficas de discriminación de basalto.

Arrieta (2006) realizó un estudio granulométrico y químico sobre 4 sondeos de laterita de Loma de Hierro. El autor indica que las fracciones mayoritarias se encuentran asociadas a arenas gruesas y limo-arcilla y destaca que el níquel posee un comportamiento errático en el sistema, donde tiene dos zonas de enriquecimiento, una asociada a altas concentraciones de hierro y otra a bajas concentraciones de hierro.



1.5 Metodología

1.5.1 Recopilación de la información Bibliográfica

La recopilación bibliográfica, fue realizada principalmente en la Biblioteca de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UCV, en la Biblioteca Central, así como también en el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de La Universidad Central de Venezuela. Otra fuente en la cual se realizó una recopilación bibliográfica fue en la biblioteca de INGEOMIN ubicada en el piso 8 de la Torre Oeste de Parque Central, igualmente información obtenida por parte de ingenieros geólogos y geofísicos que han realizado investigaciones en la zona de estudio.

1.5.2 Trabajo de Oficina

- a) Se buscó en las diferentes referencias, la información necesaria para realizar el estudio en la zona elegida. Dentro de esta información se tiene: localización del área, posibles vías de acceso (importante), trabajos anteriores realizados en la zona y que están relacionadas con el objetivo a alcanzar. Se enfatizó en las zonas conocidas de yacimientos niquelíferos.
- b) Se realizó la preparación de la base topográfica para los trabajos de campo y laboratorio.
- c) Se generó un mapa del área de estudio y sus alrededores donde se muestrearon las zonas de afloramientos de rocas ultramáficas.



1.5.3 Trabajo de Campo

Este trabajo fue realizado en 8 afloramientos pertenecientes a la Peridotita de Tinaquillo, donde fueron recolectadas 63 muestras para su posterior estudio petrográfico. Afloramientos como el del Embalse las Delicias, Parcelamiento Los Manantiales, Quebrada La Peluda y Quebrada Tamanaco, pertenecen al sector Tamanaco el cual está ubicado al NE de la Peridotita de Tinaquillo. Al NO de la Peridotita de Tinaquillo se encuentran los afloramientos de Minas de Amianto del sector La Pica, así como también El del cerro La Montañita. Los otros afloramientos restantes en los cuales fueron recolectadas las muestras pertenecen a la Quebrada Curiepe y Quebrada Los Aguacates, los cuales están ubicados al SO de la Peridotita de Tinaquillo.

1.5.4 Equipo

Para realizar el trabajo se hizo indispensable utilizar los siguientes implementos, además del equipo personal:

- a) Martillo, piqueta y mandarina.
- b) Lápices y marcadores.
- c) Libreta de campo.
- d) Bolsas plásticas para muestras.
- e) Lupa con aumento de 10x y 15x.
- f) Sacos para transportar las muestras.
- g) Mapas topográficos escala 1: 25.000.
- h) Cámara fotográfica.
- i) Equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- j) Tirro para identificar las muestras.



1.5.5 Reconocimiento, delimitación de la zona, registro y recolección de muestras

Al llegar a los afloramientos se hizo primeramente un recorrido previo de estos, observando los obstáculos y los peligros que podrían retrasar el trabajo. Luego de verificar la seguridad del lugar se observaron las variedades litológicas depositadas.

1.5.6 Criterios usados para la recolección de muestras en el campo

- a) **Color:** constituye una de las primeras características físicas observadas, esta característica aunque no es diagnóstica, ayuda a reconocer rocas máficas y ultramáficas. Se recolectaron muestras cuyos colores fueron oscuros debido a la litología de la zona estudiada, los colores típicos fueron negro, gris verdoso, verde oscuro, amarillo verdoso.
- b) **Tamaño de grano:** va a representar y subdividir la granularidad de las rocas, diferenciando las afaníticas de las faneríticas y sus variedades (grano fino, medio, grueso y muy grueso). La mayoría de las rocas plutónicas son faneríticas mientras que las metamórficas como las serpentinitas presentan matriz afanítica y escasos porfidoblastos.
- c) **Foliación (foliadas y no foliadas):** Esta característica da una aproximación de si la roca es ígnea o metamórfica. La mayoría de las rocas metamórficas poseen foliación, en cambio, las rocas ígneas no presentan estas características ya que los minerales exhiben una fábrica desordenada.
- d) **Grado de meteorización:** se recolectaron aquellas rocas más frescas posible para la elaboración de secciones finas, para lograr con ello una mejor apreciación en la descripción petrográfica tanto microscópica como macroscópicamente.



1.5.7 Toma de datos y fotografías

En la libreta de campo se llevaron las siguientes anotaciones:

- a) Fecha, hora y lugar de recolección.
- b) Números de muestras recolectadas.
- c) Lecturas de GPS.
- d) Características de importancia del lugar.
- e) Características de importancia de las rocas recolectadas (texturas, color, etc.).
- f) Nombre y ubicación de algunos afluentes de interés.
- g) Las fotografías tomadas comprenden una vista general de los afloramientos, texturas resaltantes de los afloramientos de rocas observados y vías de acceso.

1.5.8 Propiedades observadas en las muestras tomadas en campo

- a) Color.
- b) Tamaño de grano.
- c) Grado de meteorización.
- d) Orientación.
- e) Homogeneidad (distribución de minerales).



1.5.9 Trabajo de laboratorio

Una vez recolectadas las muestras, estas fueron ingresadas al laboratorio para comenzar con el proceso de selección y por consiguiente su preparación para la elaboración de secciones finas.

1.5.10 Selección y preparación de las muestras

Para hacer la selección de las muestras, estas fueron colocadas en una mesa por día de trabajo y afloramiento. Luego se procedió a escoger un ejemplar de cada muestra (la más fresca posible) para hacer las secciones finas respectivas.

1.5.11 Análisis petrográfico

Una vez obtenidas las secciones finas estas fueron analizadas bajo el microscopio según como sigue:

Primero se identificaron los minerales presentes en cada sección.

Se hizo una lista con los porcentajes (% en volumen) de los minerales esenciales de la roca (se consideran esenciales cuando están presentes en más del 3% en volumen), incluyendo también los minerales accesorios (los que se encuentran menos del 3% en volumen). Una vez hecho esto se reconoce si la muestra es ígnea o metamórfica. Y se ubica la muestra en el triángulo de rocas ultramáficas en base al recalcu de los minerales característicos de estas rocas (Olivino, Clinopiroxenos y Ortopiroxenos). Si se tiene duda se recurre a la muestra de mano para afinar este reconocimiento. Todos los datos obtenidos de las muestras se vaciaron en planillas para petrografías (ver tabla I) y se acompañaron con descripciones y fotos de cada muestra.



Planilla para petrografía de rocas ígneas y metamórficas (rup)							
No. Muestra:		Fecha:		Petrografía por:			
ROCA METAMÓRFICA: __				ROCA ÍGNEA: __			
GRANOBLÁSTICA		FOLIADA		CRISTALINIDAD		FÁBR. EQUIGRANULAR	
() Pizarrosa		() Filítica		() Holocristalina		() Idiomórfica (euhe.)	
() Idioblástica (euهدral)		() Esquisto		() Hipocristalina		() Hipidiomórfica (subh.)	
() Hipidioblástica (subهدral)		() Gnéisica		() Holohialina		() Alotriomórfica (anh.)	
() Xenoblástica (anhedral)		INEQUIGRANULAR		GRANULARIDAD		FÁBR. INEQUIGRANULAR	
() Granofel		() Porfidoblástica		() Fanerítica		() Seriada	
() Hornfel				() Afanítica		() Porfídica	
CATACLÁSTICA				() Criptocristalino			
() Brecha		Texturas ígneas y metamórficas:		Foliación lepidoblástica: __		Fol. nematoblástica: __	
() Cataclasita		Red (web): __ Pseudomorfos: __		Ofítica: __		Subofítica: __	
() Milonita		Afieltrada: __ Bordes re.: __ Gráfica: __		Mirmequit.: __		Decusada: __	
() Blastomilon.		Flujo: __ Sagenítica: __ Helicítica: __		Halos pleoc.: __		Reliquias: __	
() Ultramilonita		Pertítica: __ Meso.: __ Anti.: __ (Tipo: __, %Plag: __)		Sombras P.: __		Glomeroporfírica: __	
TAMAÑOS		Promedio (de mm - a mm)		TRIÁNGULO A-P-Q			
Porfidoclastos		(-)		%		%	
Porfidoblastos		(-)		Feld.Alc.: __		A: __	
Megacristales		(-)		Plagiocl.: __		P: __	
Matriz		(-)		Cuarzo: __		Q: __	
Fenocristales		(-)		I.C.		100%	
Transparencia de la sección [clara (1) a oscura(5)]: __							
MINERALOGÍA (+- en orden de abundancia) [En volcánicas separar fenocristales de constituyentes de matriz]							
Nombre		%		Nombre		%	
1-				7-			
2-				8-			
3-				9-			
4-				10-			
5-				11-			
6-				12-			
CLASIFICACIÓN GENERAL							
Plutónica: __ Hipoabisal: __ Volcánica: __ Piroclástica: __ (Híbrida: __)							
Metaplutónica: __ Metahipoabisal: __ Metavolcánica: __ Metapiroclástica: __ (Híbrida: __)							
Metasedimentaria: __ (Metapelita: __ Meta-psemita: __ Meta-psefita: __ Meta-carbonática: __)							
NOMBRE PETROGRÁFICO:							
NOMBRE PROTOLÍTICO (si es posible):							
DESCRIPCIONES DE LOS MINERALES (continuar al reverso, hacer gráficos, marcar sitios para fotomicrografías, etc.)							
Características de algunos minerales:							
Plagioclasa: Composición: __ %An (Nombre: __). Alterada: Mucho: __ Mediano: __ Poco: __ Nada: __							
Alterada a (en orden de abundancia): Sericita: __ Epidoto: __ Calcita: __ Otro: __							
Formas de minerales: acicular, columnar, fibroso, equidimensional, hojuela, tabular, alotriomorfo, hipidiomórfico, idiomórfico.							
Visualizar texturas y minerales ígneos: http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc221/igneous/igtextur.html							

Tabla I: Planilla para descripciones petrográficas. Tomado de Urbani, 2007.



1.5.12 Propiedades petrográficas descritas en los minerales

- a) Color (nícoles paralelos).
- b) Pleocroismo (fuerte, débil o moderado, describiendo su rango de variación).
- c) Forma (anhedral, subhedral, euhedral).
- d) Bordes (corroídos, irregulares, rectos, etc.).
- e) Hábito (prismático, acicular, laminar, hojoso, tabular, granular, etc.).
- f) Alteración (a que minerales y en que proporción).
- g) Asociación (mineral(es) que esta(n) asociado(s) con el mineral descrito).
- h) Distribución (regular, irregular u homogénea a lo largo y ancho de la lámina).

1.5.13 Marco Teórico

Los siguientes principios definen la naturaleza de la roca en cuestión tanto al microscópio como en muestra de mano:

ROCA METAMÓRFICA: Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de una roca (protolito) como resultado de la adaptación a unas nuevas condiciones ambientales que son diferentes de las existentes durante el periodo de formación de la roca premetamórfica.

ROCA ÍGNEA PLUTÓNICA: En geología se llaman rocas plutónicas a aquellas rocas magmáticas que se han formado a partir de un enfriamiento lento, en profundidad y en grandes masas del magma. Se llama plutones a sus yacimientos.

Características observables en muestras de mano y sección fina de las rocas.

CRISTALINIDAD O COMPOSICIÓN: Relación en el grado de la cristalización de una roca, HEINRICH (1972).



Holocristalina: Roca formada en un 100% por minerales cristalizados y con ausencia de vidrio en la misma. Característica de rocas intrusivas.

Hipocristalina: Roca formada por minerales y con presencia de vidrio volcánico, sin embargo aún domina la presencia de fenocristales. Los fenocristales se encuentran embebidos en una matriz vítrea, los cuales son típicos de rocas volcánicas.

Holohialina: roca compuesta casi exclusivamente por vidrio volcánico con escasos microcristales.

GRANULARIDAD: propiedad que se encuentra relacionada con el tamaño de grano de los cristales, HEINRICH (1972).

Aquellas rocas ígneas donde los cristales que la componen son visibles sin mucho esfuerzo, son llamadas rocas con granularidad **fanerítica**, característica típica de rocas intrusivas, plutónicas e hipoabisales. (Es observable solo en aumento 10x).

Contrariamente, las rocas de granularidad **afanítica**, son aquellas donde los cristales son muy pequeños y no se pueden distinguir individualmente, siendo común característica de la matriz de las rocas volcánicas.

FÁBRICA: Relación entre las formas de los granos, HEINRICH (1972).

Equigranular: relación de tamaño semejante entre los granos que conforman la roca, esta propiedad es típica en rocas ígneas plutónicas, pero no es exclusiva de ella.

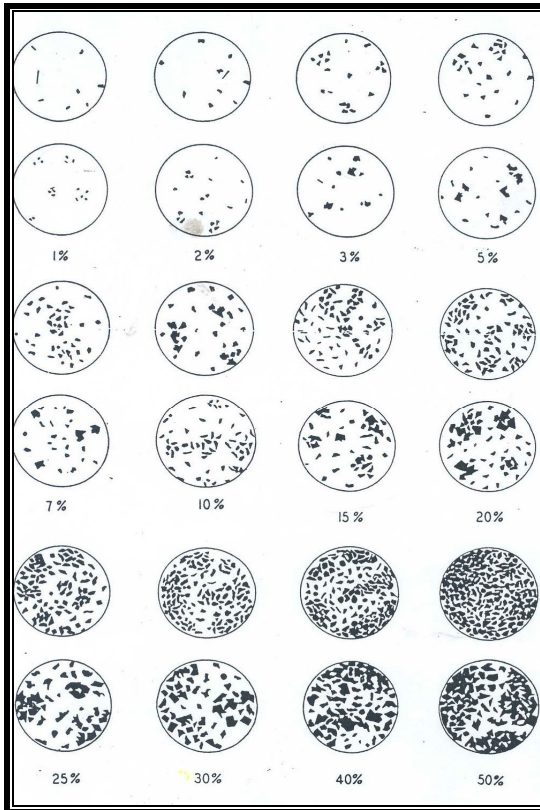
Si los granos presentan tamaño aproximadamente iguales y a su vez muestran un buen desarrollo de sus caras cristalinas, la fábrica se denomina “**Equigranular idiomórfica**” y por el contrario los granos muestran caras cristalinas poco desarrolladas, la fábrica se denomina “**Equigranular Hipidiomórfica**”.

Inequigranular: Relación de tamaños diferentes en los granos de una muestra.

Si en la muestra se observa una degradación en el tamaño de grano, nos encontraremos en presencia de una fábrica “**Inequigranular seriada**”.

Si la variación del tamaño de grano en la muestra presente en forma aleatoria, la fábrica de la roca se denomina “**Inequigranular porfirítica**”.

Para la estimación visual del porcentaje en volumen de los minerales observados en el microscopio se utilizó la siguiente figura (ver figura 2)



Preparado por Richard D. Terry y Jorge V. Chilingar, Allen Hancock Foundation, Los Angeles, Cali.
Tomado de Jour. Sed. Petrol. Vol. 25, N° 3, pp. 229-234, Sep. 1955.

Fig.2: Carta comparativa para la estimación visual de porcentajes.

Para el estudio petrográfico se utilizó el microscopio de luz polarizada (SM-LUX-POL), donde se resalta, a continuación, la escala y objetivo más utilizados para las descripciones y microfotografías de las secciones estudiadas para el trabajo (Ver Tabla II).

Tabla II. Escala gráfica utilizada para observar los minerales al microscopio

Objetivo	Tamaño del campo (radio) mm.
2.5 / 0.08	3,45
4 / 0.12	2,25
10 / 0.25	0,90
16 / 0.40	0,55
25 / 0.50	0,35
40 / 0.65	0,225
63 / 0.85	0,14

CAPÍTULO II

2 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 Petrogénesis Regional

El macizo central del sistema Montañoso del Caribe se puede dividir en cuatro cinturones tectónicos (Menéndez, 1966), (ver figura 3) con características estructurales propias separadas por fallas de carácter regional con orientación aproximadamente este-oeste. De norte a sur tenemos los siguientes cinturones:

2.1.1 Cinturón de la Cordillera de la Costa

Cubre la parte Septentrional de las Montañas del Caribe, limita al norte con el Mar Caribe y al sur por la zona de fallas de la Victoria. Este cinturón está constituido por rocas de edad Jurásico-Cretáceo, que pertenecen a la Asociación Caracas, las cuales descansan sobre un basamento granítico de edad Precámbrico-Paleozoico, el cual está expuesto en los núcleos de grandes pliegues abiertos (Ostos, 1985).



Fig. 3: Cinturones Tectónicos en el Sistema Montañoso del Caribe
Modificado de Urbani et al., 2005.



2.1.2 Cinturón de Caucagua-El Tinaco

Se encuentra limitado al sur por la falla normal de Santa Rosa. Este cinturón es irregular y discontinuo, en el aflora el Complejo de El Tinaco por debajo de una secuencia volcánica-sedimentaria del Cretáceo Medio y Tardío, con asociaciones mineralógicas indicativo de un metamorfismo de bajo grado además incluye bloques alóctonos de rocas metamórficas con edades que van desde el Cretáceo hasta el Paleoceno (Menéndez, 1966). La parte superior de la Asociación Caracas está localmente corrida sobre este cinturón (González de Juana “et al.”, 1980; Ostos, 1985).

2.1.3 Cinturón de Paracotos

Su límite al norte coincide con la falla de Santa Rosa y al sur con la falla de corrimiento de Agua Fría (González de Juana “et al.”, 1980)

Es un cinturón angosto ubicado entre las fajas de Caucagua-El Tinaco y Villa de Cura, se encuentra de forma continua desde Aragua hasta Carabobo con dirección este-oeste (Menéndez y Osuna, 1985). En su totalidad está constituida por la Formación Paracotos, la cual presenta asociaciones mineralógicas diversas y una textura indicativa de un metamorfismo de bajo grado en el Cretáceo Tardío, presenta una foliación constante y paralela al corrimiento de Agua Fría (Menéndez, 1966). La edad de este cinturón ha sido inferida como Paleoceno.

2.1.4 Cinturón de Villa de Cura

Posee dimensiones de 250 km de largo y 28 km de ancho, limita al norte con la falla de agua Fría y al sur con una serie de fallas de corrimiento (González de Juana “et al “., 1980). Este cinturón ha sido interpretado como de carácter alóctono (Bell, 1968 y Marsch, 1974).

Está constituido por rocas volcánicas y volcanoclásticas metamorfizadas hasta la facies de los esquistos azules, probablemente durante el Cretáceo Temprano.



En la parte superior de este cinturón en contacto discordante se encuentra una unidad de lavas, brechas y tobas identificadas como la Formación Tiara (Menéndez, 1966) encontrándose a su vez esta formación en contacto discordante con la secuencia Paleocena del Flysch de Guárico identificadas como Formación Guárico (Ostos, 1985). Hacia el sur de este cinturón afloran cuatro cinturones tectónicos constituidos por rocas del Cretáceo Tardío-Terciario los cuales fueron definidos por Bell (1968).

Navarro, (1983) divide este cinturón en tres unidades litológicas dentro de estas se tienen: Unidad de Granofels conocida como la más antigua, seguida de la Unidad de Metalavas y por último la Unidad de Metatobas. El mismo autor señala que el metamorfismo que afectó a estas rocas es del tipo bórico de alta P/T (hasta la facies de los esquistos azules) aumentando de norte a sur.

2.1.5 Cinturón de rocas Máficas y Ultramáficas en el Sistema Montañoso del Caribe

Consta de cuerpos de diferentes tamaños de rocas metaígneas máficas y ultramáficas y ocurren en dos grandes cinturones. El Cinturón norte coincide con el cinturón de la cordillera de la Costa el cual se extiende desde la Isla de Margarita hacia el oeste pasando al norte de la ciudad de Caracas y el flanco norte de las Montañas de Santa María-Puerto Cabello. El cinturón sur ocurre dentro del Cinturón de Caucagua-El Tinaco incluye la Peridotita de Tinaquillo (Bellizzia, 1967). Estos cuerpos ultramáficos se encuentran como lentes concordantes con la estructura de la roca caja, alineados con las fallas regionales.



Bellizzia (1967) reconoce algunos cuerpos de rocas máficas y ultramáficas fuera de estos cinturones. Estos ocurren como olistolitos en la secuencia flysch al sur y a lo largo de las zonas de falla en el Cinturón de Villa de Cura. Stephan (1985) expone que las rocas de la franja norte o “Faja Costera-Margarita” están asociadas a metasedimentos (bajo nombre formacionales diversos) que están relacionados a un proceso de obducción y que en realidad constituyen metaofiolitas.

2.1.5.1 Cinturón de la Cordillera de la Costa

El Cinturón de la Cordillera de la Costa ocupa la parte septentrional de las Montañas Occidentales del Caribe y dentro de este cinturón se incluye un complejo basal de origen ígneo de edad Paleozoica (Hurley y Hees, 1972), la cual fue determinada en base a métodos radiométricos. Este cinturón consta de gneises graníticos del Complejo de Sebastopol identificado como el antiguo basamento. Sobre este basamento se encuentran rocas metasedimentarias y metaígneas perteneciente al Grupo Caracas de edad Mesozoica determinada por métodos radiométricos y paleontológicos (Urbani, 1982).

2.1.5.2 Asociación Ávila

Es la unidad litoestratigráfica dominante de este cinturón. La interpretación litoestratigráfica es consecuenta y confusa y quizás inválida (González de Juana “et al.”, 1980). Esta Asociación consta de formaciones cada una de ellas con características litológicas específicas, dentro de estas formaciones tenemos: Formación Las Brisas, Formación Antímano, Formación Peña de Mora, Formación Las Mercedes y Formación Tacagua.

La Formación Las Brisas está constituida por esquistos cuarzo-feldespático-micáceos y gneises (González de Juana “et al.”, 1980). La edad de esta formación se estima desde el Jurásico Tardío hasta el Cretáceo, debido a una determinación Rb/Sr en roca total de un esquisto de esta formación obteniéndose una



edad de 270 m.y (Kovach “et al.”, 1977). Se encuentra en contacto discordante con el Complejo de Sebastopol y transicional en contacto superior con la Formación Las Mercedes (Dengo, 1951).

La Formación Antímano posee una litología de mármoles los cuales son difíciles de diferenciar de aquellos existentes en la Formación Las Mercedes que se encuentran conformablemente por arriba de ésta (Wehrmann, 1972). Dengo, 1951 describe una secuencia muy similar de mármoles intercalados con esquistos micáceos y en ciertas partes de la formación intercalados con anfibolitas eclogíticas, anfibolitas granatíferas y anfibolitas epidóticas.

Wehrmann (1972) define el Augengneis de Peña de Mora como un complejo ígneo-metamórfico equivalente lateralmente en cierta parte a la Formación Las Brisas. Mediante el método Rb/Sr en un gneis de esta formación se obtuvo una edad de 220+20 m.y (Kovach, “et al.”, 1977).

El Esquisto de Las Mercedes consiste de esquisto-cuarzo-muscovítico-calcítico-grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado “Caliza de Los Colorados” (Wehrmann, 1972). Autores como Dengo, 1949; Menéndez, 1965; Bellizzia y Rodríguez (1968), señalan que esta formación se encuentra en contacto concordante y de tipo sedimentario con la Formación Las Brisas, mientras que autores más recientes considera que es de tipo tectónico conservando paralelismo en la foliación de ambas unidades (Gonzalez de Juana “et al.”, 1980). La edad de esta formación no ha sido bien determinada. Mackenzie (1966) encuentra un gasterópodo restrictivo de edad Mesozoica.

La Formación Tacagua está constituida por una secuencia de esquistos epidóticos sericiticos de origen volcánico (Dengo, 1951). En algunas localidades esta litología se encuentra intercalada con esquistos cuarzo grafitoso calcáreo albíticos.



La Asociación Caracas ha sido interpretada como una secuencia depositada durante una transgresión dirigida hacia el sur sobre una plataforma continental estable de tipo Atlántico, se presume que la fuente de sedimentos debe haber sido granítica Menéndez (1966); Bell (1972). Esta Asociación incluye diferentes asociaciones de rocas ígneas las cuales gradan en composición desde ultramáficas a félsicas. La litología característica consiste de anfibolitas, glauconitas, serpentinitas, rocas graníticas, augengneises biotíticos. Talukdar y Loureiro “et al.”, 1979; Ostos, 1980; Talukdar y Loureiro, 1982 señalan que las rocas máficas y ultramáficas se encuentran intercaladas con rocas pelíticas y han sido interpretadas como ofiolitas desmembradas y metamorfizadas, basado en estudio de grano reliquia, el primer evento metamórfico fue de una alta P/T causando metamorfismo en la facies de los esquistos verdes y de la anfibolita, el segundo evento metamórfico ha sido relacionado con una subducción hacia el sur, con la zona de convergencia de placas ubicadas al norte del extinto arco de islas (Cretáceo Tardío al Oligoceno Temprano).

2.1.5.3 El Complejo de Sebastopol

Este complejo perteneciente a la Asociación Ávila, fue correlacionado con el Complejo del Tinaco por Wehrmann (1972), este complejo consta de gneises graníticos de origen ígneo probablemente. Autores como Dengo (1951), han interpretado este complejo como perteneciente al basamento de todas las secuencias metamórficas de este cinturón. En este complejo se refleja un evento orogénico Silúrico determinado a través de una edad Rb/Sr en roca total de 425m.y. Hess (1968). Se encuentra discordante por debajo de los metaconglomerados de la Formación Las Brisas de la Asociación Caracas.



2.1.5.4 El Cinturón de Caucagua-El Tinaco

Este cinturón consiste de una asociación litológica formada por Gneises hornbléndicos y algunas rocas trodhjemíticas descritas como el basamento de este cinturón y denominadas como el Complejo de El Tinaco. La edad ha sido interpretada como Paleozoico basado en su historia deformacional (Ostos, 1985). En el área de interés del Complejo de El Tinaco se tienen dos unidades litológicas o litodémicas: El Gneis de La Aguadita y El Esquisto de Tinapú.

2.1.5.4.1 El Gneiss de La Aguadita

Esta formación consiste de gneises hornbléndicos, gneises biotíticos, anfibolitas y algunas rocas graníticas, los cuales están cubiertos por una secuencia de metaconglomerados con lentes de mármoles. Menéndez (1966) señala que esta formación es interpretada como de origen volcánico y volcanoclástico, el mismo autor señala que dicha formación es la más vieja del Cinturón de Caucagua-El Tinaco. La Base del Complejo de El Tinaco no está expuesta; Bellizzia y Rodríguez (1976) creen que el Gneiss de La Aguadita forma parte del basamento Precámbrico.

2.1.5.4.2 El Esquisto de Tinapú

El esquisto de Tinapú consiste de una secuencia de esquistos muscovíticos y cloríticos y conglomerados esquistosos que forman parte del Complejo del Tinaco, dicho conjunto mineralógico de los esquistos de Tinapú indica un grado metamórfico equivalente al de las subfacies cuarzo-albita-epidoto-biotita de las facies de los esquistos verde Menéndez (1965). La edad de este esquisto se presume Pre-Mesozoico. El esquisto de Tinapú suprayace transicionalmente al gneis de La Aguadita, e infrayace con discordancia angular a la Formación Las Placitas Menéndez (1966).



2.2 Geología estructural regional

2.2.1 Generalidades

En este capítulo se hace referencia a las estructuras geológicas de deformación. La estructura regional de los cinturones de la Cordillera de la Costa de Caucagua-El Tinaco no es clara, debido parcialmente a la complejidad de las estructuras y a la falta de dataciones radiométricas y paleontológicas. Es por ello que es necesario realizar investigaciones pero algunas caracterizaciones generales pueden ser reconocidas.

2.2.2 Faja de la Cordillera de la Costa

En el cinturón de la Cordillera de la Costa se han postulado divergencias en cuanto al paralelismo entre los planos de foliación y planos de estratificación (ver Petrogénesis Regional) y en el cual trabajos posteriores concluyen la inexistencia de dicho paralelismo Vignali, (1979); Talukdar y Loureiro, (1982). Urbani y Ferrer (1976) describen algunos fósiles típicos de aguas marinas profundas y pertenecientes al Cretáceo Tardío.

Una de las características más resaltantes de la faja de la Cordillera de la Costa, es la concordancia estructural de los diversos tipos litológicos que lo constituyen como lo indica Talukdar y Loureiro (1982); determinando así la no existencia de paralelismo entre los planos de foliación y estratificación, lo cual era una teoría antiguamente aceptada por diversos autores; igualmente señalan una foliación penetrativa en todas las rocas debido a un metamorfismo regional en las facies de los esquistos verdes.

Dengo (1951) señala otra característica resaltante de esta faja como lo son las fallas. Este autor menciona que existen tres sistemas de fallas principales, dentro de estas se tienen desde la más antigua hasta la más joven las siguientes: falla inversa con buzamiento al sur, fallas con rumbo aproximadamente N60°O y con buzamiento



al sureste y fallas con rumbo este-oeste. Este último corresponde al sistema de fallas del Caribe y sistema de fallas de La Victoria Wehrmann (1972).

En lo que respecta a los pliegues se ha señalado que los pliegues mayores son estructuras amplias, abiertas y simétricas y cuyos ejes tienen dirección N60°O-70°O Dengo (1951). Dichos pliegues (antiformes y sinformes) constituyen las estructuras más jóvenes en el Sistema Montañoso del Caribe y presentan sus ejes con rumbo aproximado este-oeste, como es señalado por el anticlinorio del Ávila, los anticlinorios de Baruta y el Junquito Wehrmann (1972).

Talukdar y Loureiro (1972) señalan que el último evento metamórfico del cinturón de la Cordillera de la Costa ocurrió entre el Cretáceo Tardío y el Oligoceno Temprano y fue sincrónico con la formación de fallas antitéticas con buzamiento hacia el sur. Desde el Oligoceno el borde sur del Caribe (incluyendo la parte norte de Venezuela) sufrió una serie de deformaciones, las cuales se evidencian por el plegamiento de los sedimentos oceánicos en la plataforma continental venezolana Case (1975).

2.2.3 Faja Caucagua-El Tinaco

Pocos datos radiométricos existen del cinturón de Caucagua-El Tinaco, al sur del cinturón de la cordillera de la Costa Menéndez (1966). Estos escasos datos hacen posible interpretar un evento metamórfico que afectó el basamento durante el Triásico y un posterior levantamiento durante el Cretáceo Temprano.

Menéndez (1966) menciona que sobre este basamento se encuentra una secuencia volcánica-sedimentaria ligeramente metamorfizada de edad post-Asociación Caracas, además señala que este cinturón está formado por pliegues abiertos, con buzamiento suave y con la foliación orientada principalmente este-oeste, la estructura en general está dominada por las fallas de corrimiento que tienen la edad de la Asociación Caracas. Menéndez (1966) y Mackenzie (1966) reconocen una parte de la Asociación Caracas sobrecorrido hacia el sur sobre las secuencias más jóvenes de este cinturón.



Mackenzie (1966) reconoce que todas las rocas metamórficas en la parte sur del cinturón se encuentran limitadas por una falla inversa de ángulo alto, la cual buza hacia el norte y tiene un rumbo aproximadamente de N75°E. Las rocas al sur de esta falla son sedimentarias intercaladas con basaltos cuya edad ha sido interpretada como Cenomaniense a Paleoceno; este mismo autor interpreta que todas las estructuras presentes en este cinturón se formaron durante el mismo evento orogénico, sugiriendo que el metamorfismo regional que afectó el Complejo de Sebastopol y la intrusión de la Peridotita de Tinaquillo ocurrieron simultáneamente durante el mismo evento orogénico en el Cretáceo Tardío, determinando que las estructuras post-metamórficas fueron consecuencia del mismo campo de esfuerzos.

El contacto norte de la faja de Caucagua-El Tinaco es de falla, la cual atraviesa el basamento (El Gneiss de La Aguadita) Mackenzie (1966). El Complejo de Tinaquillo y de El Tinaco se encuentran corridos por esta falla hacia el norte, sobre las filitas negras y los mármoles de el Esquisto de Las Mercedes (Mackenzie 1960,1966). Basado en la orientación de los porfiroclastos de enstatita el propone que el emplazamiento fue de noroeste al sureste.

Oxburgh (1960) sugiere que el metamorfismo que ocurrió durante el Cretáceo fue causado por temperatura y presión de enterramiento más bien que por esfuerzos tectónicos.

Ostos (1985), trabaja una franja al oeste de Tinaquillo, y la divide en dos provincias tectónicas las cuales presentan características litológicas y estructurales propias, indicando que dichas provincias fueron metamorfizadas en diferentes regímenes y probablemente a diferentes tiempos. Una de estas provincias está constituida por los Complejos de Tinaquillo y del Tinaco, estando la otra provincia constituida por el Esquisto de Las Mercedes.



CAPÍTULO III

3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

3.1 Generalidades

La zona estudiada está definida por cuatro hojas cartográficas pertenecientes al estado Cojedes, Venezuela.

Dentro de estas hojas tenemos las siguientes:

- a) Hoja 6545-IV-NE correspondiente a Tamanaco
- b) Hoja 6545-IV-SE correspondiente a Tinaquillo
- c) Hoja 6545-IV-NO correspondiente a La Pica
- d) Hoja 6545-IV-SO correspondiente a Curiepe.

El área de la región abarca aproximadamente 33 km² y está ubicada al NE del estado Cojedes. Las alturas presentes en la zona varían entre los 1000 m y los 420 m y que se acentúan al SE de la zona estudiada.

Esta región se caracteriza por ser una zona de montaña, fila y llanura, donde la distribución del drenaje y formas son las principales características y fundamentos para la división de unidades topográficas.

Tres son las unidades topográficas en las que se dividió la zona una al NO donde la cota más alta es de 800 m, en contacto con ésta a través del Corrimiento de Manrique se encuentra la segunda unidad abarcando parte del este y sureste del área e incluye las cotas más altas. La tercera unidad comprende el drenaje más marcado y las cotas más bajas y se encuentra hacia el SE.

A continuación se describen cada una de las unidades antes mencionadas.

3.2 UNIDAD TOPOGRÁFICA I

3.2.1 Unidad de Filas

Esta unidad representa el 40% del total de la zona estudiada, está constituida principalmente por una fila de dirección N15°E, mejor conocida como la Fila El Volcán (ver figura 4).

La unidad limita al norte con la población de Belén, al sur con La Montañita, al este con la Población de Tamanaco y al oeste con la población de Los Chorrerones.

El desnivel presente es de aproximadamente de 300 m con una altura máxima de 800 m y con una cota menor de 500 m.

Las laderas de la fila son asimétricas, siendo las laderas este un escarpe cercano a los 45° y geoméricamente irregular y es el límite entre esta unidad y la unidad II.

La ladera oeste es menos pronunciada con un declive no mayor a los 20°

El drenaje de esta unidad es del tipo dendrítico que son activados en tiempos de precipitaciones para llevar sus aguas hasta la quebrada Caruache.

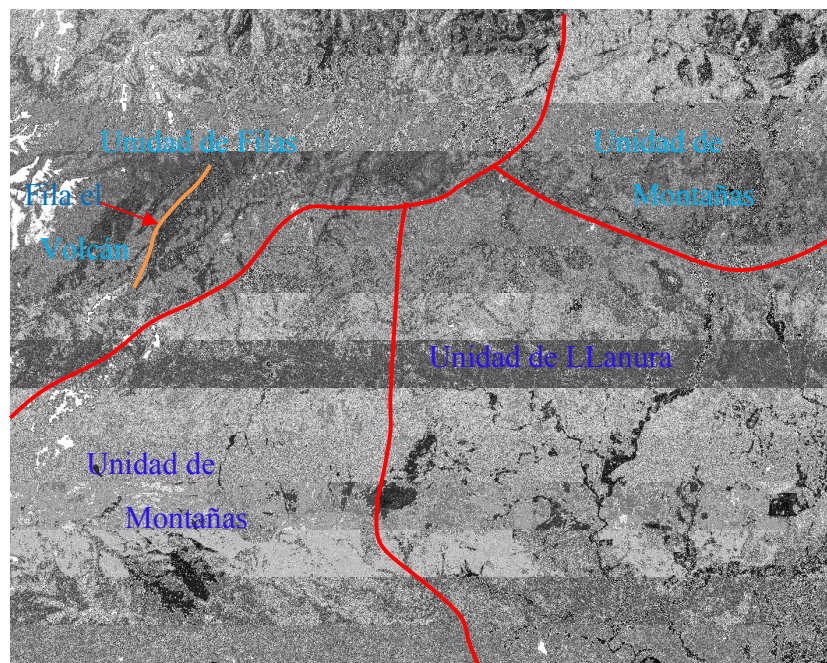


Fig. 4: Foto Aérea, mostrando unidades topográficas y la Fila el Volcán. Foto Aérea 1:60000, 1992.

3.3 UNIDAD TOPOGRÁFICA II

3.3.1 Unidad de Montañas

Representa un 20% del total del área estudiada, se encuentra en contacto con la unidad I descrita anteriormente y la unidad III (ver figura 4a).

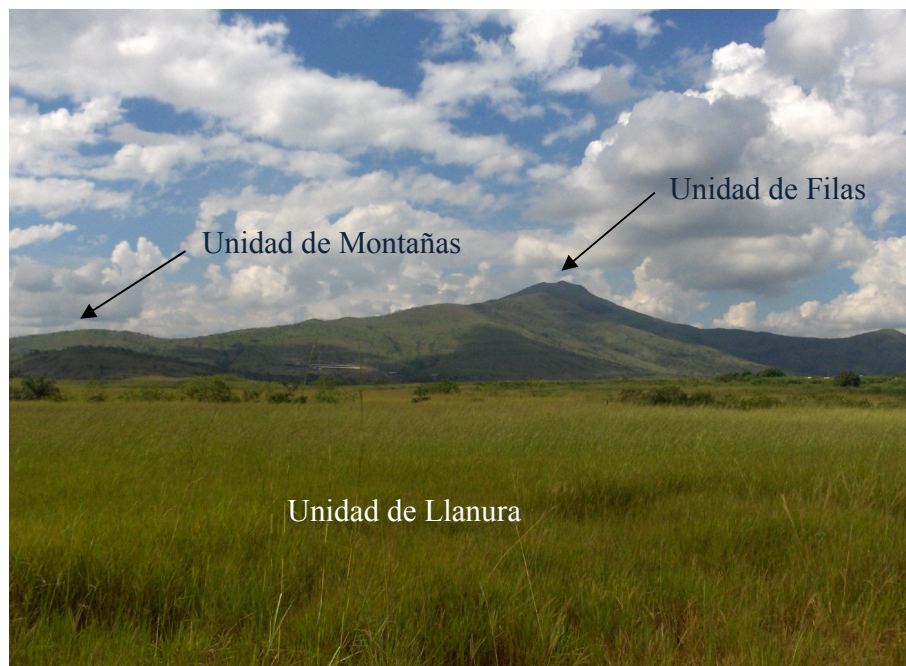


Fig. 4a: Fotografía que muestra la yuxtaposición de las 3 unidades topográficas presentes en la zona (Rumbo de la foto: N 30°O).

Esta unidad se divide en dos partes, una ubicada al E de la zona estudiada y otra ubicada al SO.

La parte ubicada al E de la zona estudiada limita al norte con la población de Cerrito Blanco, al sur con Tamanaco, al este con el Embalse Las Delicias y al oeste con la Fila El Volcán, consta de montañas cuyas cotas están entre los 800 m y los 500 m con un desnivel de 300 m, laderas muy pronunciadas con un declive mayor a los 60° y de pendientes irregulares.



El drenaje de esta parte es del tipo dendrítico formado por las quebradas Tamanaco y quebrada Las Peludas las cuales se unen y desembocan en el Río Tamanaco.

La segunda parte que comprende esta unidad y que se encuentra al SO de la región estudiada, limita al norte con la Fila El Volcán, al sur con la Población de Caja de Agua, al este con el Parcelamiento Los Manantiales y al oeste con el Hato Cumbre.

El desnivel de esta unidad es de aproximadamente 500 m con una altura máxima de 1000 m y con cotas menores de 500 m.

Las montañas presentan topes generalmente redondeadas, las laderas que se encuentran en contacto con la unidad III son asimétricas y poco pronunciadas, con un declive menor a los 25° y de pendientes irregulares.

El drenaje es del tipo dendrítico, formado por quebradas intermitentes que se unen entre sí para luego unirse al Río Tamanaco.

3.4 UNIDAD TOPOGRÁFICA III

3.4.1 Unidad de Llanura

Representa un 40% del total del área estudiada ocupando el lado SE, limita al norte con el Embalse Las Delicias, al sur con Mataria, al este con Tinaquillo y al oeste con la Montañita. Por ser zona de llanura no posee desnivel topográfico.

Es la unidad que posee el drenaje más marcado por poseer el Río Tamanaco, el cual recibe sus afluentes de los drenajes pertenecientes a las unidades antes mencionadas, el tipo de drenaje es dendrítico y en forma de U.



CAPÍTULO IV

4. GEOLOGÍA LOCAL

4.1 Petrogénesis local

4.1.1 Generalidades

En la zona estudiada una sola unidad topográfica es reconocida (Anexo 1), y se clasifica en diferentes tipos de rocas de acuerdo a la mineralogía y proporción minera.

A continuación se presenta una descripción de la unidad, las rocas presentes y su composición mineral.

4.1.2 Unidad de rocas ultramáficas

Abarca toda la zona de estudio, corresponde al Complejo de la Peridotita de Tinaquillo definida previamente por Mackenzie (1960) y definida como complejo por Ostos (1985).

De acuerdo a la mineralogía las rocas ultramáficas estudiadas se clasifican en: dunitas (41%), serpentinitas (32%), dunitas serpentinizadas (9%), Harzburgita (9%), websterita (6%), piroxenitas (3%) (Ver figura 5).

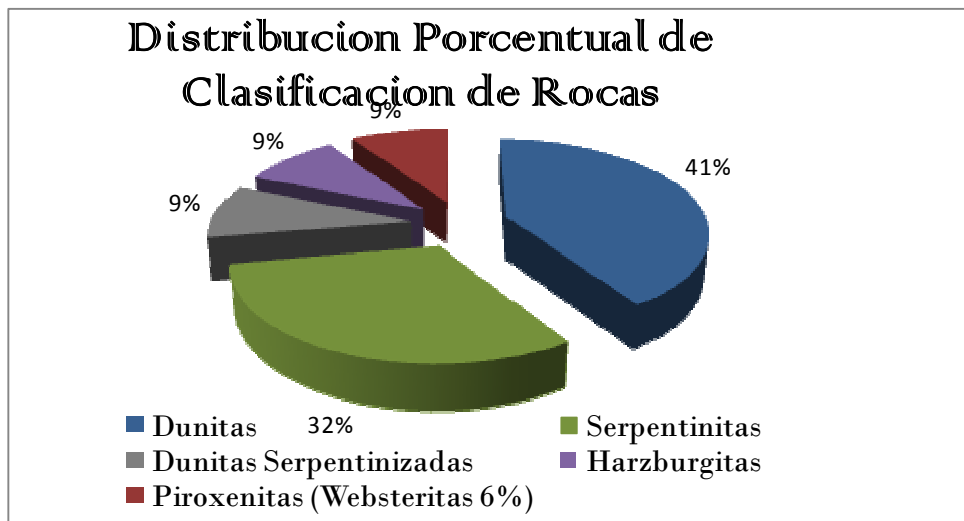


Fig. 5: Gráfica de porcentajes según la clasificación petrológica de las muestras.

4.1.2.1 Dunitas

Presentan un color fresco gris verdoso y color meteorizado amarillo verdoso, muy frecuente fracturas rellenas de serpentina. Se pueden ver grandes pórfidos de piroxenos cuyos tamaños van desde 0,2 mm a 0,5 mm y se encuentran embebidos en una masa amorfa de olivino.

4.1.2.2 Petrografía

Las dunitas fueron clasificadas en base al ploteo triangular en el gráfico de rocas ultramáficas (ver figura 6), éstas presentan como mineral esencial el olivino y como minerales accesorios serpentina, cromoespínela, magnetita, esfena, enstatita, (ver Tabla III y figura 7) texturalmente las dunitas presentan las mismas características que las harzburgitas. Si el contenido de serpentina es mayor o igual a un 10% la dunita es definida como dunita serpentinizada (ver figura 8).

La serpentina se encuentra relleno de venas y estas venas varían en tamaño y grosor. También se pueden ver pórfidos de olivino cuyos tamaños alcanzan hasta 0.7 mm de largo Y 0.3 de ancho. Son identificados dos tipos de textura:



- a) Textura Porfiroclástica, definida por grandes pórfidos de enstatita y olivino, con tamaños mayores a 0.5 mm de largo, enbebidas en una matriz de cristales pequeños de olivino.
- b) Textura Reliquia, donde granos de olivino y enstatita están siendo serpentinizados.

Tabla III: Proporciones mineralógicas asociadas a las Dunitas.

DUNITAS											
Muestra	Tipo de Roca	Olivino %	Ortopiroxenos %	Cromoespínela %	Clinopiroxenos %	Magnetita %	Estena %	Cpx (Augita) %	SERPENTINITA %	Cpx (Diopsido) %	Espinela %
M15	Dunita Serpentinizada	85				5			10		
M20	Dunita Serpentinizada	78				2			20		
M21	Dunita	89		3		1	1		6		
M22	Dunita	92		2		1	Tr		5		
M24	Dunita	93		3	2	1			6		
M25	Dunita	90	3	6		1					
M26	Dunita	89		3		1			7		
M27	Dunita	91	1	7		1					
M28	Dunita	87	5	7		1					
M29	Dunita	87	1	4		1	Tr		7		
M30	Dunita	92		2		1			5		
M31	Dunita	80		3		2		5	8		
M32	Dunita Serpentinizada	72		7		1			20		
M33	Dunita	86	3	2		2			7		
M34	Dunita	89	1	3		1	1		5		



M38	Dunita	85	5	3		1		2	5	
M39	Dunita	90	4	3		1		2		
M40	Dunita	82	3	1	3	4		7		
M42	Dunita Serpentinizada	82				8		10		
M43	Dunita	89				4		7		
M44	Dunita	87				5		8		
M45	Dunita	85	3	2		1		9		
M46	Dunita Serpentinizada	83	1	5		1		10		
M47	Dunita	89	1	3		Tr		7		
M48	Dunita	89	3			2		1		5
M49	Dunita	91		2		2		5		
M50	Dunita	91		2		2		5		

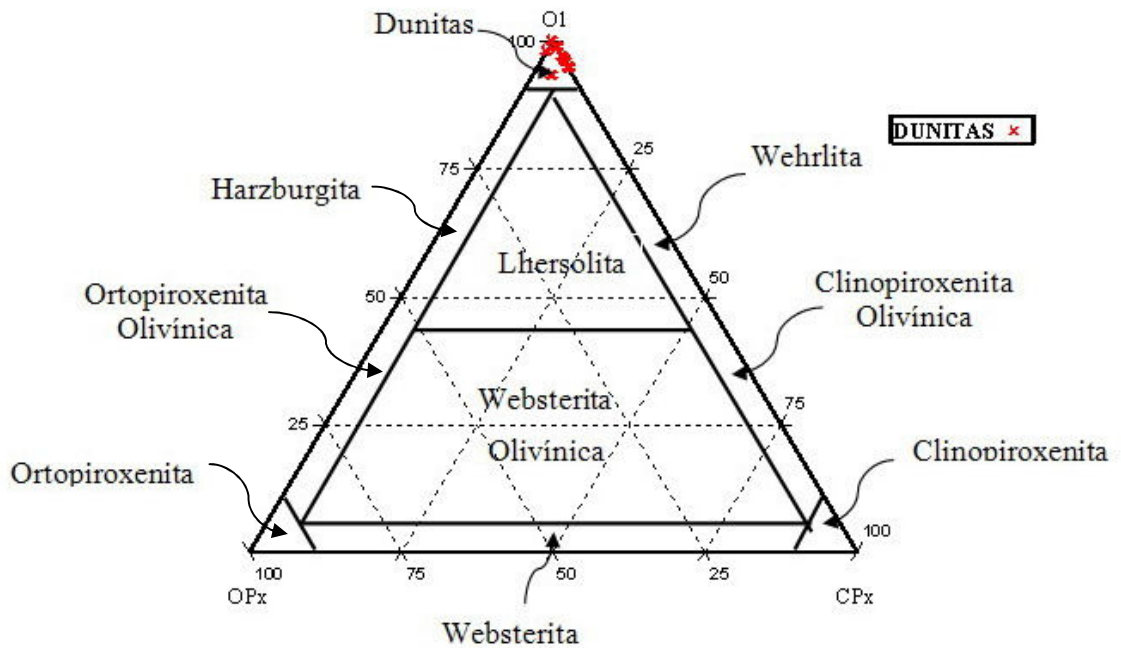


Fig 6: Triángulo de clasificación de dunitas

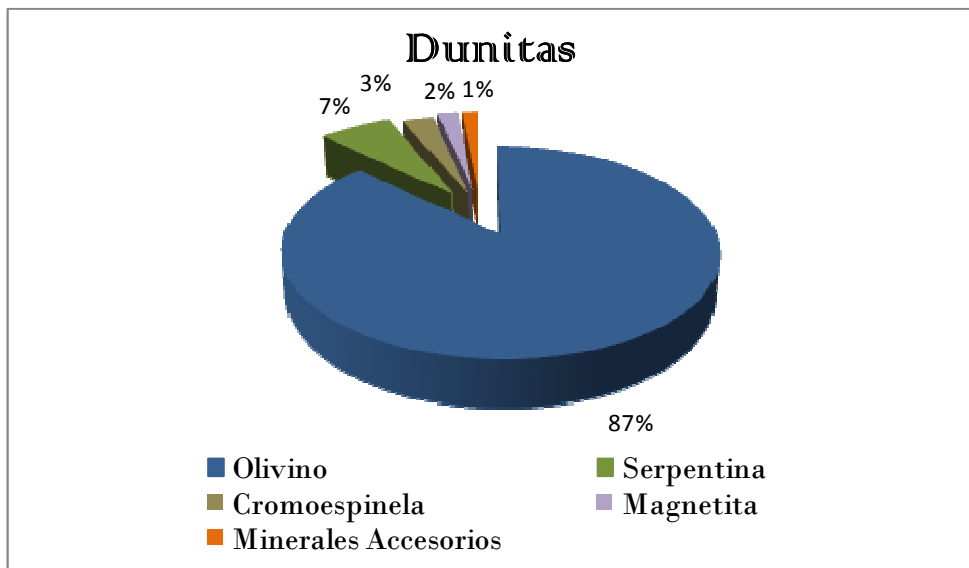


Fig. 7: Grafico de proporciones mineralogicas promedio en las Dunitas.

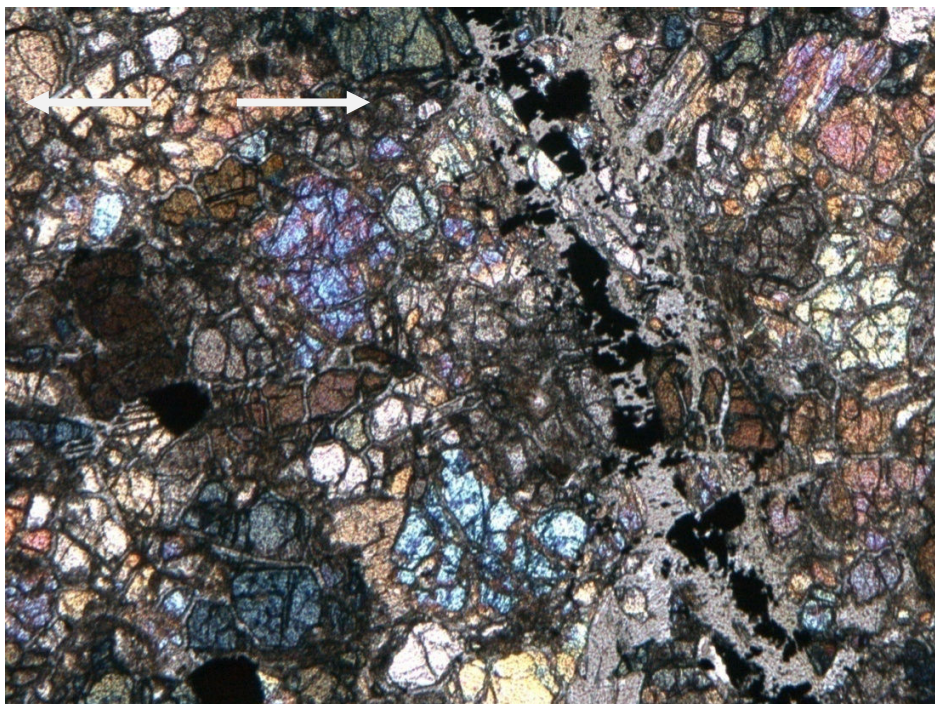


Fig. 8: Dunita Serpentinizada (Muestra: M15 NX. Objetivo 10x)

4.1.2.2 Serpentinita

Las rocas ultramáficas en el área de estudio se encuentran serpentinizadas en porcentajes variable, pero solamente se les dio el nombre de serpentinitas a aquellas rocas que contienen más del 50% de minerales del Grupo de la Serpentina. Macroscópicamente las serpentinitas presentan un color meteorizado verde claro y color fresco verde oscuro, a simple vista muchas de las rocas presentan venas de crisotilo las cuales varían en grosor y longitud (ver figura 9).

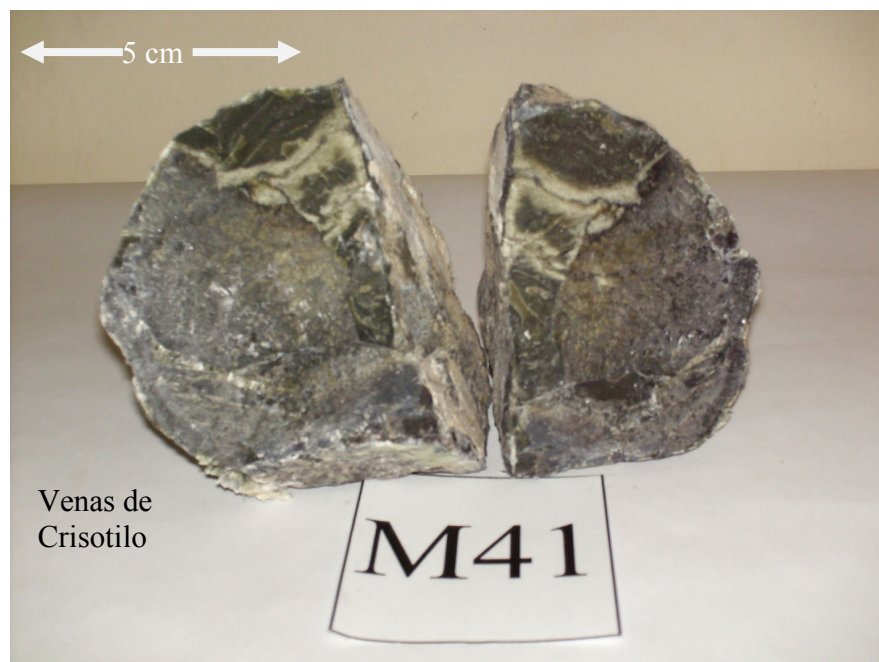


Fig. 9: Serpentinita que muestra venas de crisotilo (Muestra de mano: M41)



4.1.2.2.1 Petrografías

Crisotilo, con minerales accesorios como el talco, magnetita, pórfidos de piroxenos (generalmente trazas) y leucoxeno (ver tabla IV y figura 10). La granularidad de las serpentinitas es afanítica (ver figura 11). Se presenta la textura reliquia en la que granos de olivinos están siendo serpentinizados.

Tabla IV: Mineralogía general de las serpentinitas

SERPENTINITAS								
Muestra	Tipo de Roca	SERPENTINITA %	Ortopiroxenos %	Magnetita %	Estena %	Leucoxeno %	Ilmenita %	Talco %
M1	Serpentinita	94		6				
M2	Serpentinita	95		5				
M3	Serpentinita	97		3				
M4	Serpentinita	91		7		2		
M5A	Serpentinita	99		1				
M5B	Serpentinita	91	7	2				
M8	Serpentinita	93		7				
M9	Serpentinita	93		7				
M10A	Serpentinita	93		7				
M10B	Serpentinita	94		5	1			
M11	Serpentinita	90		10				
M12A	Serpentinita	89		10				1
M12B	Serpentinita	95		2				3
M14	Serpentinita	95		3				2
M16	Serpentinita	91					9	
M17	Serpentinita	95		3	1			1



Fig. 10: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las serpentinitas.

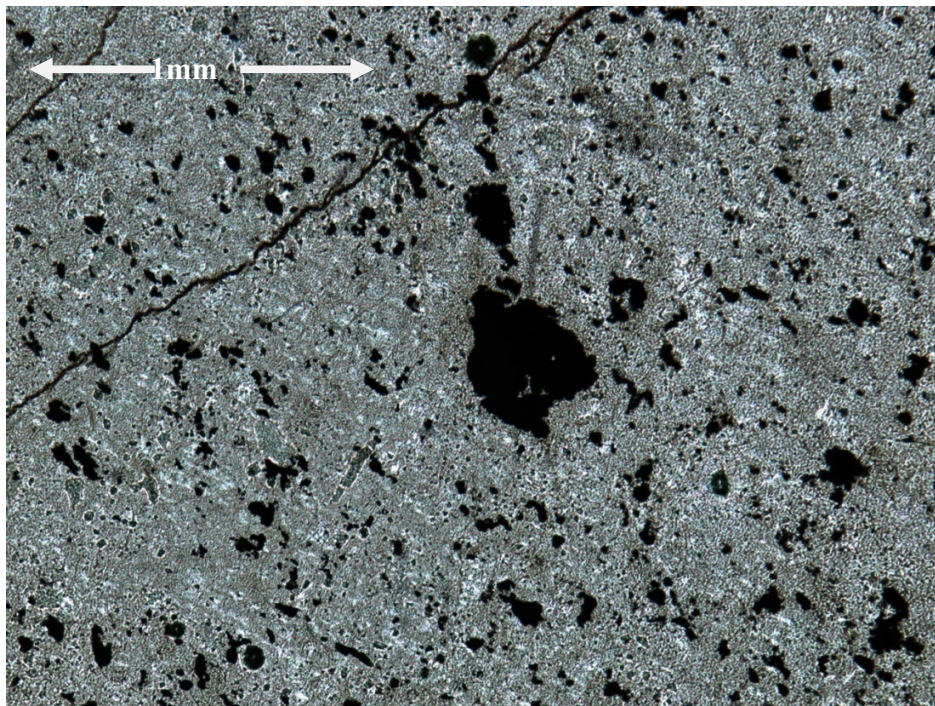


Fig. 11: Fotomicrografía de serpentinita, mostrando su textura afanítica.

4.1.2.3 Harzburgita

Las harzburgitas fueron clasificadas en base al ploteo en el triángulo de rocas ultramáficas (ver figura 12), presentan un color fresco verde grisáceo y color meteorizado verde oscuro. En este tipo de roca se observan grandes pórfidos de piroxenos (enstatita), cuyas dimensiones van desde 1 cm de ancho hasta 3 cm de largo, la distribución de los piroxenos es irregular. Se observan fracturas que se cruzan en varias direcciones.

4.1.2.3.1 Petrografía

El olivino se presenta como mineral esencial en las harzburgita igualmente enstatita como ortopiroxeno, dentro de los minerales accesorios se tienen la serpentina, magnetita, augita, cromoespínela (ver tabla V y figura 13). Los pórfidos de piroxenos se encuentran embebidos en una matriz de olivino (ver figura 14). Generalmente estas rocas presentan textura porfiroclástica, siendo esta evidenciada por los grandes pórfidos de enstatita que llegan a alcanzar hasta 2 cm.

La matriz en la cual estos pórfidos se encuentran es principalmente de olivino y minerales de serpentina.

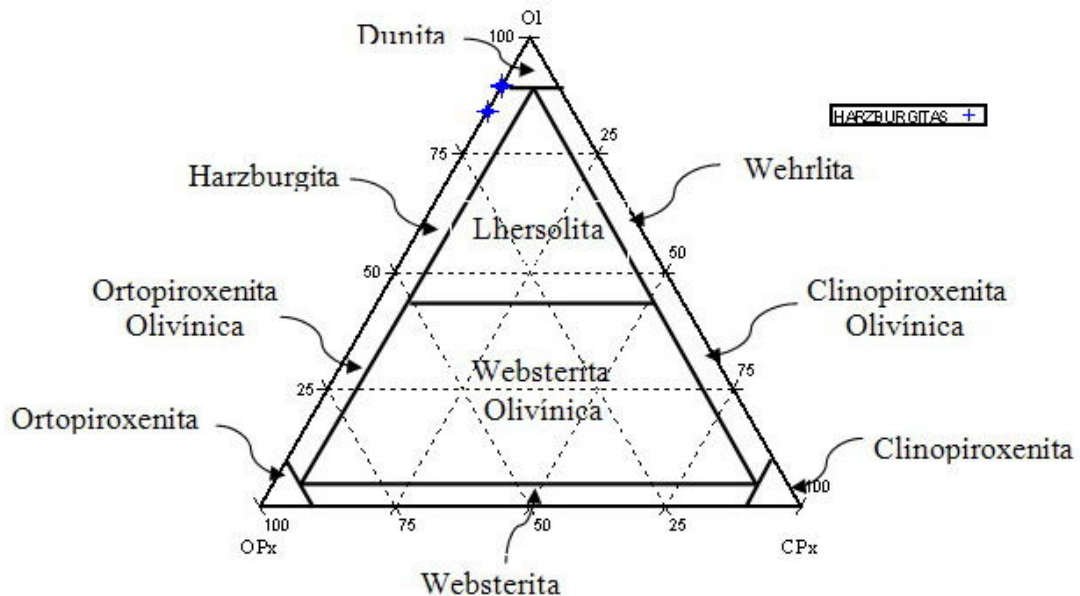


Fig. 12: Triángulo de clasificación de harzburgitas.

Tabla V: Proporciones mineralógicas asociadas a las Harzburgitas.

HARZBURGITAS

Muestra	Tipo de Roca	Olivino %	Opx (Ilpesteneno) %	Ortopiroxenos %	Cromoespinela %	Magnetita %	Cpx (Augita) %	Leucoxeno %	SERPENTINITA %	Talco %
M13	Harzburgita	82	10			7			1	
M19	Harzburgita	79		10	3	1	1		6	
M23	Harzburgita	86		10	3	1			2	
M35A	Harzburgita	73		14	3	2			7	
M35B	Harzburgita	73		14	3	2			7	



Fig. 13: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las harzburgitas.

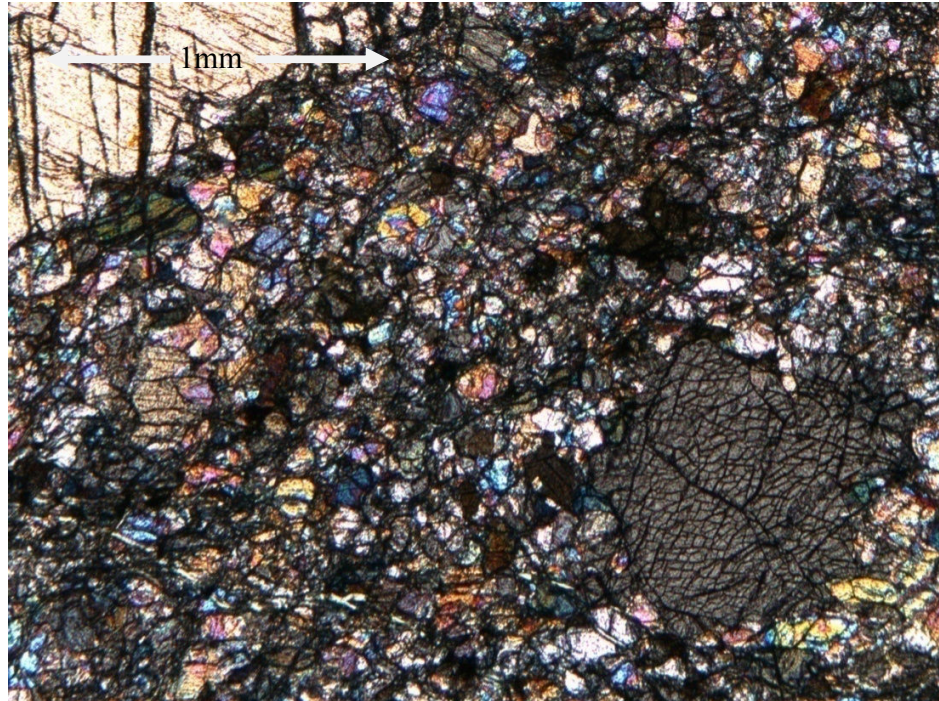


Fig. 14: Fotomicrografía de fenocristales de piroxenos en una matriz de olivino (Muestra: M23. NX Objetivo 10x).

4.1.2.4 Websterita

La websterita presenta un color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde grisáceo oscuro, los tamaño de grano varían de fino a medio debido a la mineralogía que presenta.

4.1.2.4.1 Petrografía

Microscópicamente la websterita presenta como mineral esencial piroxenos (enstatita) y como minerales accesorios espinela, epidoto, esfena, leucóxeno, magnetita (ver tabla.VI y figura 16). Son muy comunes las fracturas rellenas de serpentina o magnetita. Se observa la textura poiquilítica, definida por inclusiones de espinela, dentro de enstatita.

4.1.2.5 Piroxenita

Las piroxenitas fueron clasificadas en base al ploteo en el triángulo de rocas ultramáficas (ver figura 15). Las piroxenitas presentan un color fresco negro y color meteorizado marrón verdoso, se observan pórfidos de ortopiroxenos con un brillo vítreo y cuyos tamaños de granos varían desde 2 cm hasta 5 cm de largo y de 1 a 2 cm. de ancho son de forma ovoide.

4.1.2.5.1 Petrografía

Las piroxenitas tienen como mineral esencial ortopiroxeno (enstatita) y como minerales accesorios epidoto, talco, magnetita, esfena, espinela, serpentina, cromita (ver tabla VI y figura 16 y 17). De granularidad fanerítica, el epidoto al igual que la serpentina se encuentran rellenando fracturas, se presenta la siguiente textura:

Textura poiquilítica: definida por inclusiones de espinela en los pórfidos de enstatita.

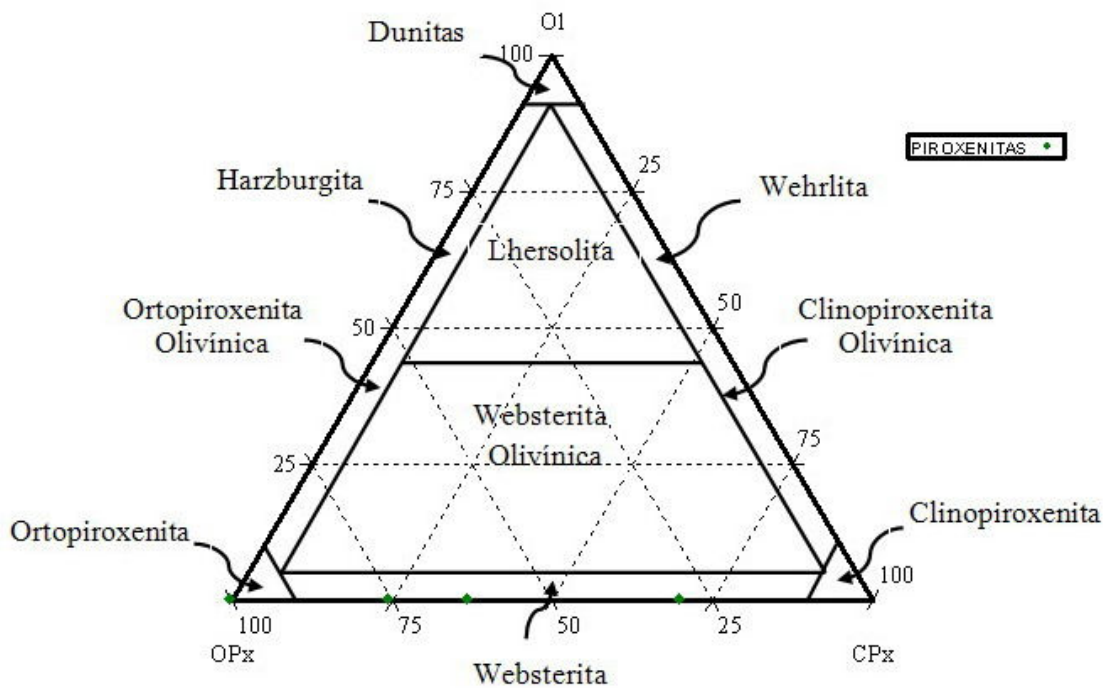


Fig. 15: Triángulo de clasificación de piroxenitas (ortopiroxenitas y websteritas).

Tabla VI: Mineralogía general de las piroxenitas (ortopiroxenitas y websteritas)

PIROXENITAS

Muestra	Tipo de Roca	Ortopiroxenos %	Clinopiroxenos %	Epidoto %	Espinela %	Magnetita %	Esfena %	Leucoceno %	SERPENTINITA %	Talco %
M6	Websterita	70	23	3			1		3	
M7	Ortopiroxenita	70		25		2	2			1
M36	Websterita	25	59		7	5	1	3		
M37	Websterita	20	67		5	2	2	3		

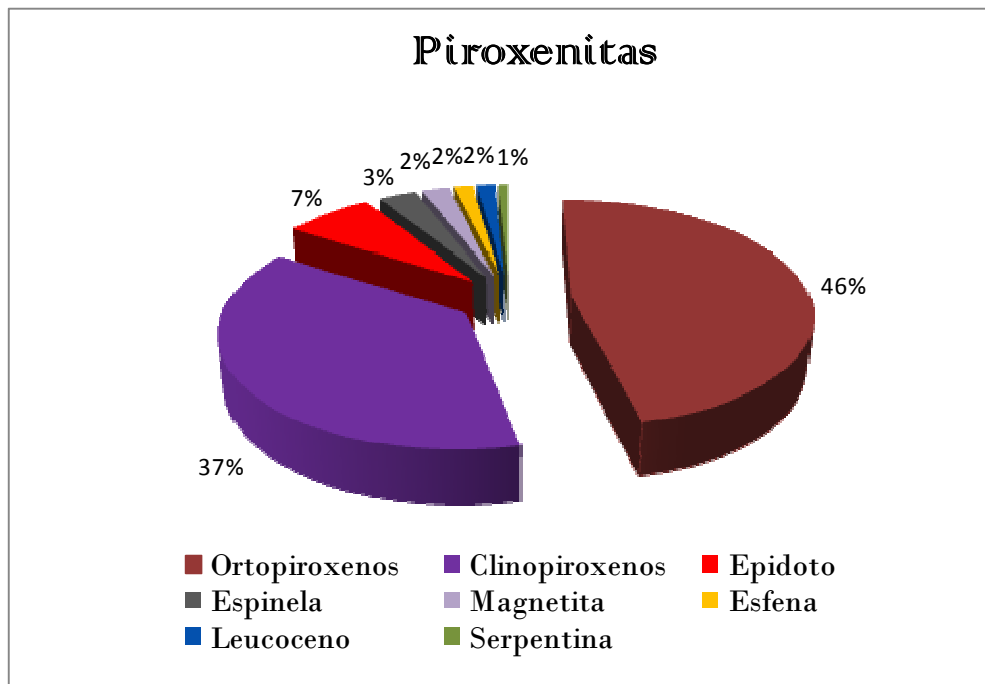


Fig. 16: Gráfico de proporciones mineralógicas promedio en las ortopiroxenitas y websteritas.



Fig. 17: Websterita que muestra cristales visibles de ortopiroxenos en muestra de mano (Muestra de mano: M37)

4.2 TEXTURAS

4.2.1 Generalidades

Diferentes texturas fueron observadas en las rocas de la zona estudiada, estas texturas muestran evidencia de su proceso de formación. La mayoría de las texturas observadas en los diferentes tipos de roca están relacionadas con su cristalización y generalmente deformación, a diferentes niveles de la corteza y el manto. Microscópicamente se observaron las siguientes texturas:

4.2.2 Textura Porfiroclástica

Esta textura se define como cristales gruesos embebidos en una matriz fina. En muchas rocas ultramáficas del Complejo de la Peridotita de Tinaquillo está bien desarrollada este tipo de textura. En las dunitas y en las harzburgitas se tiene este tipo de textura, definida por porfiroclastos de enstatita y con menos frecuencia de olivino.

Aproximadamente un 75% del volumen total de estas rocas está constituido por la matriz en la que estos porfiroclastos se encuentran embebidos, esta matriz en su mayoría son neoblastos de olivino, clinopiroxeno y ortopiroxeno (ver figura 18).

Los porfiroclastos de enstatita se caracterizan por presentarse largos, microfracturados, en algunos casos con exsolución lamelar (ver figura 19) la mayor longitud de estos porfiroclastos de enstatita alcanzan los 2 mm de largo.

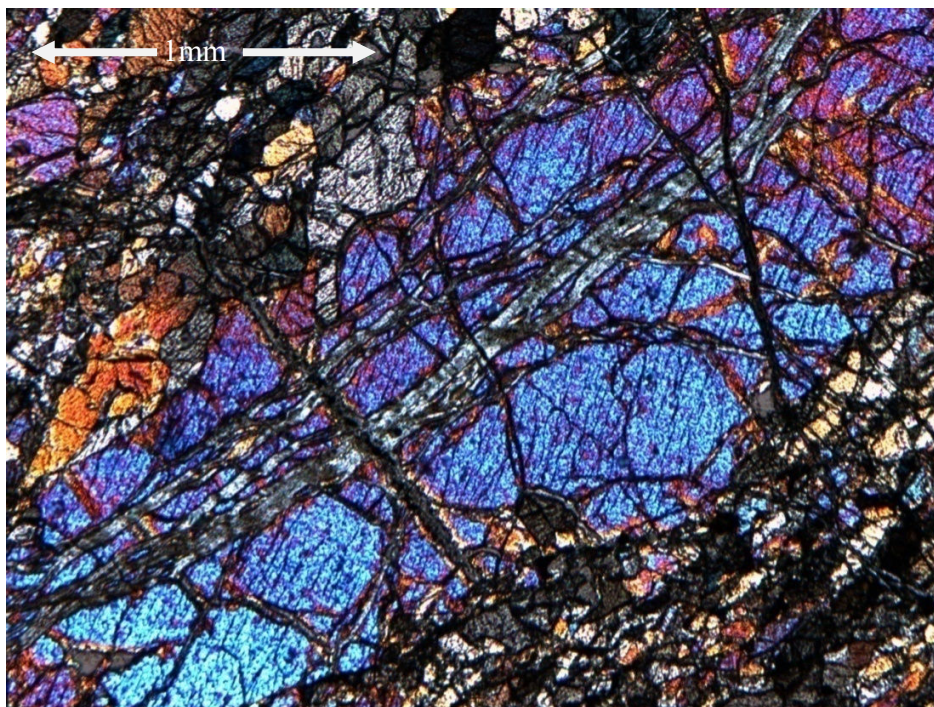


Fig. 18: Fotomicrografía de porfiroclasto de augita en una matriz de olivino de cristales de tamaño menor (Muestra: M22. NX Objetivo 10x).

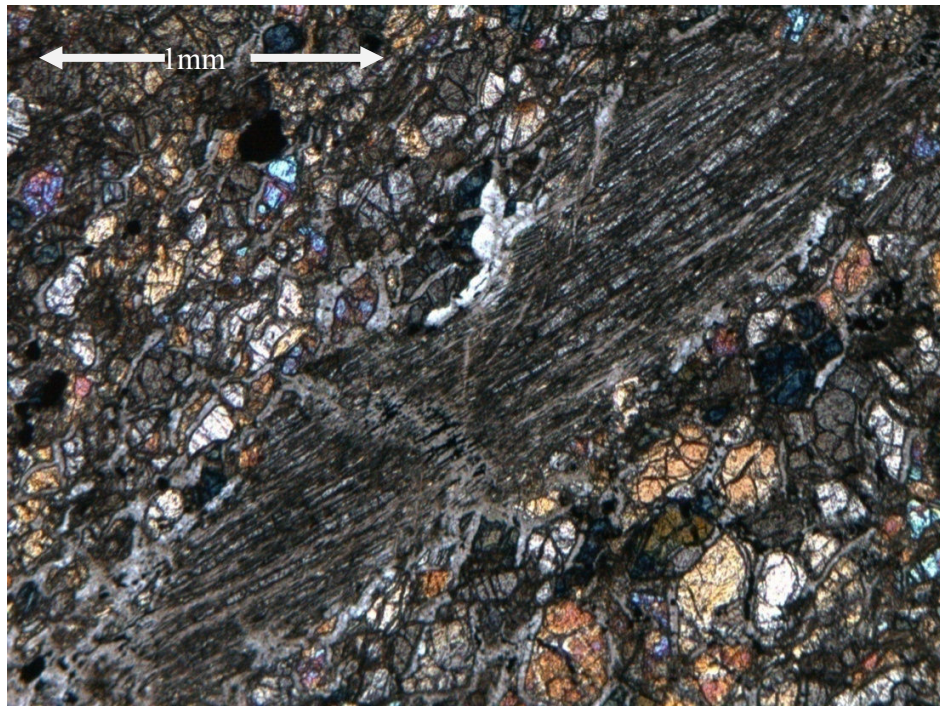


Fig. 19: Fotomicrografía de fenocristal de piroxeno presentando exsolución lamelar (Muestra: M13. NX Objetivo 10x).

4.2.3 Textura Poiquilitica

La textura poiquilitica se define como inclusiones de pequeños cristales dentro de pórfidos (fenocristales). Por lo general los fenocristales son de feldespato potásico en rocas de composición granítica. Las inclusiones pueden cristalizar primero que el pórfido o al mismo tiempo. Esta textura se hace presente en las dunitas, websteritas y piroxenitas, en pórfidos de enstatita, las inclusiones están constituidas por augita de hábito subredondeado (ver figura 20).

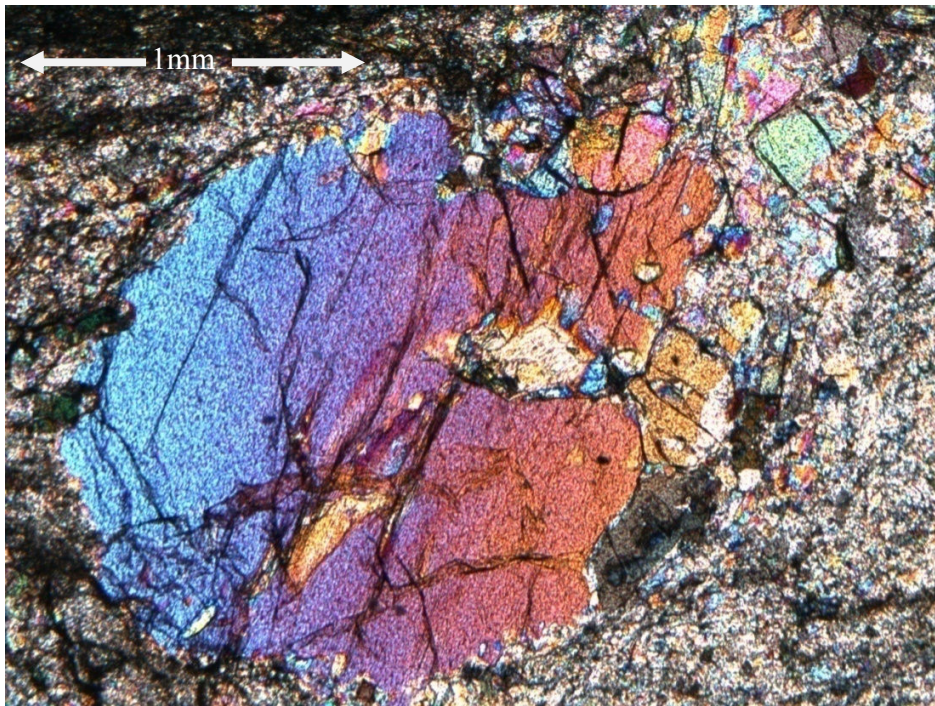


Fig. 20: Fotomicrografía de fenocristal de augita presentando inclusiones de enstatita (Muestra: M29. NX Objetivo 10x).

4.2.4 Textura Reliquia

Se define como aquella en la cual un mineral se altera a otro manteniendo su forma original. En las rocas estudiadas este tipo de textura es común en las serpentinitas y en las dunitas, en estas dos rocas se puede ver como la serpentización actúa sobre pórfidos de olivino, manteniendo el olivino su forma original. Asociada a esta textura también se tiene la textura mesh, la cual representa minerales del grupo de la serpentina que rodean y atraviesan cristales de olivino y piroxenos, demostrando el nivel de serpentización de estos minerales (ver figura 21).

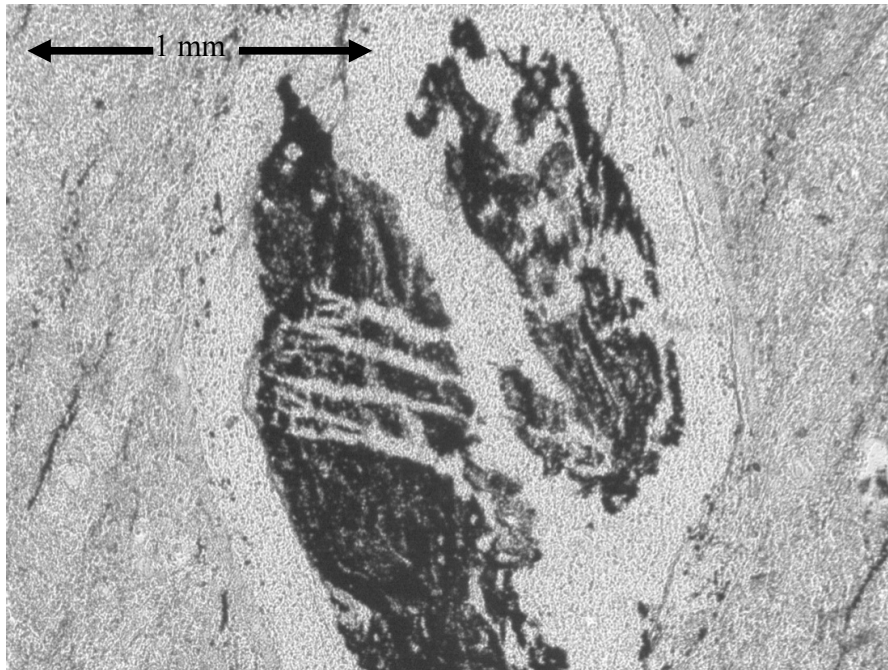


Fig. 21: Fotomicrografía de fenocristal alterando a magnetita que presenta una estructura reliquia (Muestra: M10B. NP Objetivo 10x).

4.3 FOTOMICROGRAFÍAS Y DESCRIPCIONES PETROGRÁFICAS

M1 SERPENTINITA

Macroscópicamente se observa una roca con color fresco verde oscuro y color meteorizado verde claro. La roca presenta un brillo craso, se pueden ver cristales de magnetita embebidos en la matriz de grano muy serpentina. La roca está completamente serpentinizada.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (94%) y como mineral accesorio la magnetita (6%). Se observan estructuras reliquia como vestigios del protolito, esto se ve como cristales de olivino o piroxenos que se encuentran muy serpentinizados y se preserva la forma del borde del mineral. La roca protolito es una peridotita. El tamaño de estos fenocristales de magnetita va de 0.05 mm a 0.45 mm de largo, estos fenocristales presentan hábito subredondeado (ver anexo 1 y figuras 22 y 23).

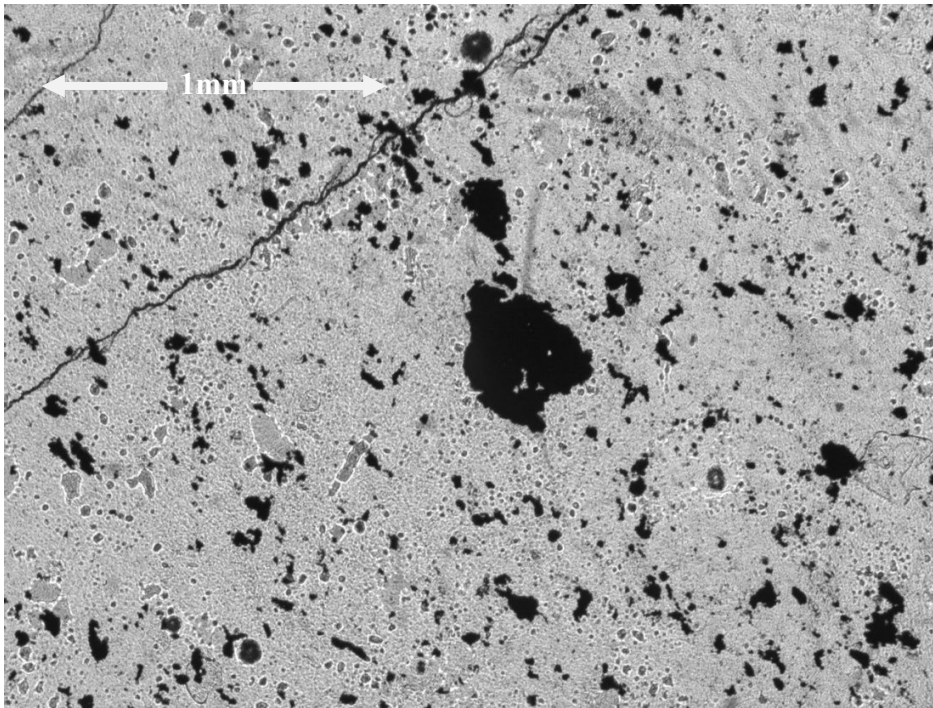


Fig. 22: Fotomicrografia M1. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

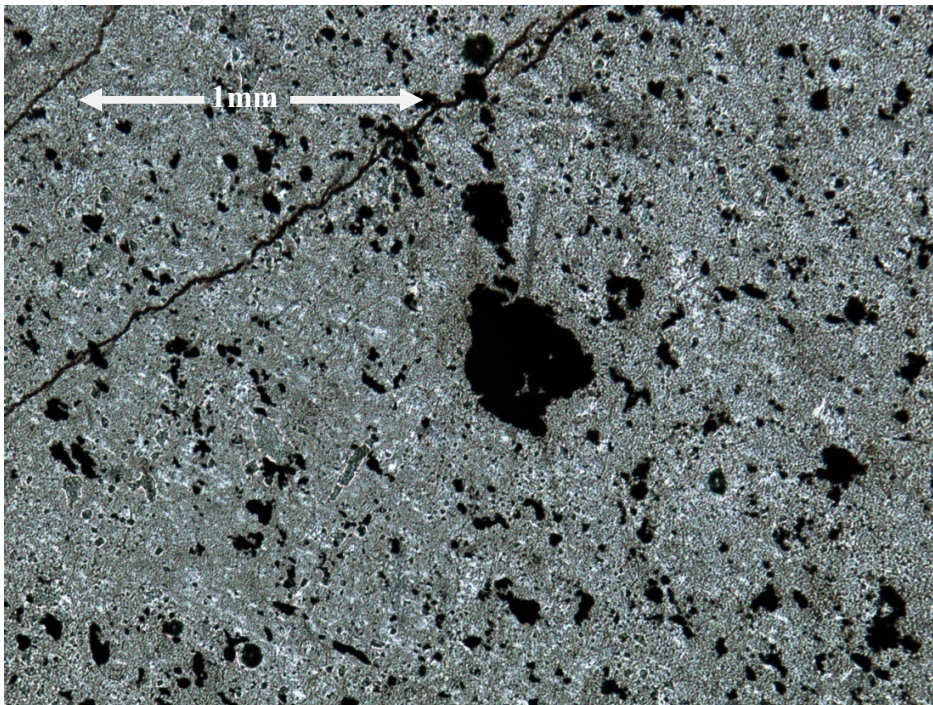


Fig. 23: Fotomicrografia M1. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de magnetita embebidos en una masa amorfa de serpentina.



M2

SERPENTINITA

Macroscópicamente se puede ver una roca con color meteorizado verde grisáceo, y color fresco verde oscuro. La meteorización es el principal agente que ha actuado sobre dicha roca. Se pueden ver fracturas muy diminutas rellenas de magnetita.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (95%) y como mineral accesorio la magnetita (5%). Se observa que los granos de magnetita se encuentran alineados indicativo de que en la roca hubo metamorfismo probablemente a alta P/T. La magnetita también se encuentra relleno de fracturas, se pueden ver remanentes de algún mineral que ha sido afectado por la serpentización, posiblemente olivino (ver anexo 1 y figuras 24 y 25).

M3

SERPENTINITA

Macroscópicamente la muestra presenta un color meteorizado verde grisáceo claro y un color fresco verde oscuro. La muestra presenta fracturas rellenas de magnetita, la roca presenta brillo craso. Igualmente se presentan manchas externas de color blanco amarillento producto de la meteorización que actúa en el afloramiento.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (97%) y como mineral accesorio la magnetita (3%). En esta matriz de granos muy fino se encuentran embebidos cristales de magnetita. La roca presenta textura reliquia de minerales pertenecientes al protolito (peridotita). La magnetita se presenta relleno de fracturas ligeramente orientadas (ver anexo 1 y figuras 26 y 27).

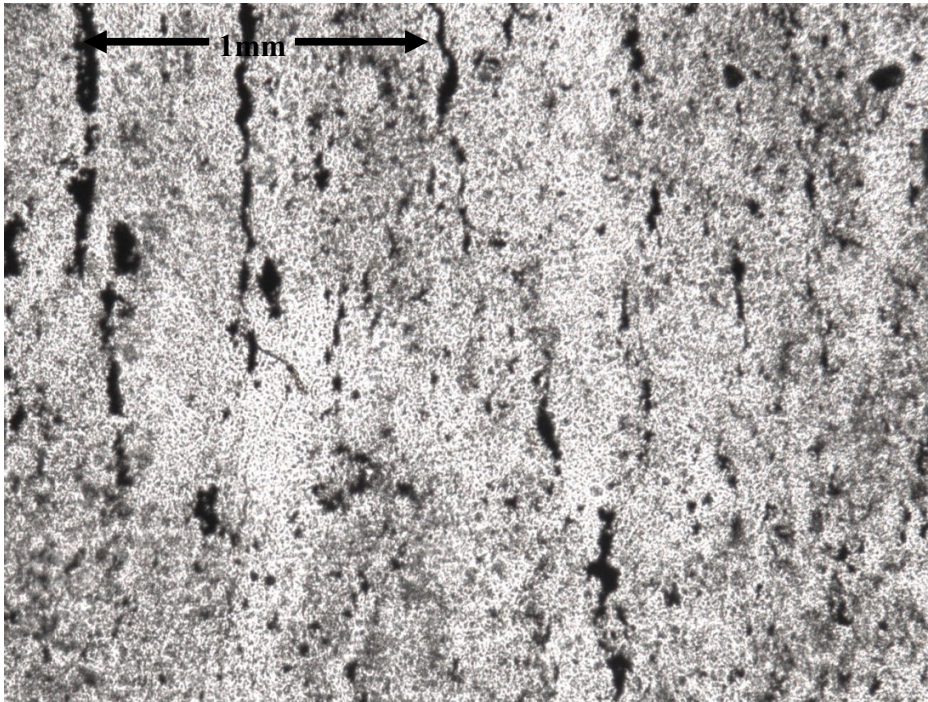


Fig. 24: Fotomicrografia M2. Objetivo 10x. Nicols Paralelos.

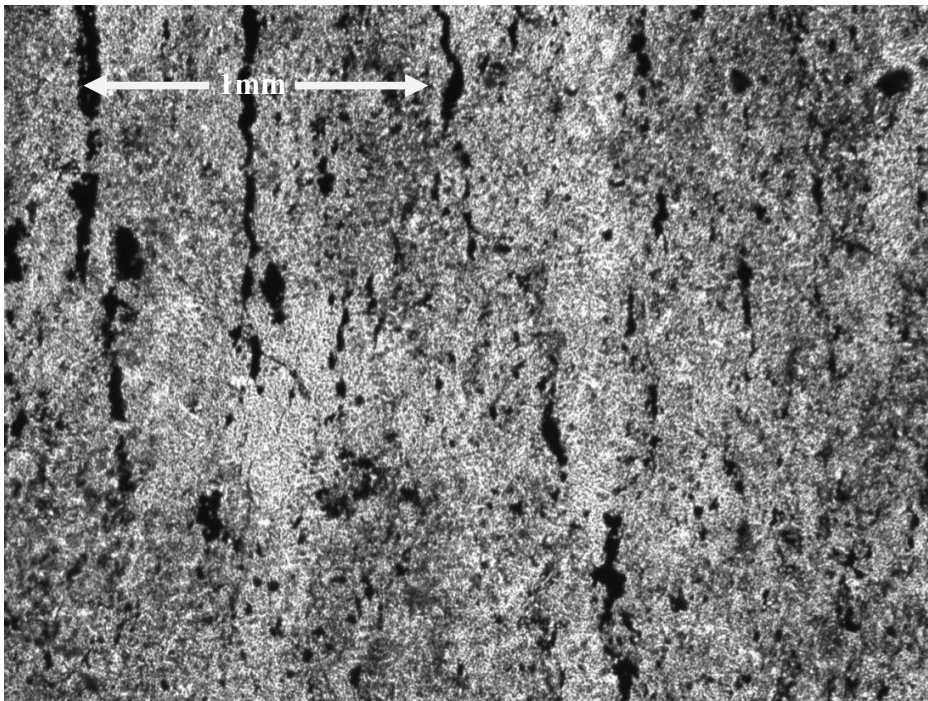


Fig. 25: Fotomicrografia M2. Objetivo 10x. Nicols Cruzados. Fracturas orientadas rellenas de cristales de magnetita embebidos en una masa amorfa de serpentina.

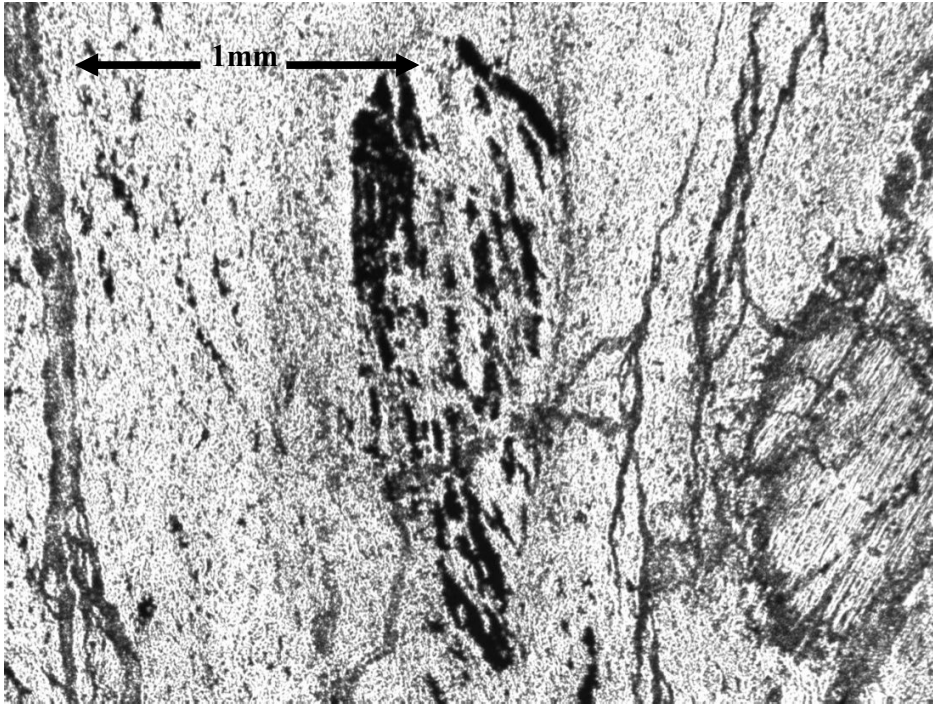


Fig. 26: Fotomicrografia M3. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

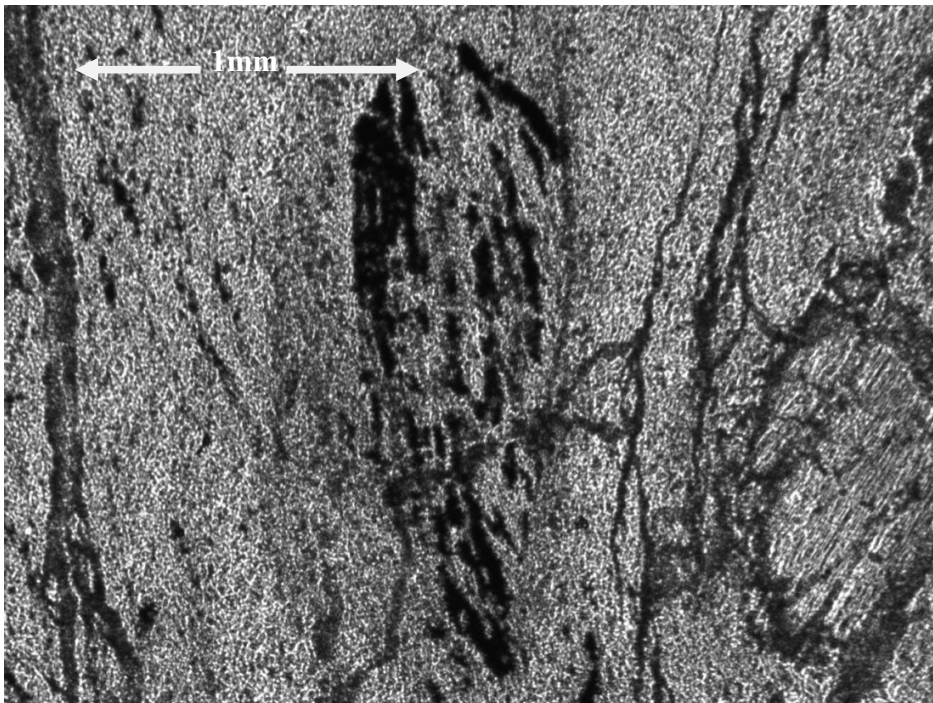


Fig. 27: Fotomicrografia M3. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Textura reliquia de un mineral perteneciente al protolito.



M4

SERPENTINITA

Macroscópicamente la roca es de color meteorizado verde claro y color fresco verde oscuro. Se observan fracturas rellenas por óxidos generalmente magnetita. La roca presenta un brillo craso.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (91%) y como minerales accesorios magnetita (7%) y leucoxeno (2%), el cual es el producto de alteración de minerales ricos en titanio. Se observa la presencia de texturas reliquia en los cuales sólo permanece el borde del mineral en proceso de serpentinización, la magnetita presente se encuentra embebida en la matriz de granos muy fino de serpentina y también se encuentra relleno de fracturas, dichas fracturas interrumpen el poco lineamiento que tienen los cristales de magnetita (ver anexo 1 y figuras 28 y 29).

M5A

SERPENTINITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde oscuro, la muestra no posee brillo debido a que se encuentra muy alterada, presentando fracturas en varias direcciones.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (99%) y como mineral accesorio la magnetita (1%). Se observan texturas reliquia de minerales que determinan la estructura de la peridotita como roca protolito, algunos de esos minerales comienzan a mostrar sus colores de birrefringencia de segundo orden, lo que indica que la mineralogía del protolito pueden ser cristales de olivino que están muy serpentinizados (ver anexo 1 y figuras 30 y 31).

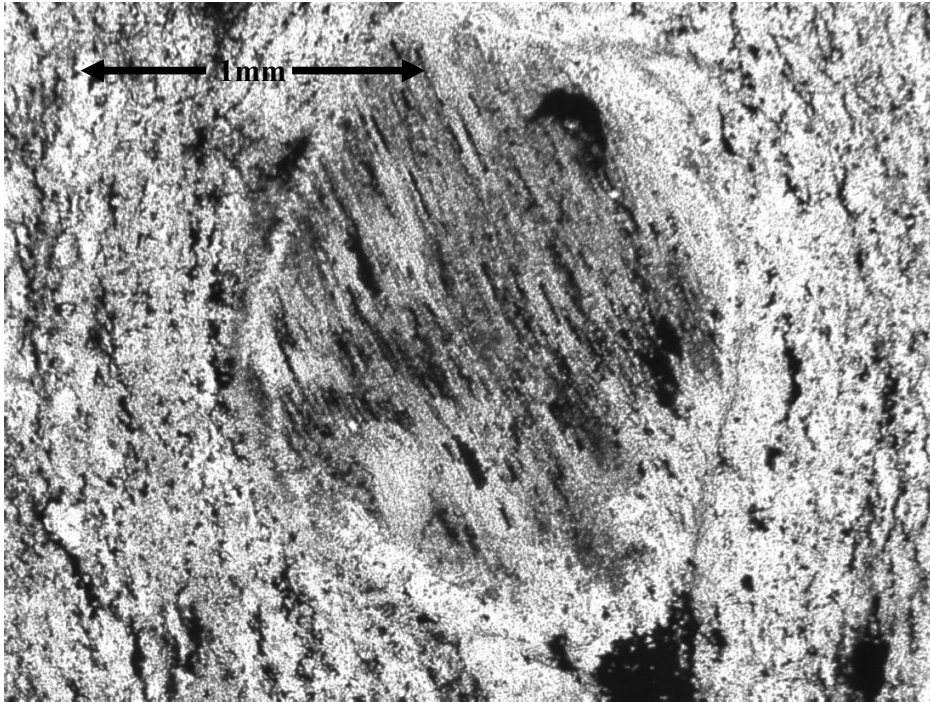


Fig. 28: Fotomicrografia M4. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

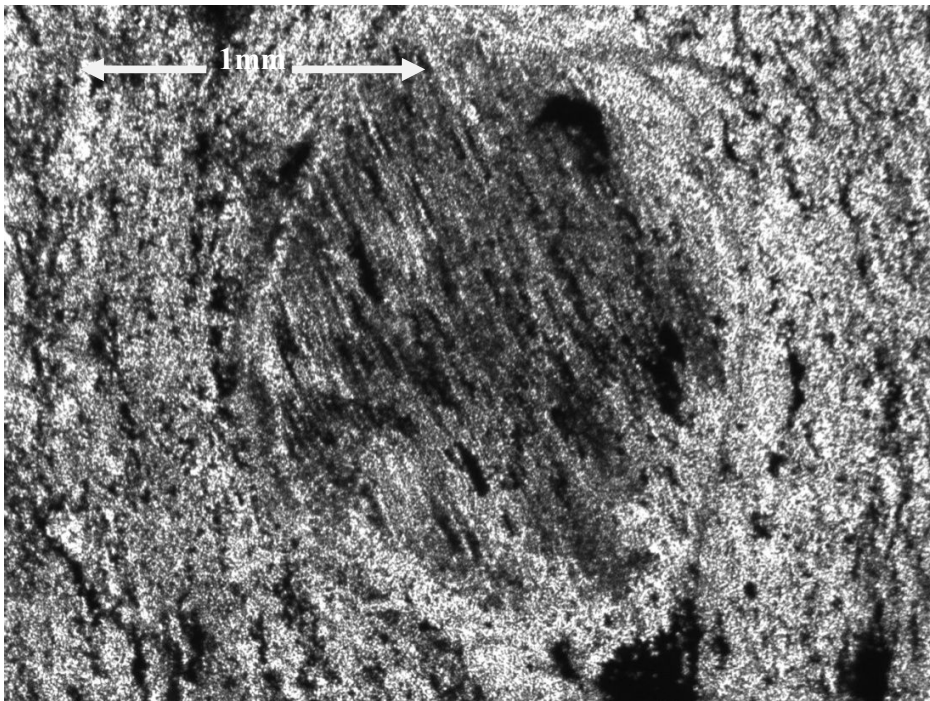


Fig. 29: Fotomicrografia M4. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Textura reliquia de un mineral ovalado en proceso de serpentización.

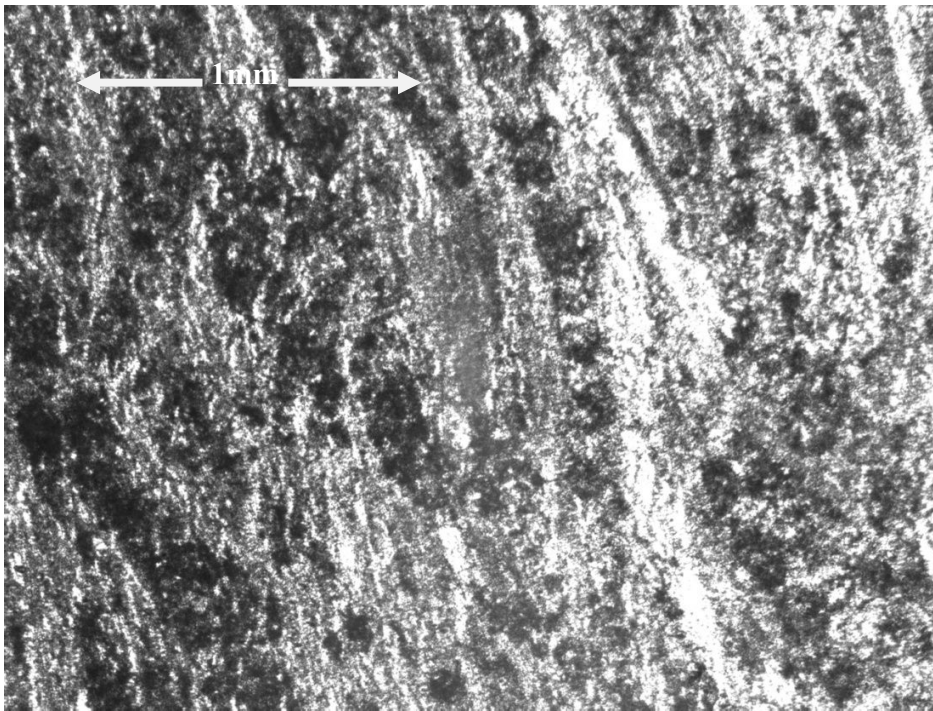


Fig. 30: Fotomicrografía M5A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

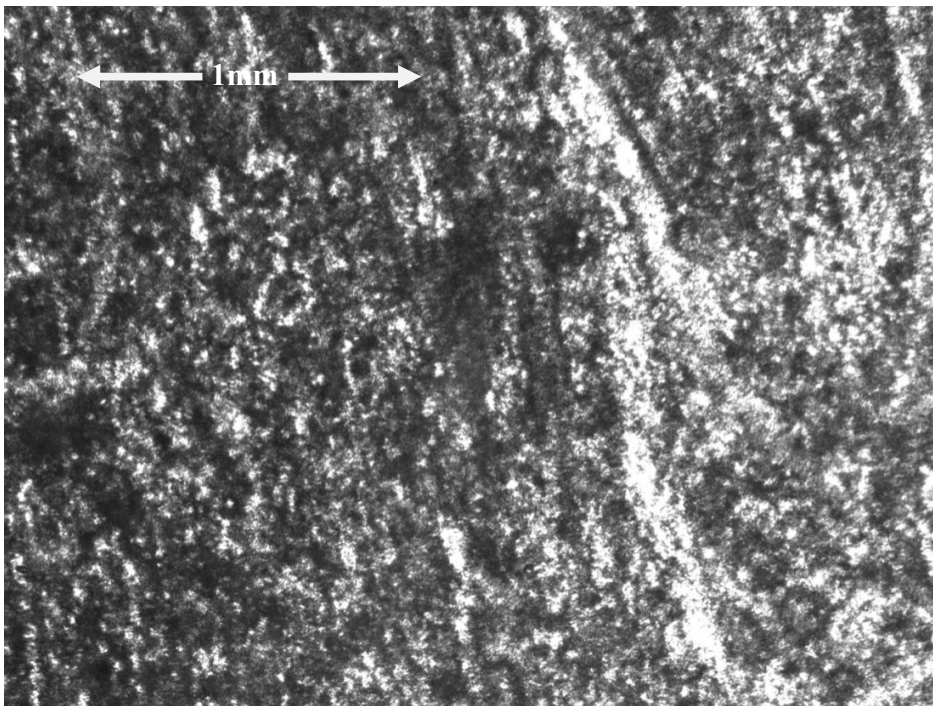


Fig. 31: Fotomicrografía M5A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Venas de magnetita en una masa amorfa de serpentina.



M5B

SERPENTINITA

Macroscópicamente la muestra posee un color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde grisáceo oscuro. No presenta fracturas o planos de debilidad, la muestra es de brillo craso.

Microscópicamente la muestra posee como mineral esencial a la serpentina (91%) y como minerales accesorios piroxenos (7%) y magnetita (2%). Los piroxenos se presentan como pórfidos cuyo tamaño de estos granos llegan a alcanzar hasta un 0.25 mm de largo (ver anexo 1 y figuras 32 y 33).

M6

WEBSTERITA

Macroscópicamente la roca es de color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde oscuro. La muestra posee un tamaño de grano de fino a medio. Igualmente se ven granos de piroxeno. La roca no presenta fracturas.

Microscópicamente la roca presenta como minerales esenciales ortopiroxeno (enstatita) en un 70% y un 23% de clinopiroxeno. Como minerales accesorios el epidoto (3%), esfena (1%) y serpentina (3%). Los ortopiroxenos se encuentran muy alterados en la muestra y se observa la presencia de venillas rellenas por serpentina, probablemente rellenas durante el metamorfismo hidrotermal (ver anexo 1 y figuras 34 y 35).

M7

ORTOPIROXENITA

Macroscópicamente se observa que la muestra posee un color meteorizado gris verdoso claro, el color fresco es un gris verdoso oscuro. Se pueden ver ciertas fracturas rellenas de un mineral gris azulado, los pocos granos observados poseen un tamaño que va desde 0,05 mm. a 1mm., posee brillo craso.

Microscópicamente la roca es de granularidad fanerítica, presenta como minerales esenciales ortopiroxeno (enstatita) en un 70% y clinopiroxeno 25% y como minerales accesorios esfena 2%, magnetita 2% y talco 1%. Los clinopiroxenos por lo general se encuentran en las fracturas que la muestra presenta (ver anexo 1 y figuras 36 y 37).

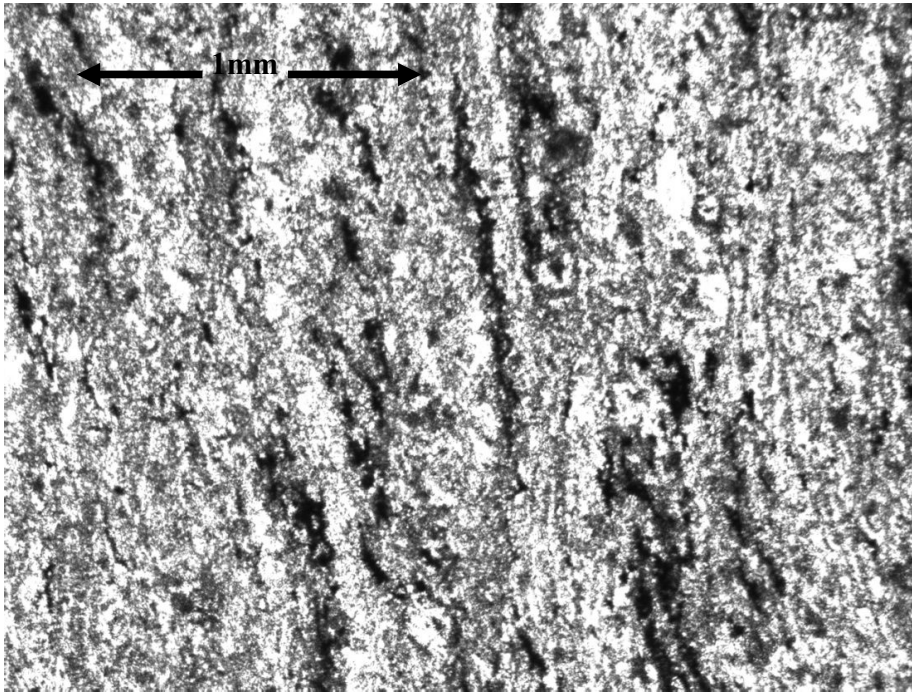


Fig. 32: Fotomicrografia M5B. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

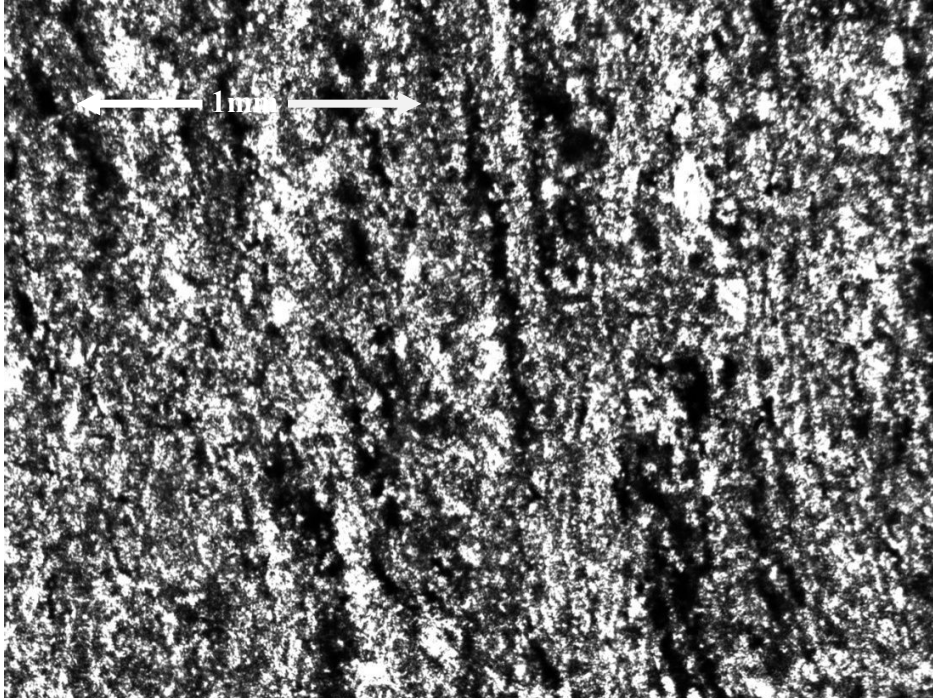


Fig. 33: Fotomicrografia M5B. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Venas rellenas de magnetita en serpentina.

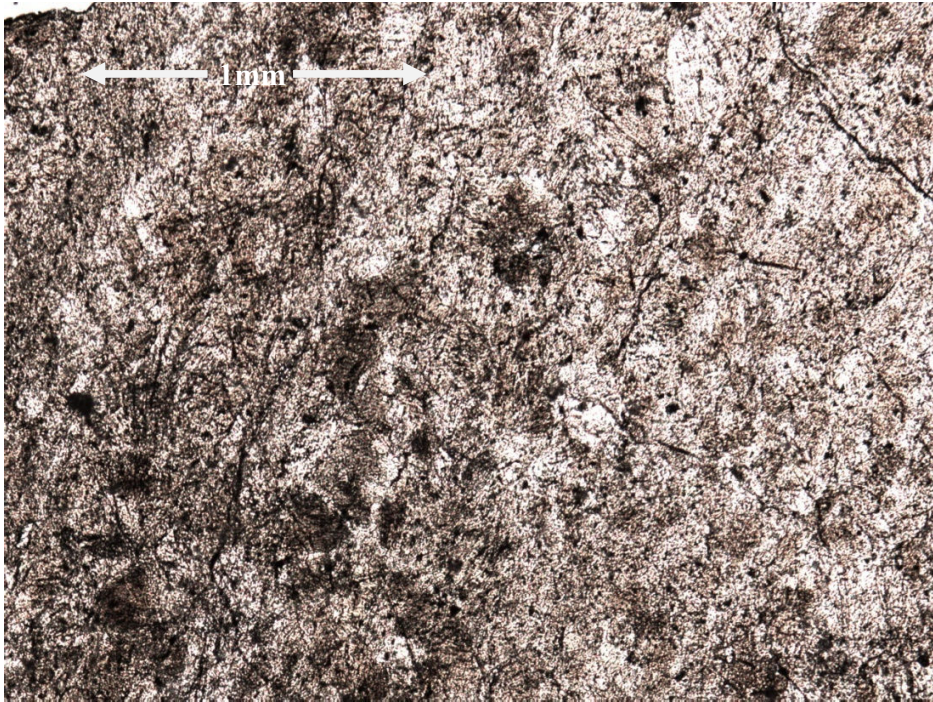


Fig. 34: Fotomicrografía M6. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.



Fig. 35: Fotomicrografía M6. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de piroxenos alterados por la meteorización que afecta la zona.

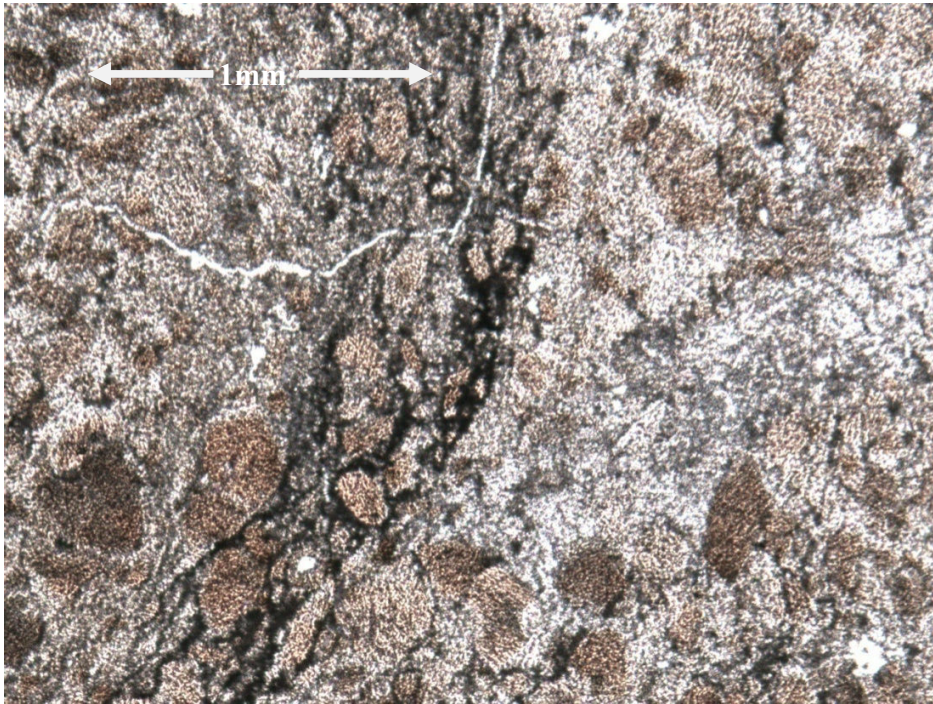


Fig. 36: Fotomicrografía M7. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

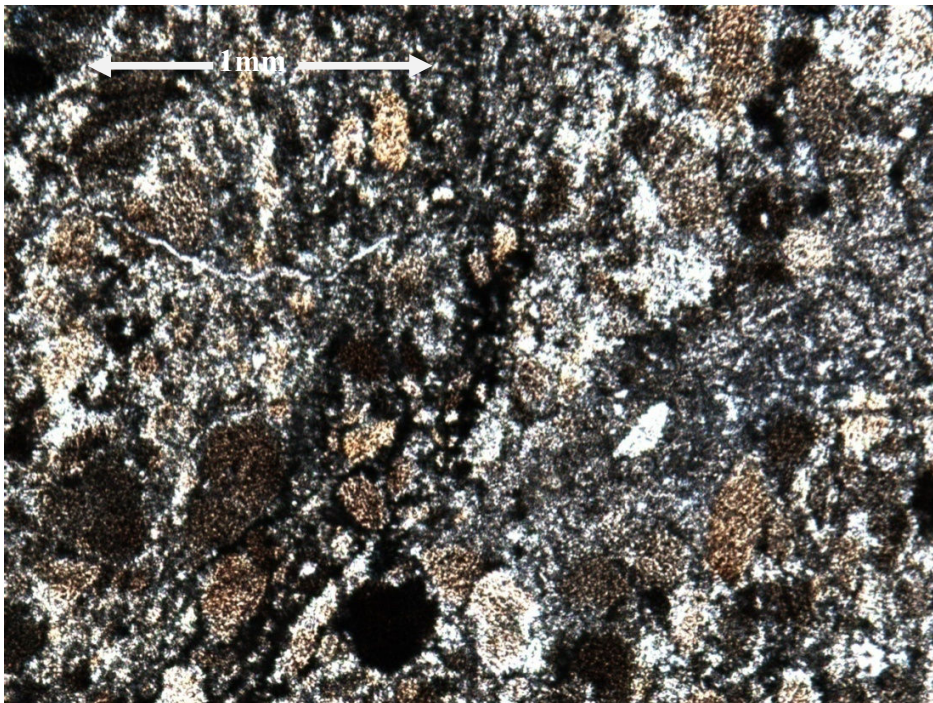


Fig. 37: Fotomicrografía M7. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Distribución irregular de cristales de Enstatita.



M8

SERPENTINITA

Macroscópicamente la muestra posee un color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde grisáceo oscuro. Se observa que la muestra está muy serpentinizada.

Microscópicamente se observa una masa amorfa de serpentina con granos de magnetita como mineral accesorio, también se observan estructuras reliquia pertenecientes al protolito cuyos cristales han sido serpentinizados (ver anexo 1 y figuras 38 y 39).

M9

SERPENTINITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado gris verdoso claro, y color fresco verde oscuro se pueden observar venillas sin ningún patrón definido. La muestra es de brillo craso.

Microscópicamente se observa abundante serpentina y cordones de magnetita que quedan como remanente de fluidos producto de la serpentización (ver anexo 1 y figuras 40 y 41).

M10A

SERPENTINITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado gris claro manchas de color ocre, el color fresco es verde grisáceo oscuro, la muestra presenta pequeñas fracturas.

Microscópicamente la roca presenta una masa amorfa de serpentina con cristales de magnetita, también se observan fracturas rellenas de óxido. La magnetita se encuentra reemplazando cristales preexistentes, por lo cual es común la textura reliquia (ver anexo 1 y figuras 42 y 43).



Fig. 38: Fotomicrografía M8. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

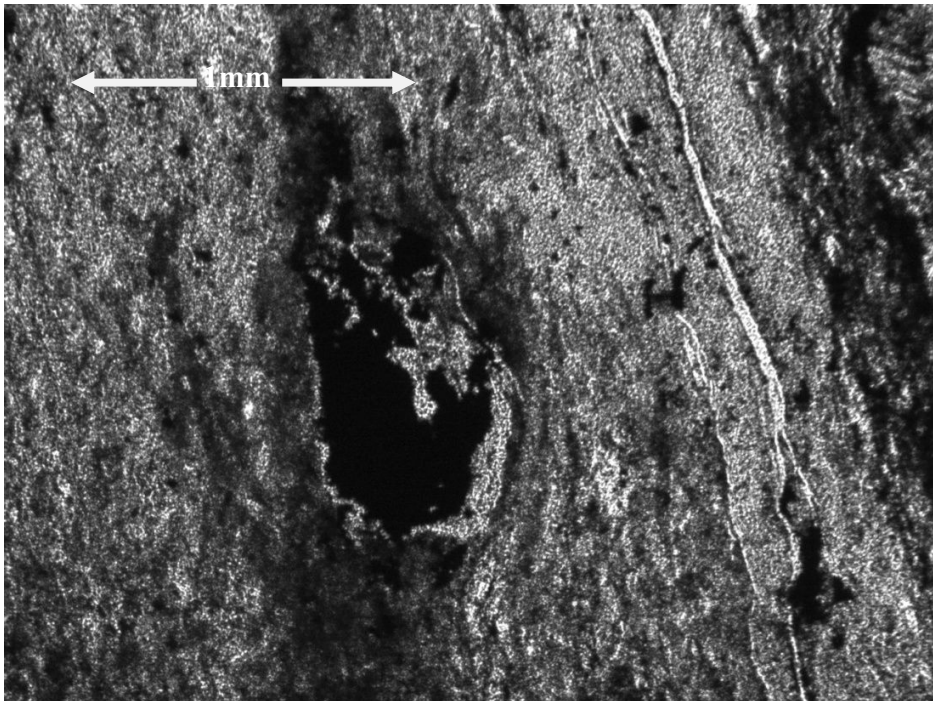


Fig. 39: Fotomicrografía M8. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentinización.



Fig. 40: Fotomicrografia M9. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

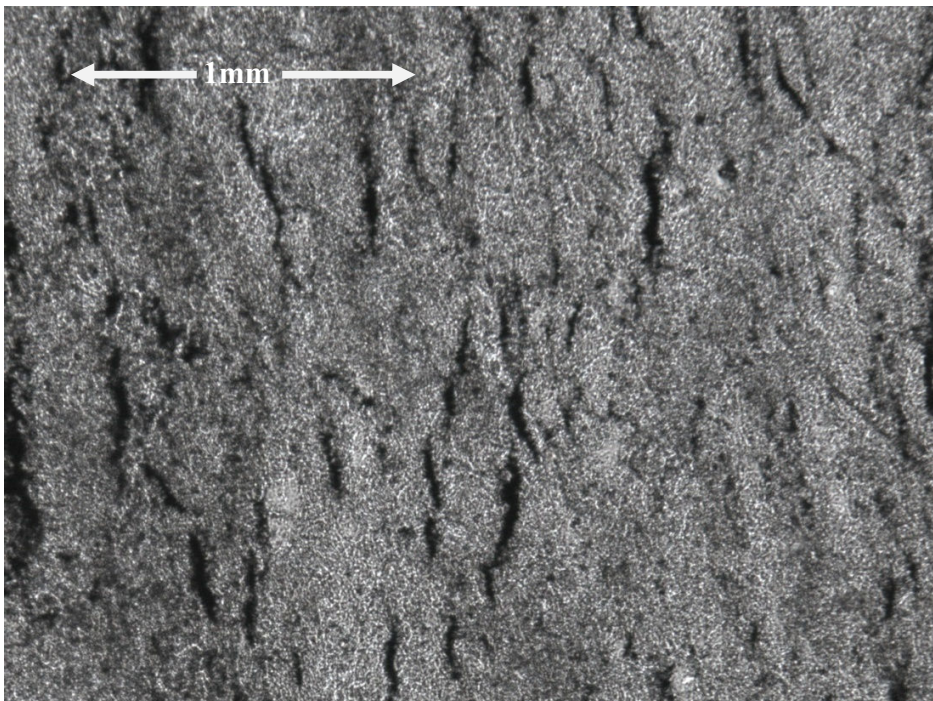


Fig. 41: Fotomicrografia M9. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fracturas rellenas de magnetita, ligeramente orientadas en una masa amorfa de serpentina.

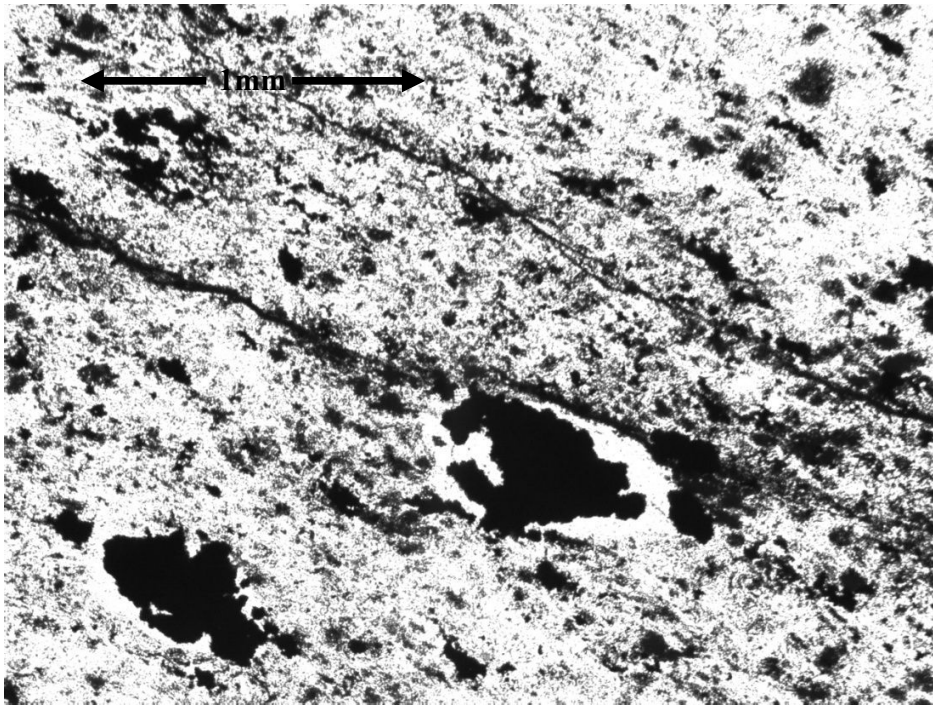


Fig. 42: Fotomicrografía M10A: Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

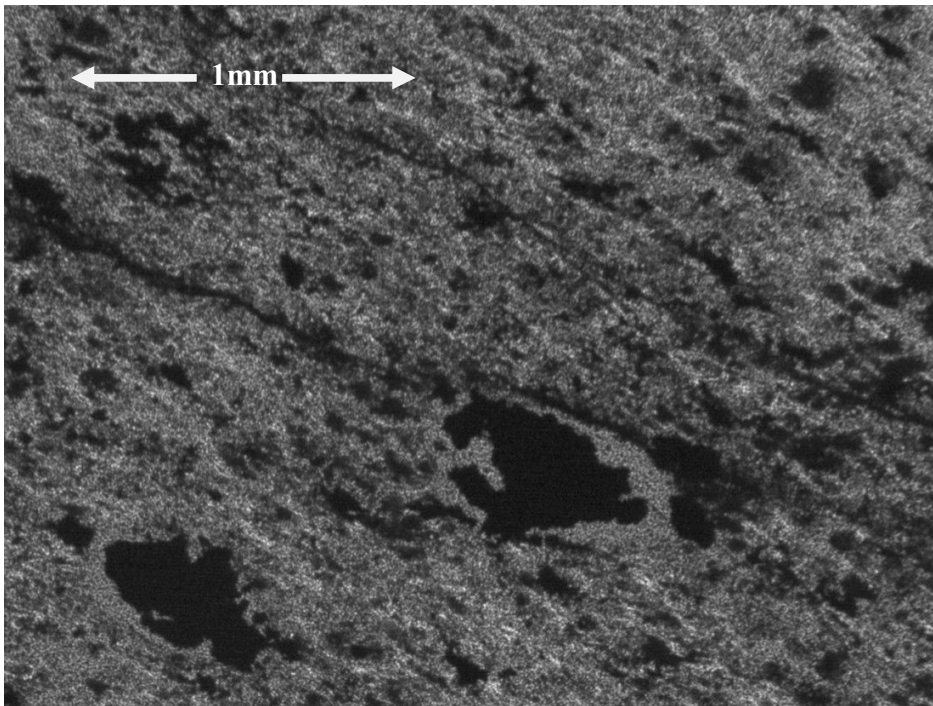


Fig. 43: Fotomicrografía M10A: Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Serpentina con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentinización.



M10B

SERPENTINITA

Macroscópicamente la muestra posee un color meteorizado verde amarillento y color fresco verde oscuro, se pueden ver algunos granos oscuros en forma de óvalos.

Microscópicamente la muestra presenta como mineral esencial la serpentina (94%) y como minerales accesorios magnetita (5%) y esfena (1%), la magnetita se encuentra rellenando venillas, las cuales cortan la serpentina, dichas venillas varían en longitud y grosor (ver anexo 1 y figuras 44 y 45).

M11

SERPENTINITA

Macroscópicamente se observa una roca cuyo color meteorizado verde grisáceo claro y color fresco verde oscuro, presenta fracturas rellenas de óxido de hierro, la granulometría es difícil de observar debido a lo compacto de la muestra. Se puede ver la presencia de pequeños granos de color negro, los cuales se encuentran en cierta parte de la muestra.

Microscópicamente se pueden ver texturas reliquia en la cuales el cristal presente está siendo reemplazado por el mineral magnetita y en otros casos por serpentina. La magnetita se encuentra en forma de granos y también en forma de venas entrecortadas, comúnmente se encuentran fracturas rellenas por óxido de hierro, producto de la meteorización que ha actuado en la zona de estudio (ver anexo 1 y figuras 46 y 47).

M12A

SERPENTINITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado verde claro y color fresco verde oscuro y manchas de óxido, la muestra es oscura en el centro y muestra capas de serpentización y oxidación hacia los bordes.

Microscópicamente se observa una masa amorfa de serpentina como mineral esencial (89%) y como minerales accesorios magnetita (10%) y talco (1%). Se observan texturas reliquias las cuales han sido serpentizadas (ver anexo 1 y figuras 48 y 49).

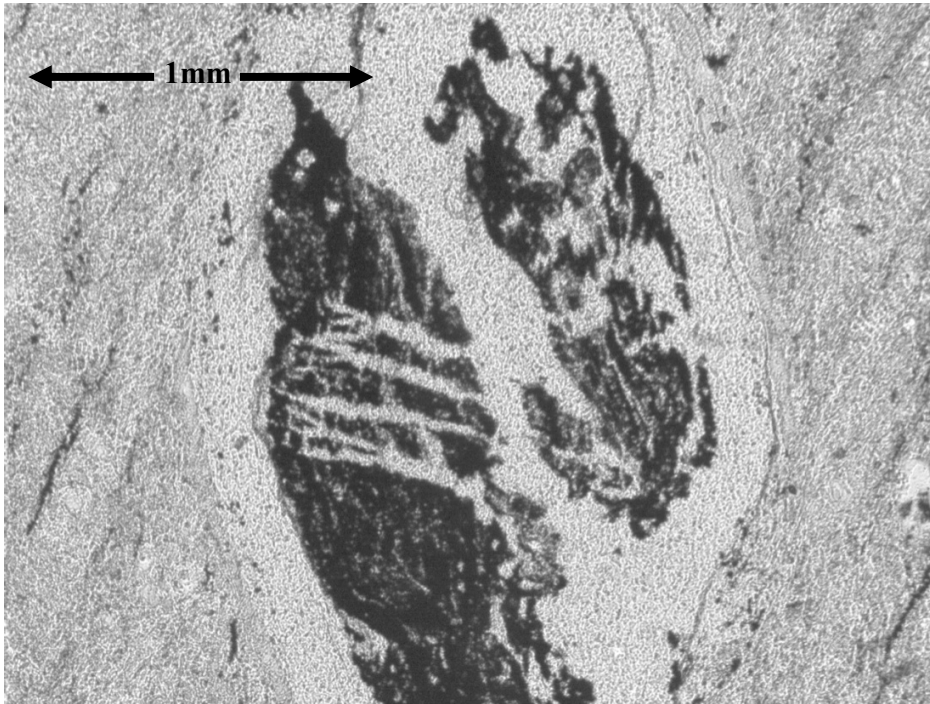


Fig. 44: Fotomicrografía M10B: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

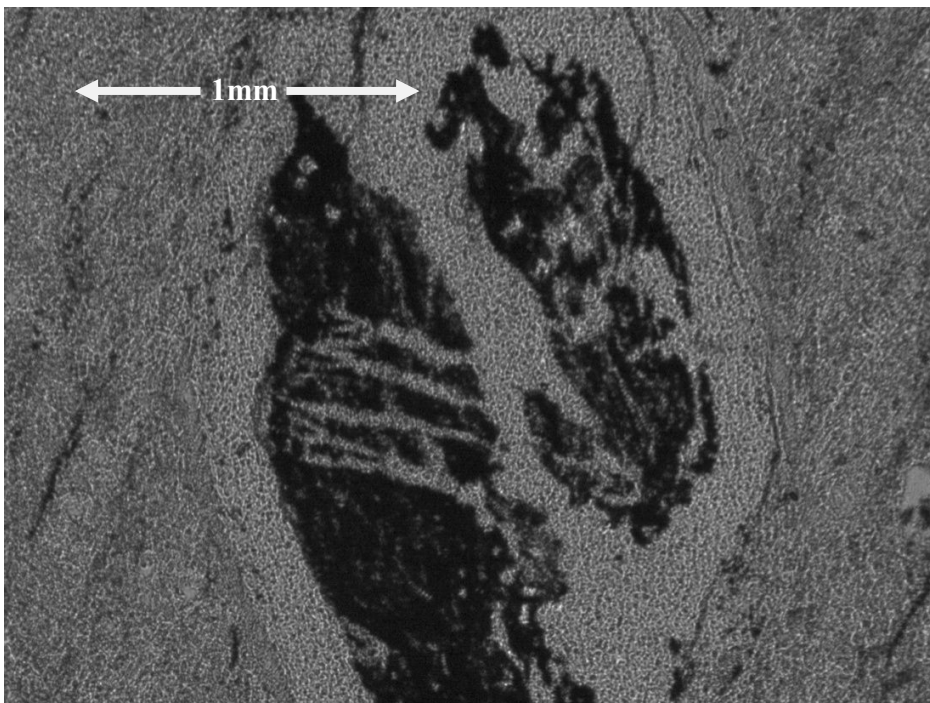


Fig. 45: Fotomicrografía M10B: Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentinización.

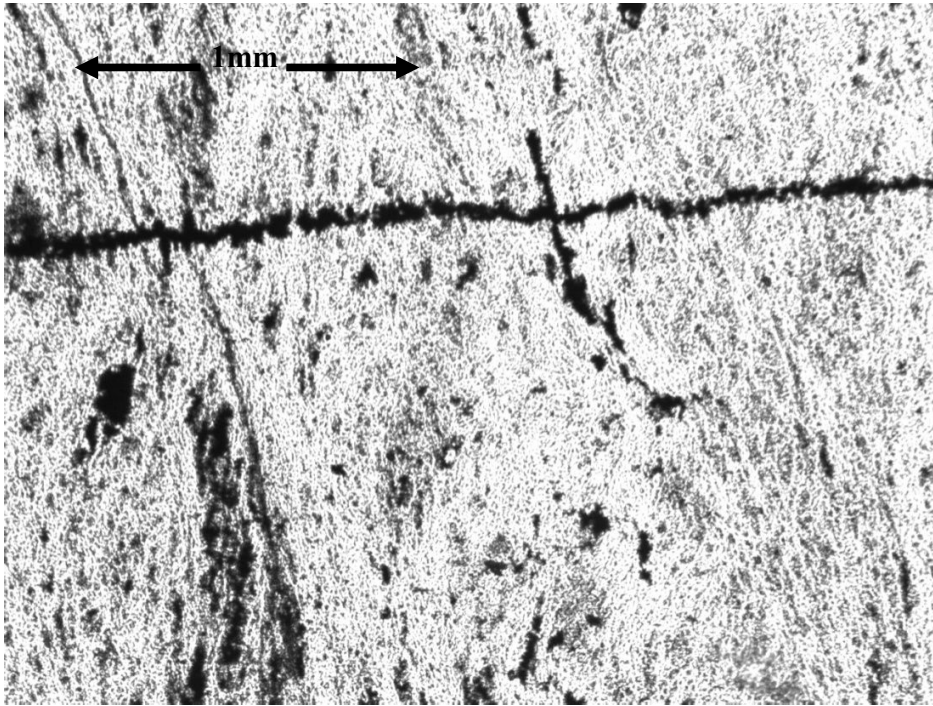


Fig. 46: Fotomicrografia M11: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

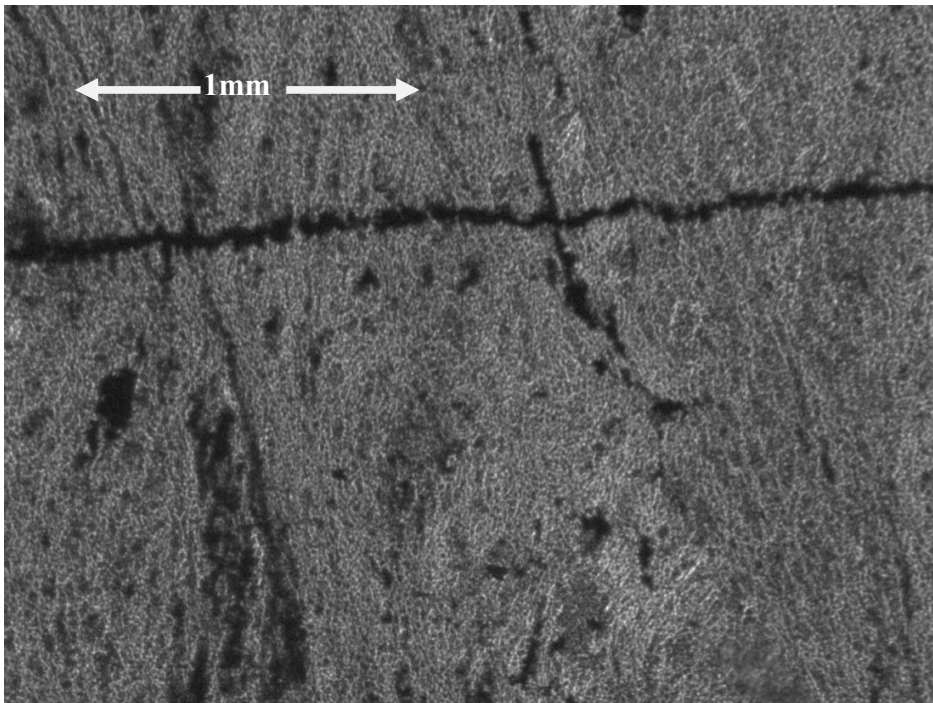


Fig. 47: Fotomicrografia M11: Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con fracturas rellenas de magnetita.

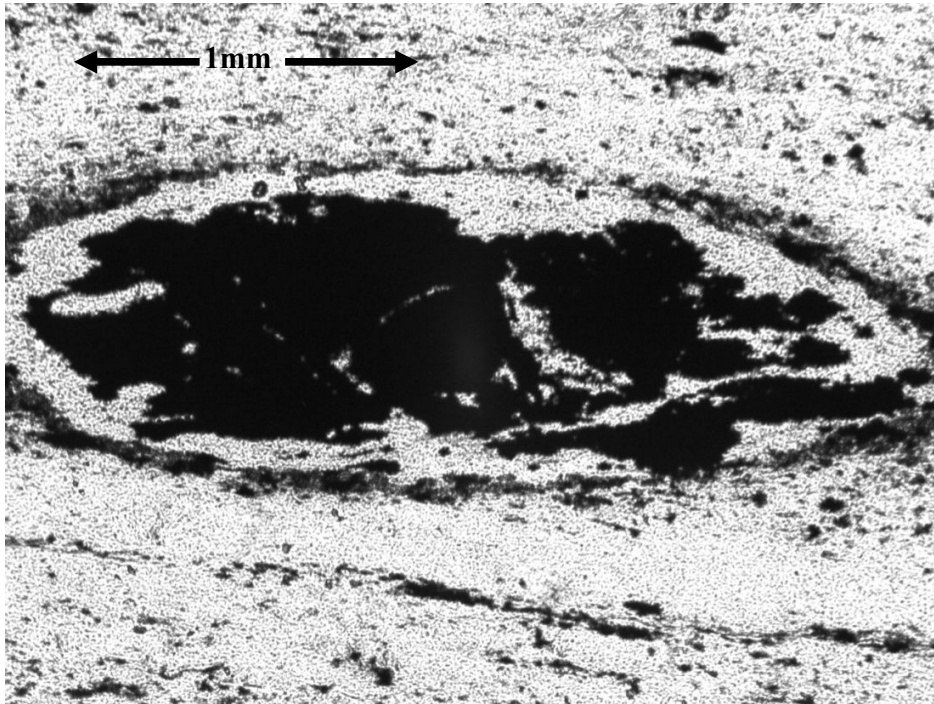


Fig. 48: Fotomicrografía M12A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

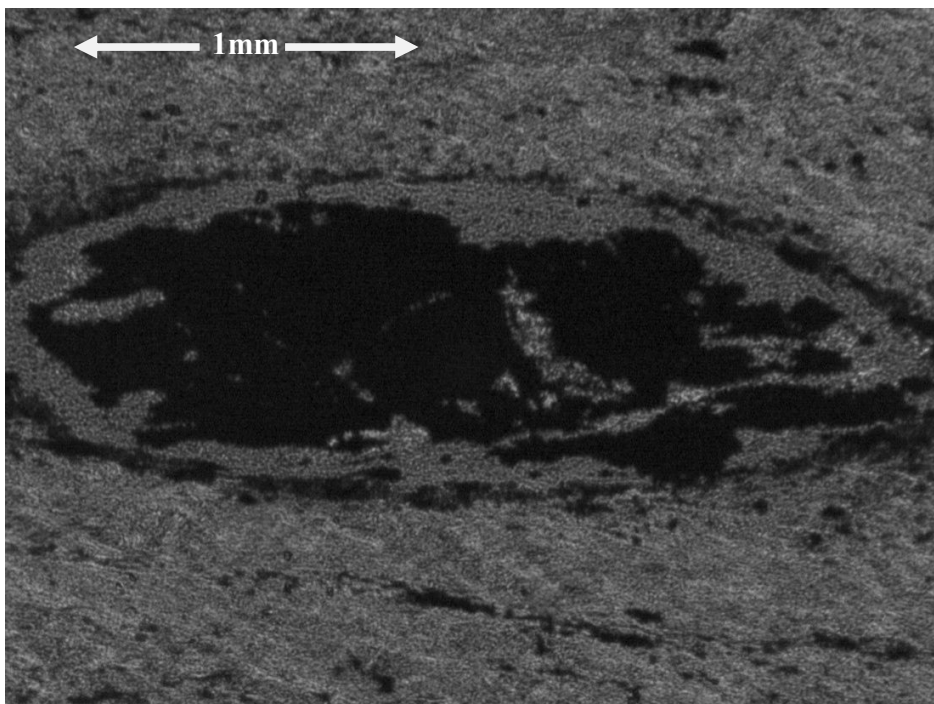


Fig. 49: Fotomicrografía M12A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, por el proceso de serpentinización.



M12B

SERPENTINITA

Macroscópicamente la roca posee un brillo craso y un color meteorizado verde claro y color fresco verde oscuro. La muestra está acompañada del mineral talco, el cual le da ese brillo craso que la muestra presenta.

Microscópicamente la muestra presenta como mineral esencial serpentina (95%) y como minerales accesorios talco (3%) y magnetita (2%). La magnetita se encuentra relleno de venillas (ver anexo 1 y figuras 50 y 51).

M13

HARZBURGITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado verde oscuro y color fresco verde grisáceo, se observan fracturas sin patrón definido, igualmente fenocristales de piroxenos.

Microscópicamente la muestra tiene como minerales esenciales olivino (82%), hipersteno (10%) y como minerales accesorios magnetita (7%) y serpentina (1%). La serpentina y la magnetita se encuentran relleno de fracturas. Se observan pórfidos de hipersteno igualmente de olivino embebidos en la matriz de grano fino de olivino. Los pórfidos de hipersteno presentan un tamaño promedio entre 0.30 mm y 0.70 mm de largo (ver anexo 1 y figuras 52 y 53).

M14

SERPENTINITA

Macroscópicamente los colores de meteorización varían de gris a verde grisáceo, y el color fresco es verde oscuro. Se observan venillas rellenas de talco las cuales se disponen en varias direcciones.

Microscópicamente se observa una roca completamente serpentizada, el talco se encuentra relleno de venillas así como la magnetita (ver anexo 1 y figuras 54 y 55).

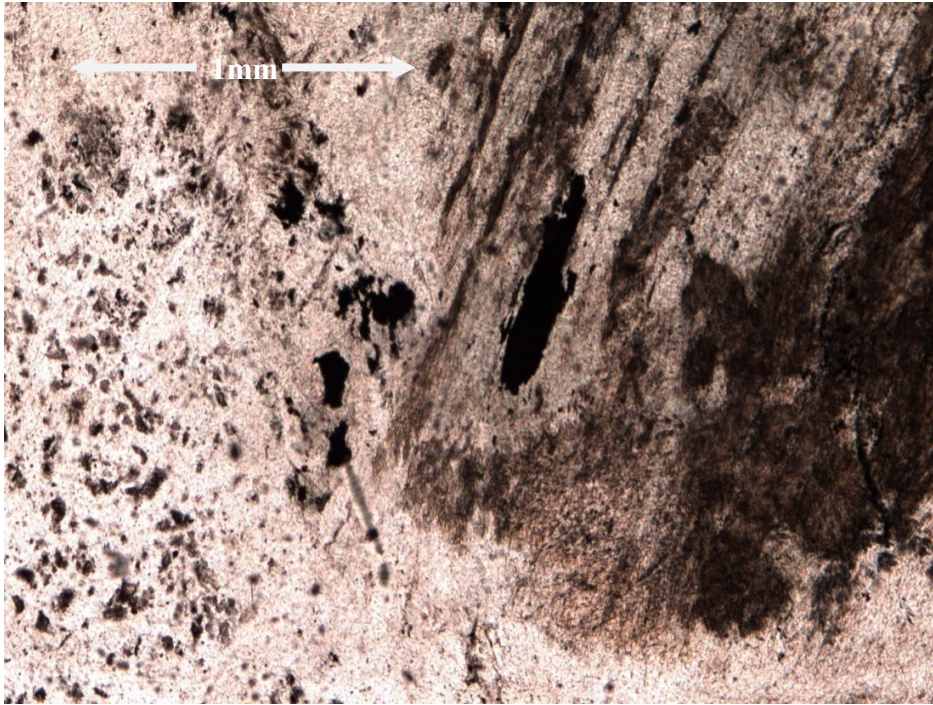


Fig. 50: Fotomicrografía M12B. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

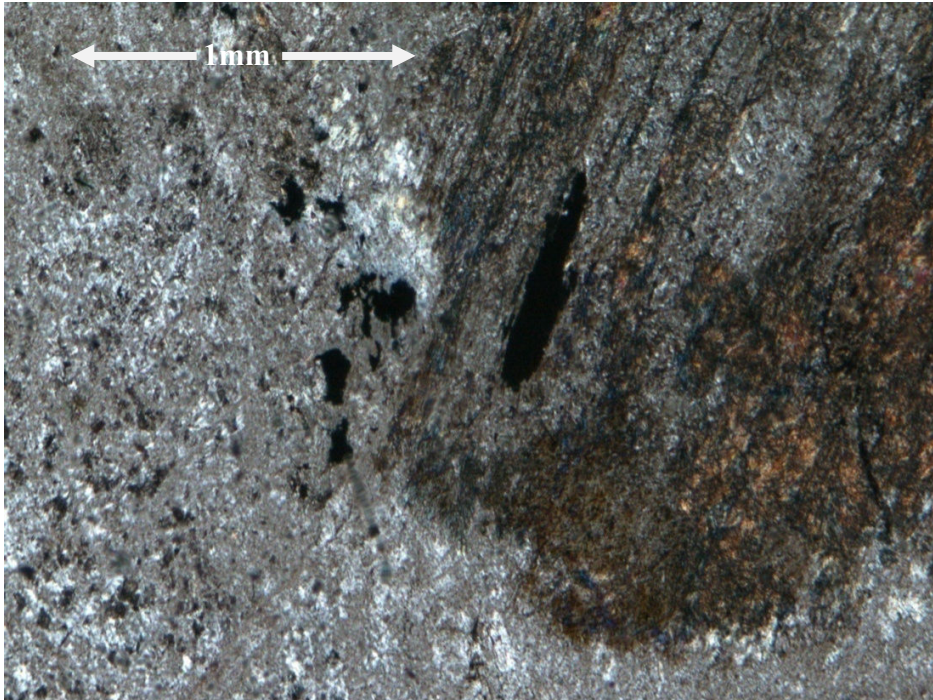


Fig. 51: Fotomicrografía M12B: Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Serpentinita con alteración de minerales a magnetita, que muestra colores de birrefringencia pertenecientes al protolito ígneo.

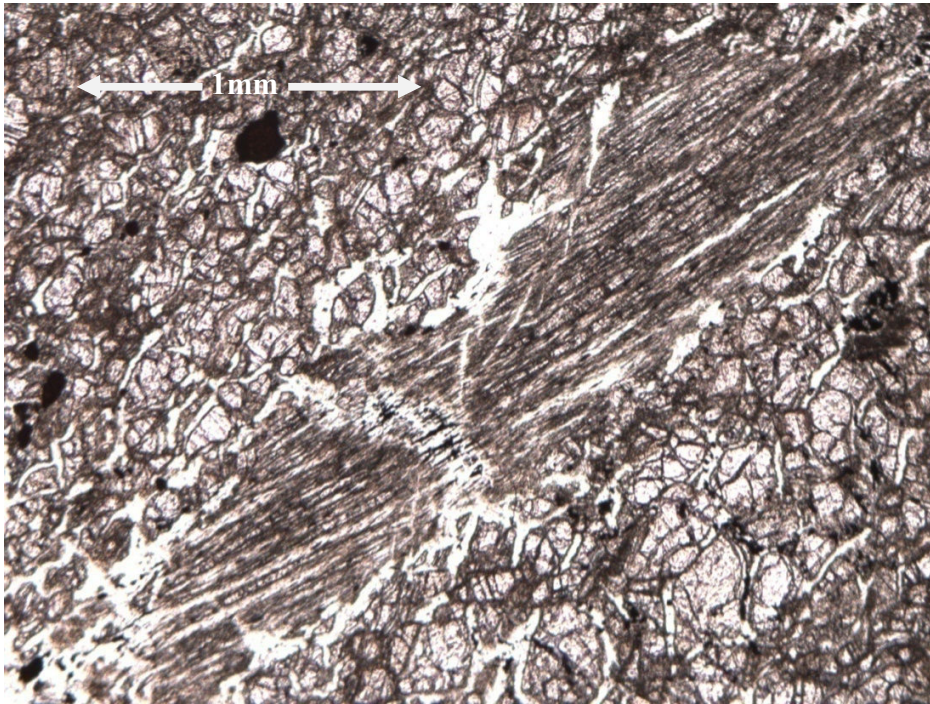


Fig. 52: Fotomicrografía M13: Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

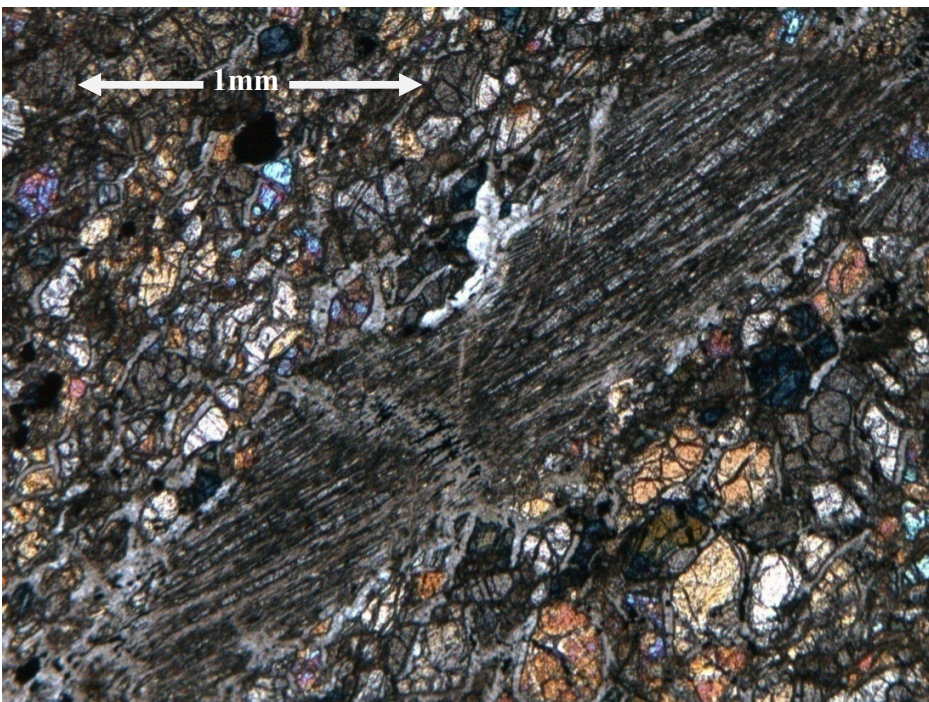


Fig. 53: Fotomicrografía M13: Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de piroxeno mostrando exsolución lamelar, en una matriz cristales más pequeños de olivino.

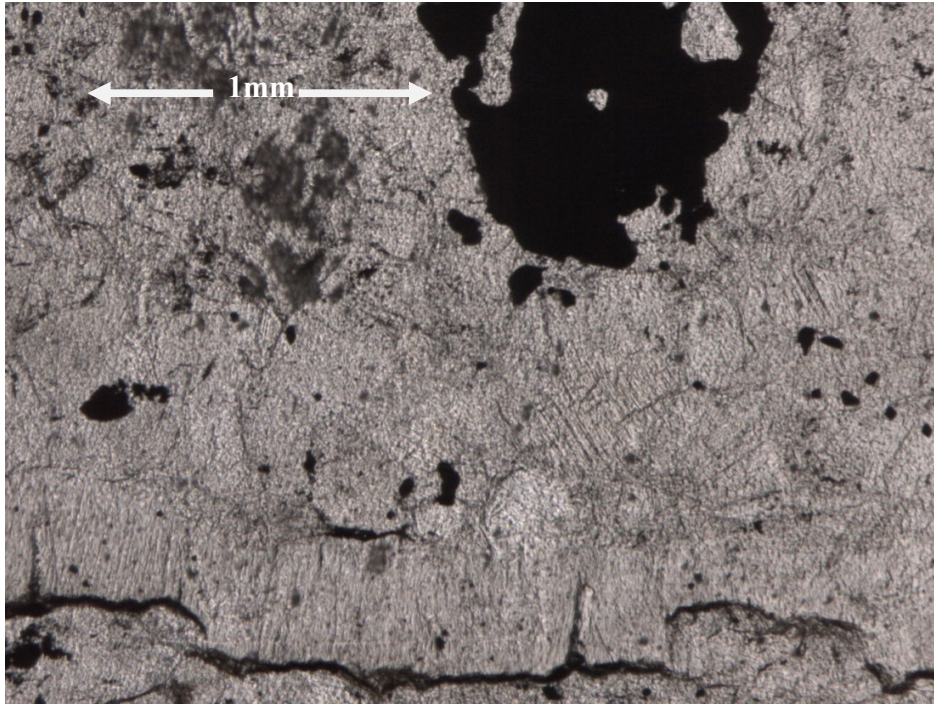


Fig. 54: Fotomicrografía M14. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

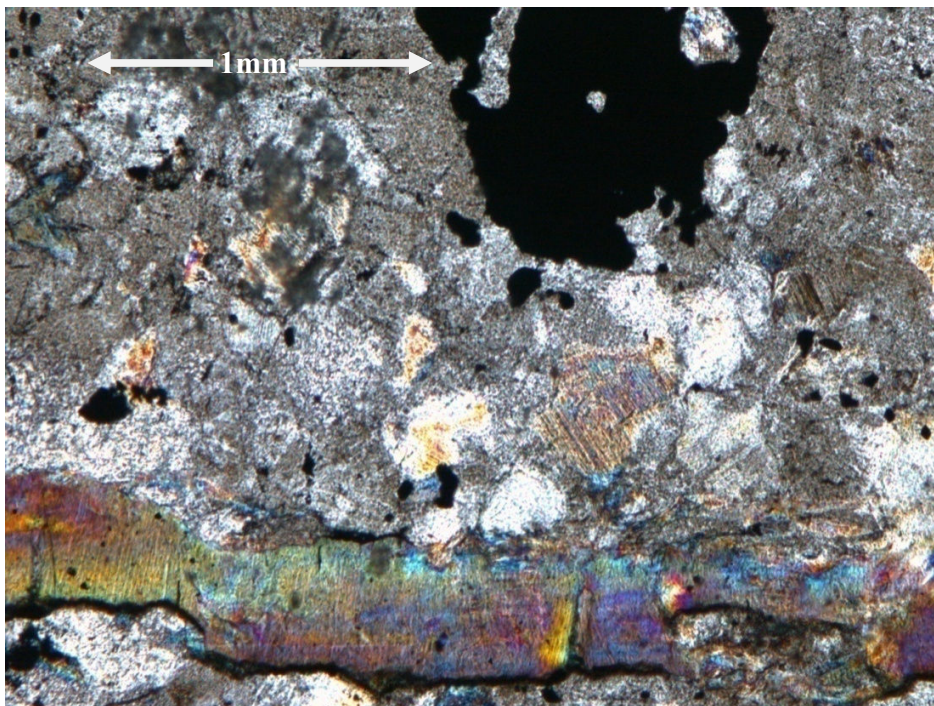


Fig. 55: Fotomicrografía M14. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. En la parte superior se aprecia un cristal de magnetita, en la parte superior izquierda cristales de leucoxeno y hacia la parte inferior una veta de crisotilo en una matriz de serpentina que muestra estructuras reliquia de minerales preexistentes.



M15

DUNITA SERPENTINIZADA

Macroscópicamente se observa una roca cuyo color meteorizado es amarillo verdoso y color fresco gris verdoso con manchas gris oscuro, se presentan venillas rellenas de serpentina.

Microscópicamente se encuentra una roca compuesta principalmente por olivino, serpentina y magnetita. El olivino presenta sus bordes alterados por procesos de serpentización, se puede ver la textura reliquia en donde granos de olivino fueron serpentinizados. La magnetita y la serpentina generalmente se encuentran relleno de venillas (ver anexo 1 y figuras 56 y 57).

M16

SERPENTINITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde claro y color fresco verde oscuro, la muestra posee brillo craso y presenta diminutas venillas rellenas de un mineral oscuro.

Microscópicamente la muestra presenta como mineral esencial serpentina (91%) y como mineral accesorio ilmenita (9%), la ilmenita se encuentra relleno de venillas, las cuales no presentan un patrón definido (ver anexo 1 y figuras 58 y 59).

M17

SERPENTINITA

Macroscópicamente la muestra presenta un color meteorizado verde claro con manchas oscuras y un color fresco verde oscuro. La muestra presenta venillas rellenas de talco.

Microscópicamente la roca es una masa amorfa de serpentina con algunos granos de magnetita y esfena, con algunas estructuras reliquia del protolito. Se presenta el talco relleno de venillas. Los granos de magnetita poseen tamaños que alcanzan los 0.80 mm (ver anexo 1 y figuras 60 y 61).

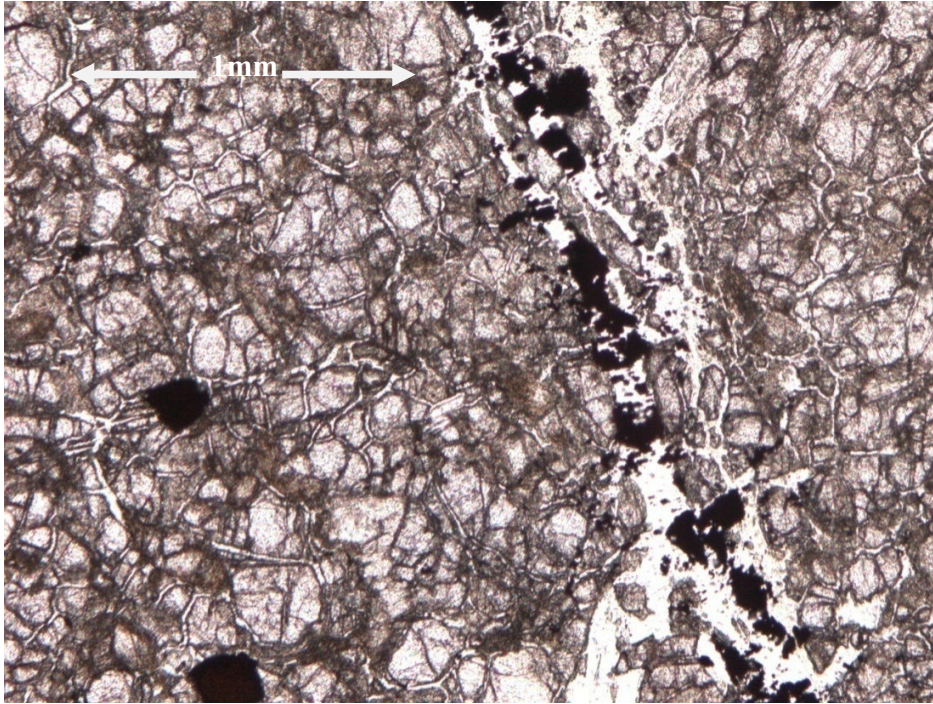


Fig. 56: Fotomicrografia M15. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

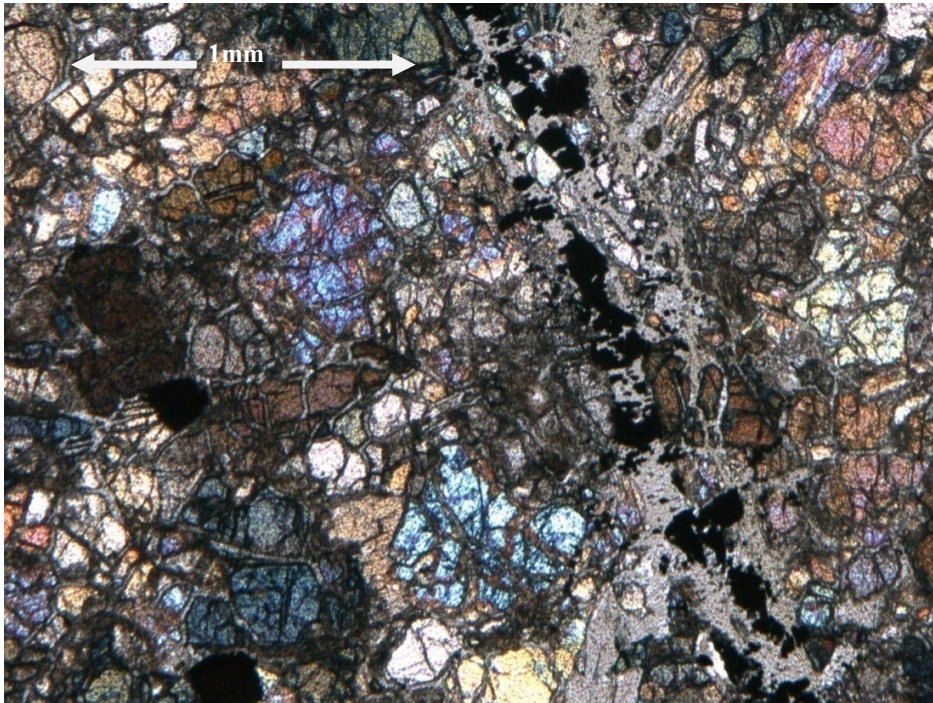


Fig. 57: Fotomicrografia M15. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fractura rellena de serpentina y magnetita en una matriz de cristales de olivino.

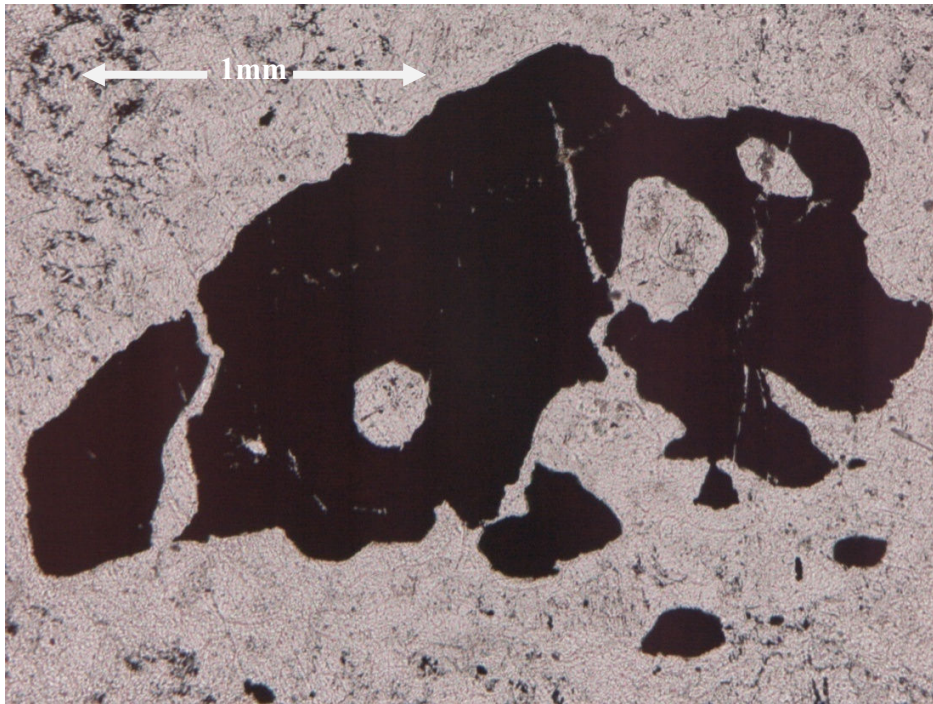


Fig. 58: Fotomicrografia M16. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

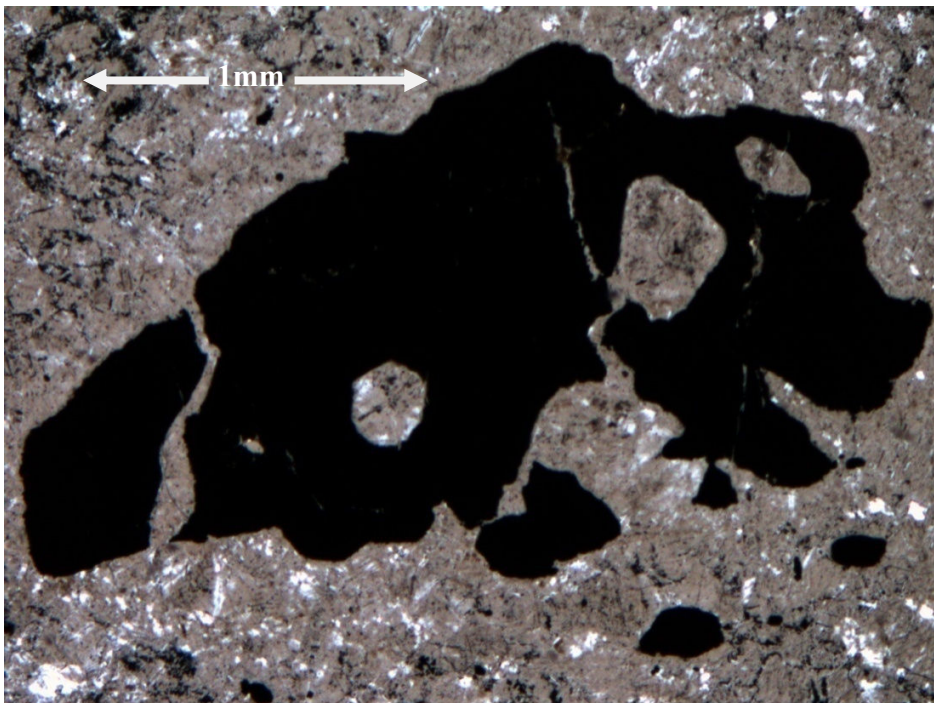


Fig. 59: Fotomicrografia M16. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristal de magnetita en serpentinita.

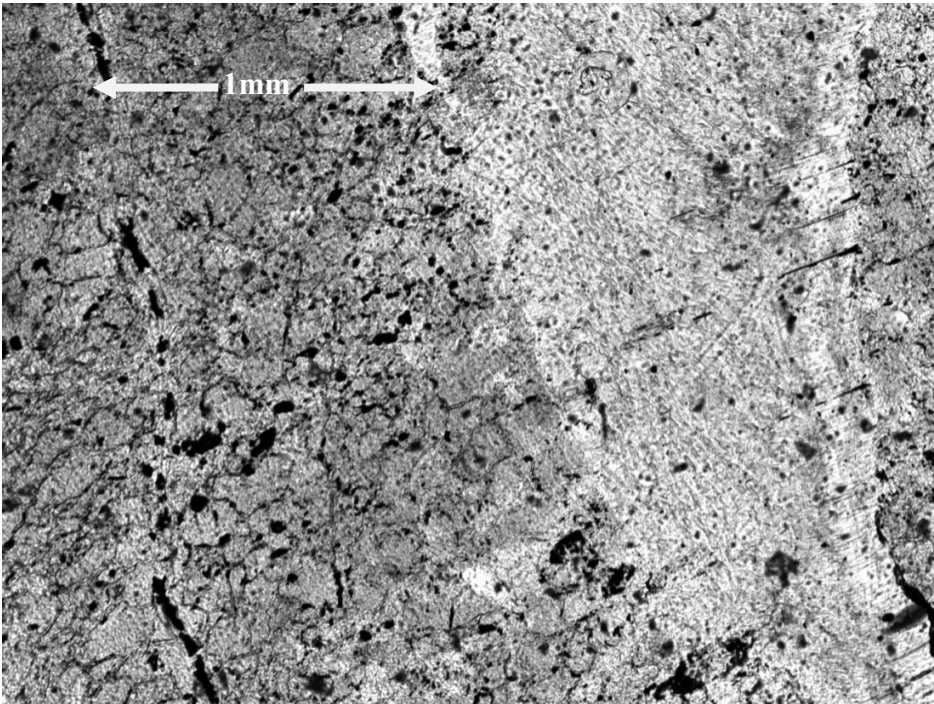


Fig. 60: Fotomicrografía M17. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

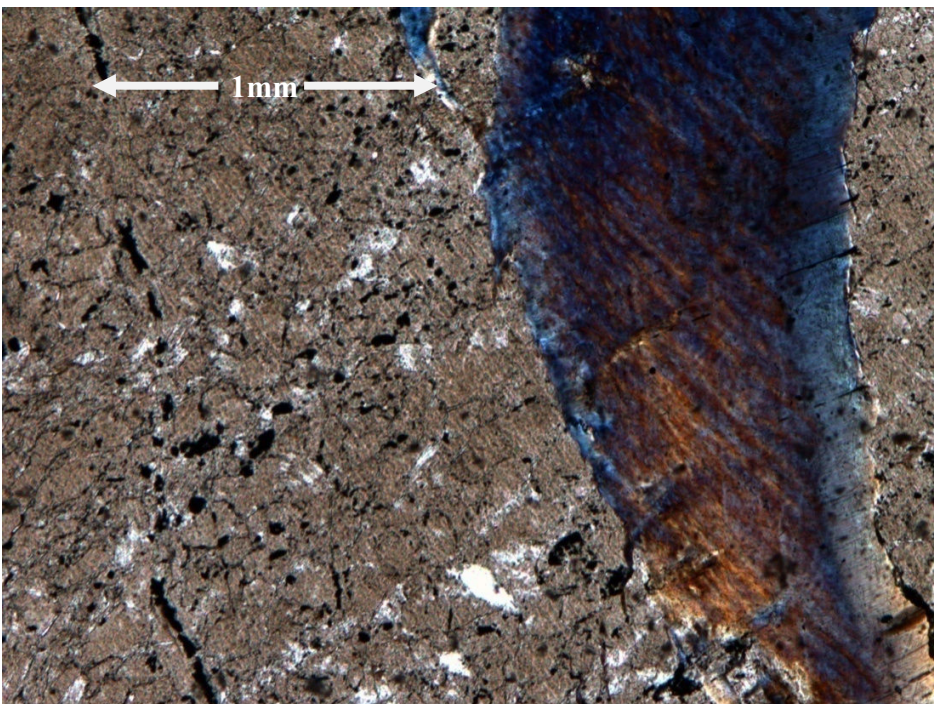


Fig. 61: Fotomicrografía M17. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Veta de talco en roca de serpentina, también se observan cristales pequeños de magnetita.



M18

WEBSTERITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde grisáceo claro y un color fresco verde oscuro. En la muestra se encuentran pórfidos de piroxenos de brillo vitreo, cuyo tamaño de grano es de aproximadamente 1 cm.

Microscópicamente la roca presenta como minerales esenciales ortopiroxenos 60% (enstatita) y clinopiroxeno 35% (espinela). Como minerales accesorios están epidoto 3%, magnetita 1% y serpentina 1%. Los tamaños de los granos de piroxenos y clinopiroxenos varían entre 0.1 mm y 0.80 mm de largo (ver anexo 1 y figuras 62 y 63).

M19

HARZBURGITA

Macroscópicamente la roca posee un color meteorizado verde oscuro, con manchas de óxidos y su color fresco es verde grisáceo. Se puede ver que la muestra presenta fracturas rellenas unas con serpetina y otras con magnetita.

Microscópicamente se observa una roca cuyo minerales esenciales son olivino (79%), enstatita como ortopiroxeno (10%) y como minerales accesorios serpentina (6%), cromoespinela (3%), magnetita (1%) y esfena (1%). Se puede ver que la magnetita y la serpentina se encuentran relleno las fracturas. La enstatita presenta forma alargada, en muchas partes de la petrografía. Se puede ver como los bordes de algunos granos de olivinos están siendo serpentinizados (ver anexo 1 y figuras 64 y 65).

M20

DUNITA SERPENTINIZADA

Macroscópicamente la muestra posee un color meteorizado marrón verdoso y color fresco gris verdoso. Se puede ver como se presenta el mineral serpentina relleno venas.

Microscópicamente la muestra presenta como minerales esenciales olivino (78%) y serpentina (20%) y como mineral esencial magnetita (2%). La serpentina se encuentra relleno venas, dichas venas en gran parte cortan los granos de olivino. La magnetita se presenta relleno fracturas (ver anexo 1 y figuras 66 y 67).

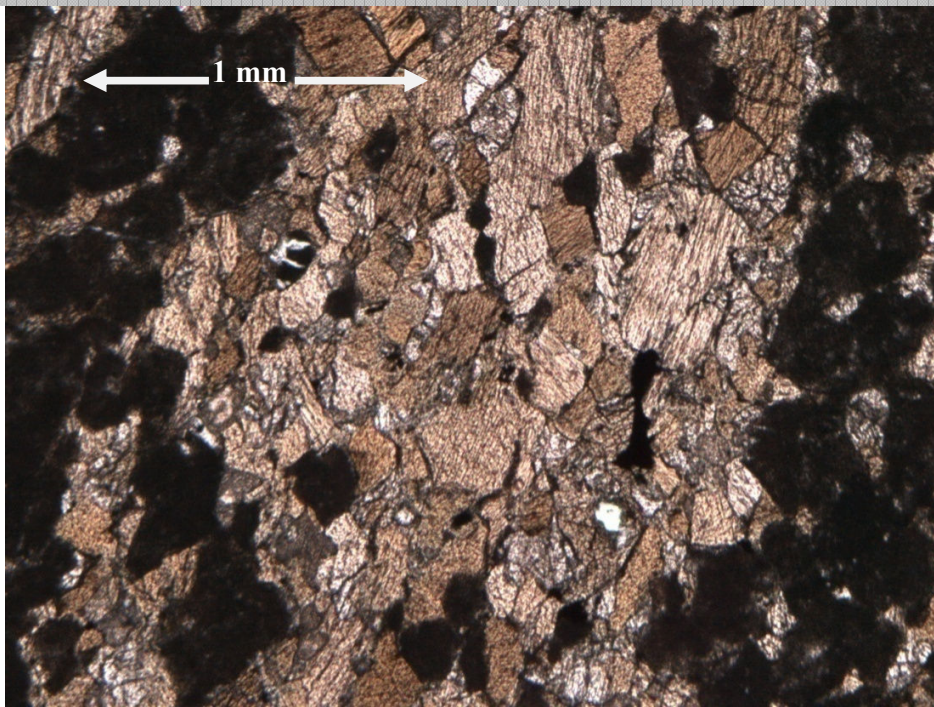


Fig. 62: Fotomicrografia M18. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

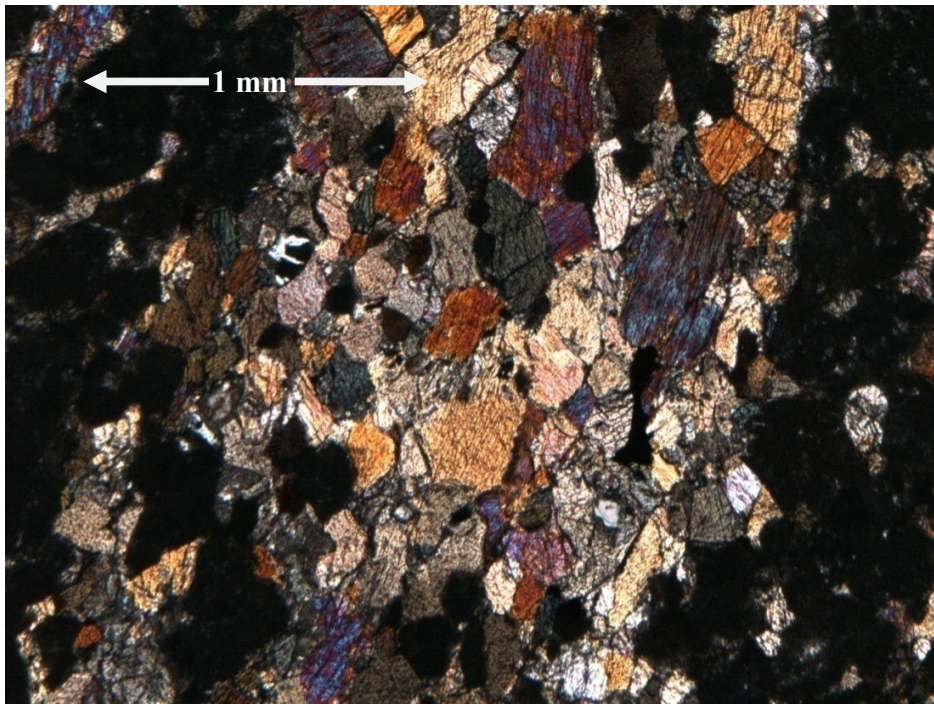


Fig. 63: Fotomicrografia M18. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de piroxenos con diferentes grados de alteración.

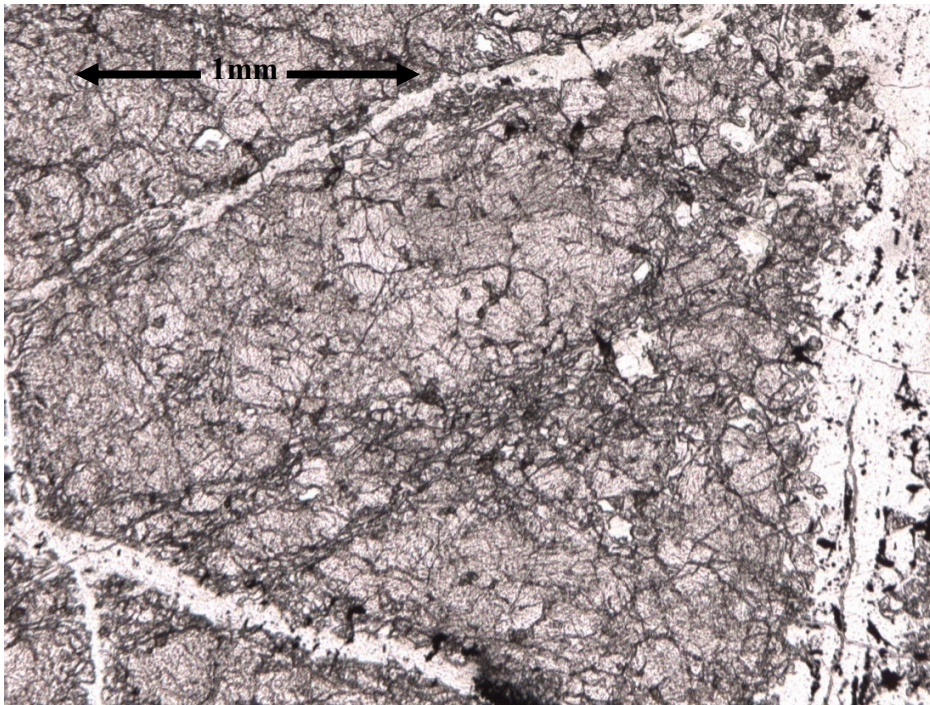


Fig. 64: Fotomicrografia M19. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

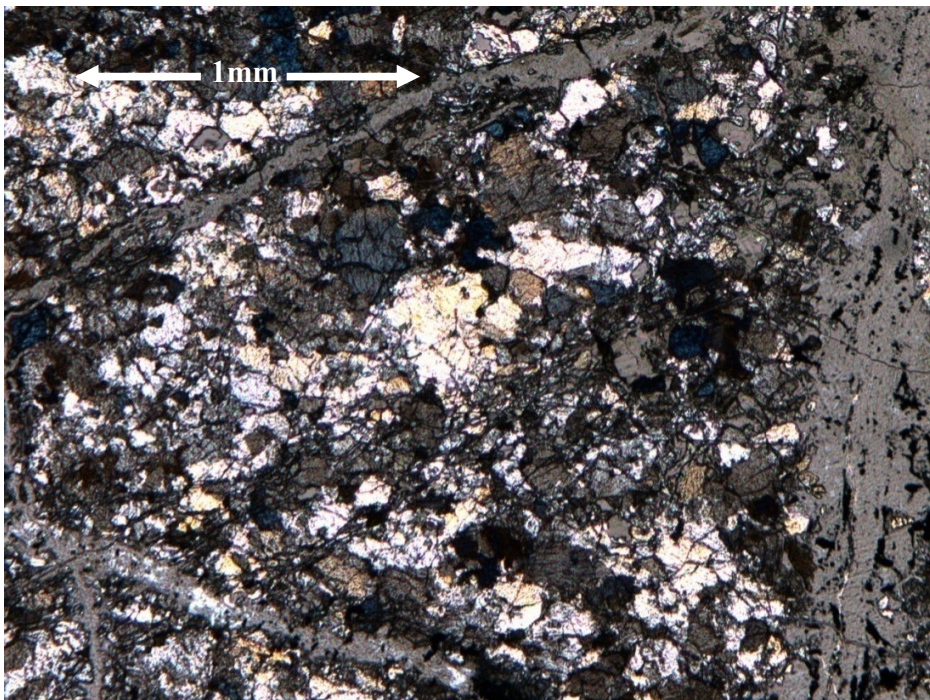


Fig. 65: Fotomicrografia M19. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Fracturas rellenas de serpentina y magnetita en una matriz de cristales de ortopiroxenos y olivino.

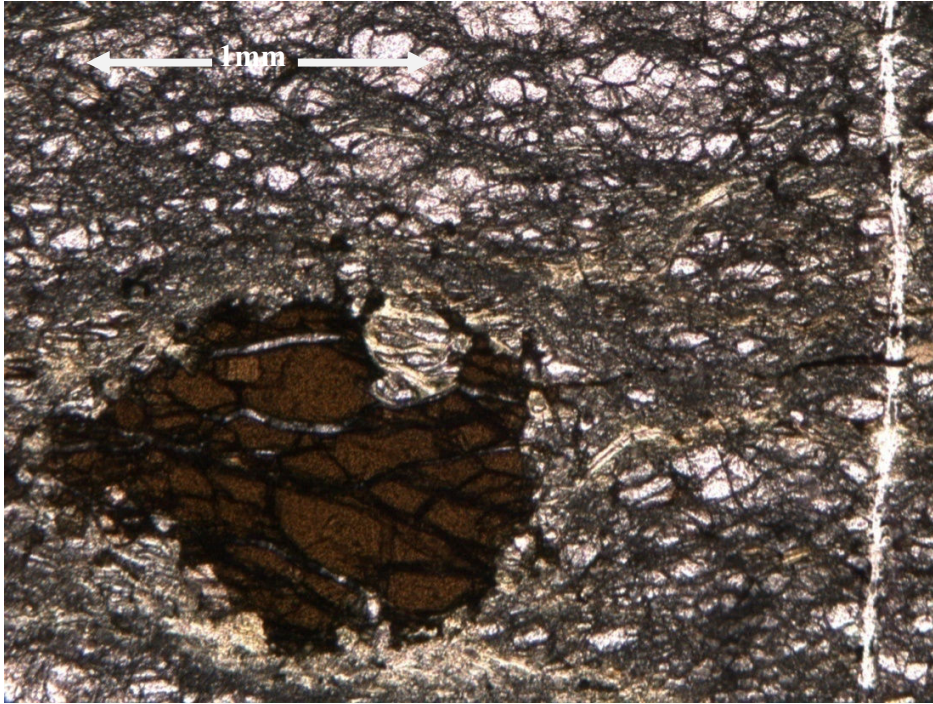


Fig. 66: Fotomicrografía M20. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

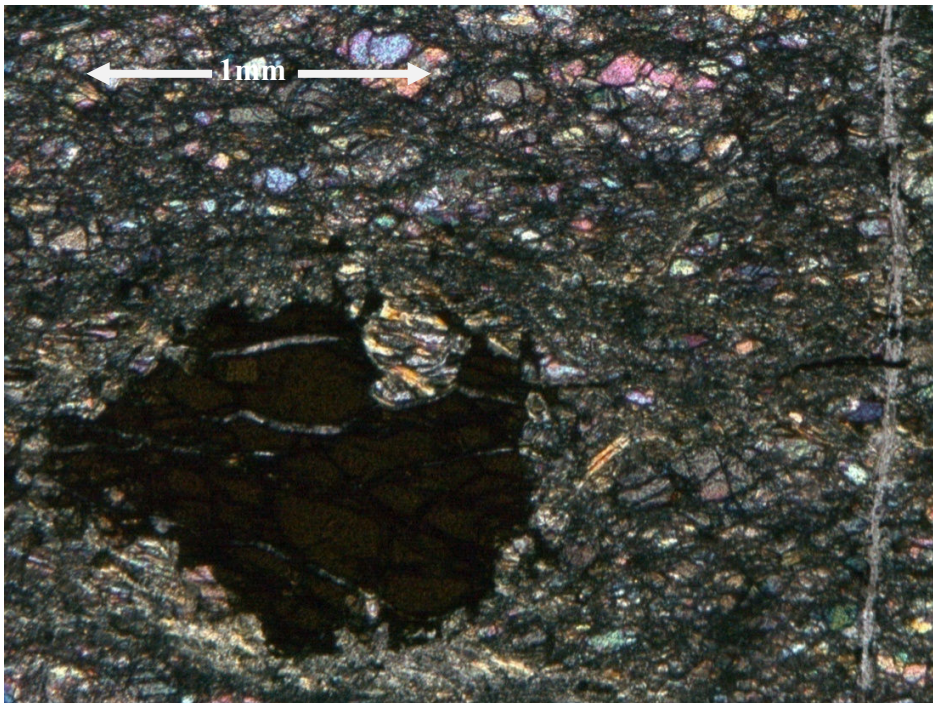


Fig. 67: Fotomicrografía M20. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Porfidoclasto de cromoespinela acompañado de pequeños cristales de olivino.



M21

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón verdoso y color fresco gris claro. Se pueden observar fenocristales de olivino fracturados de color negro producto del metamorfismo que ha actuado en la roca.

Microscópicamente la roca presenta como mineral esencial olivino (89%) y como minerales accesorios serpentina (6%), cromoespinela (3%), magnetita (1%) y esfena (1%). Se observan fracturas rellenas de serpentina y magnetita, la cromoespinela se presenta en forma de fenocristales embebidos en la matriz de grano fino de olivino, estos fenocristales de cromoespinela llegan a alcanzar tamaños de hasta 0.60 mm de largo (ver anexo 1 y figuras 68 y 69).

M22

DUNITA

Macroscópicamente la roca muestra un color meteorizado amarillo verdoso y color fresco verde claro. La roca presenta fracturas rellenas de serpentina.

Microscópicamente la roca posee como mineral esencial olivino (92%) y como minerales accesorios serpentina (5%), cromoespinela (2%) y magnetita (1%) y trazas de esfena. Aún cuando la roca está compuesta por más del 90% de olivino, se presentan fenocristales de este mismo mineral, los cuales en su mayoría se encuentran fracturados y dichas fracturas están rellenas de serpentina (ver anexo 1 y figuras 70 y 71).

M23

HARZBURGITA

Macroscópicamente la muestra presenta un color meteorizado marrón verdoso y color fresco verde grisáceo. Se pueden ver fenocristales de piroxenos y algunos granos muy finos de magnetita.

Microscópicamente la muestra presenta como minerales esenciales olivino (86%) y piroxenos (enstatita) en un (10%), como minerales accesorios se tienen cromoespinela (3%), serpentina (2%) y magnetita (1%). Los fenocristales de enstatita alcanzan tamaño de hasta un 0.60 mm. La serpentina se encuentre relleno de venas y generalmente bordean granos de olivino (ver anexo 1 y figuras 72 y 73).

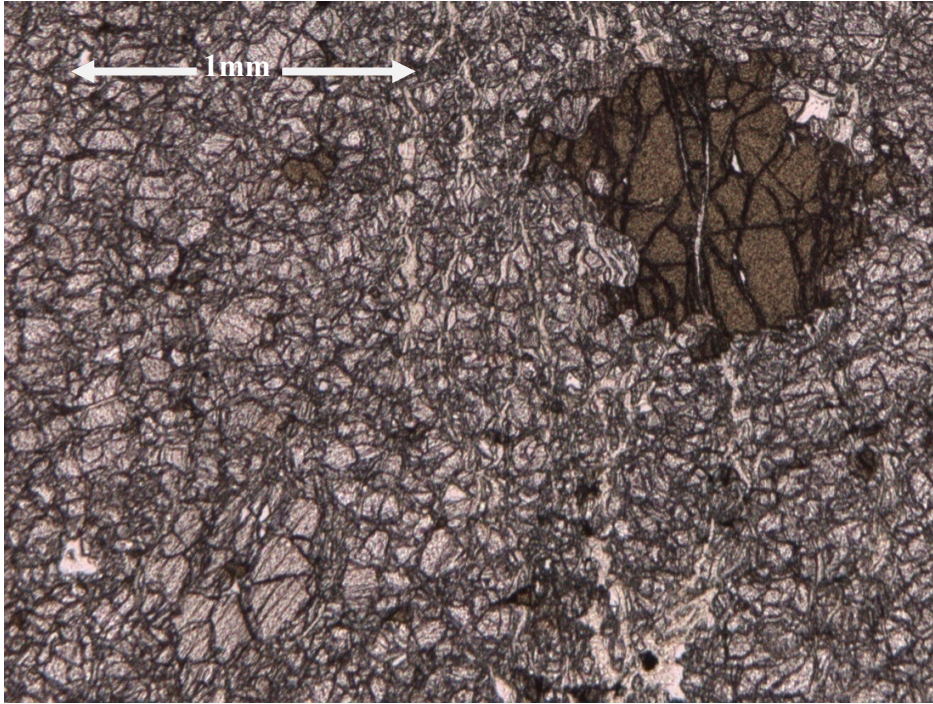


Fig. 68: Fotomicrografía M21. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

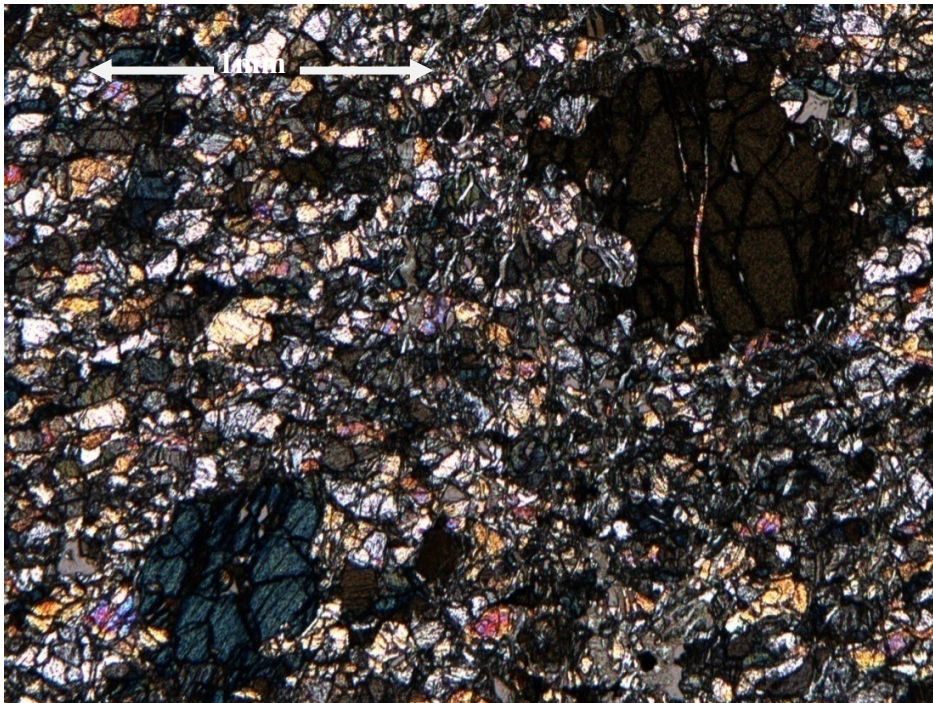


Fig. 69: Fotomicrografía M21. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Fenocristales de cromoespina y piroxeno, acompañados de pequeños cristales de olivino.

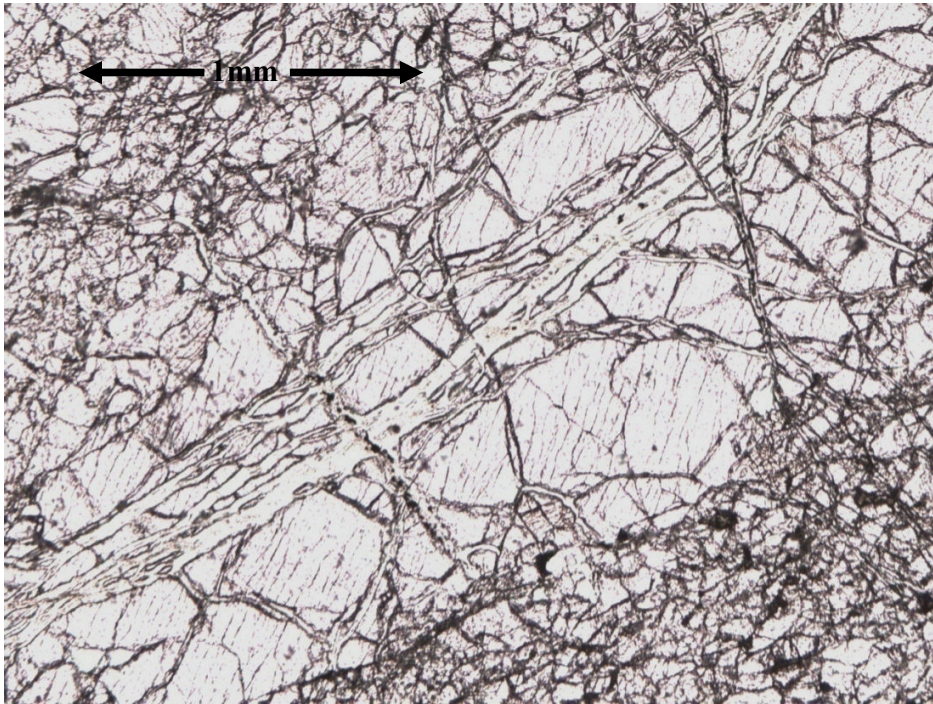


Fig. 70: Fotomicrografía M22. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

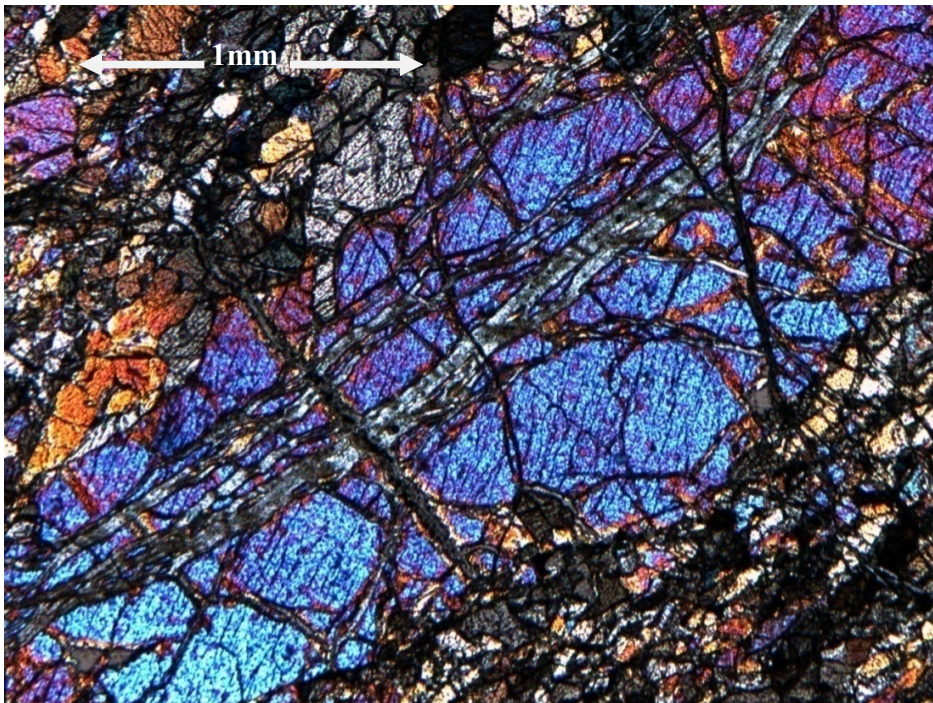


Fig. 71: Fotomicrografía M22. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Porfidoclasto de augita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

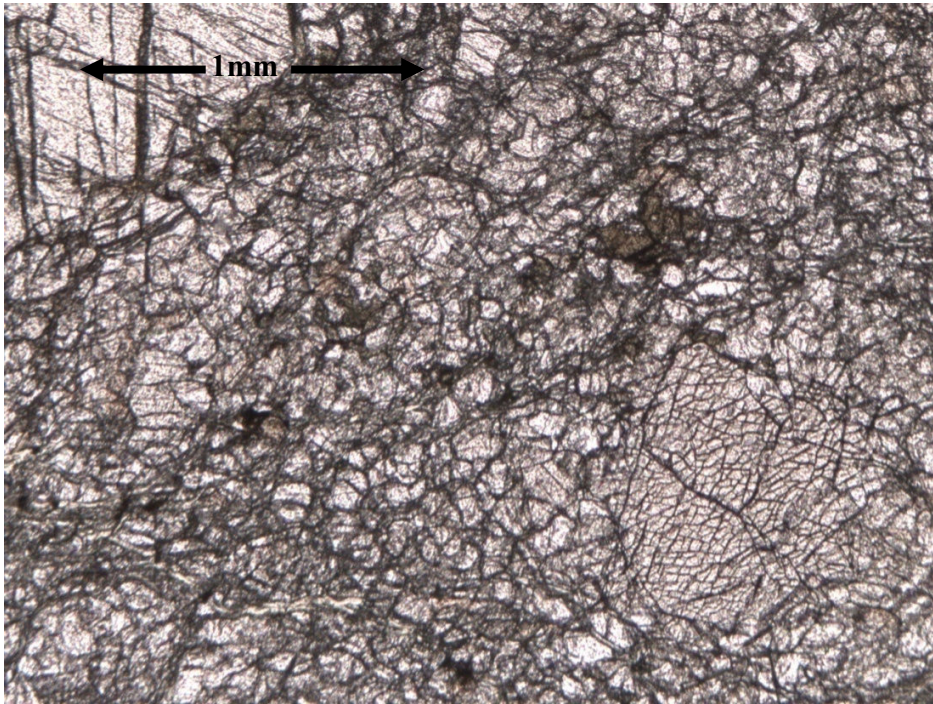


Fig. 72: Fotomicrografia M23. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

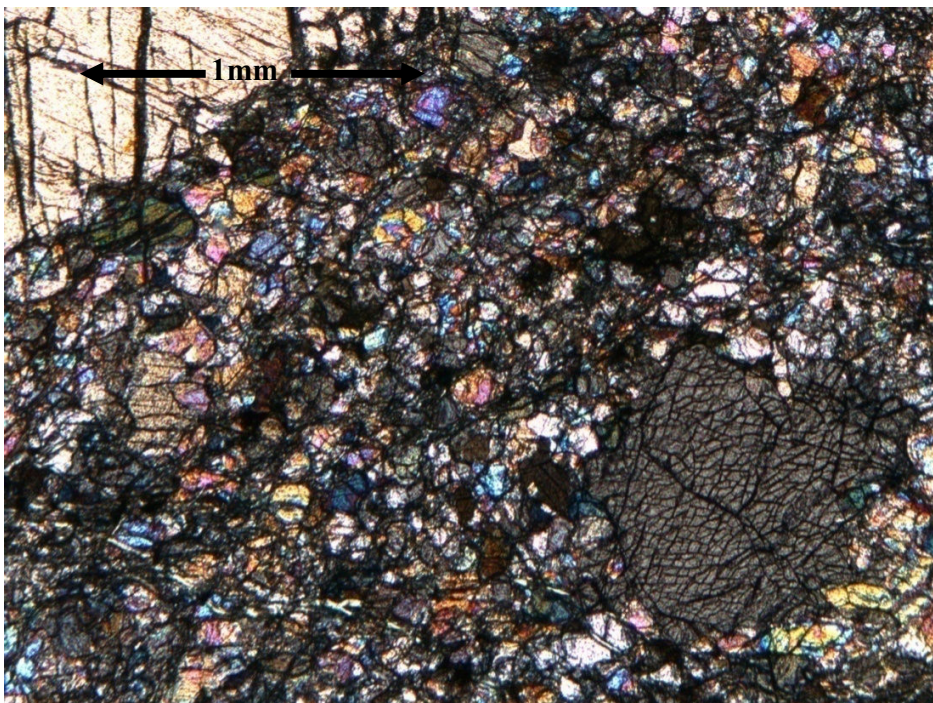


Fig. 73: Fotomicrografia M23. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M24

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado verde amarillento y color fresco verde oscuro. Se pueden ver pórfidos de piroxenos distribuidos heterogéneamente en la roca.

Microscópicamente la muestra presenta como mineral esencial olivino (93%) y como minerales accesorios serpentina (6%), cromoespinela (3%), clinopiroxenos (2%) y magnetita (1%). La matriz está constituida por granos finos de olivino y dentro de esta matriz se encuentran embebidos pórfidos del mismo mineral y también de clinopiroxenos (espinela). Algunos de estos pórfidos se encuentran fracturados y dichas fracturas están rellenas de serpentina y otras de magnetita. El tamaño de estos fenocristales varía de 0.1 mm hasta 0.6 mm de largo (ver anexo 1 y figuras 74 y 75).

M25

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde oscuro y color fresco verde grisáceo. La roca presenta fracturas rellenas de magnetita. Se observan pórfidos de piroxenos de tamaño 0.80 mm de largo y 0.50 mm de ancho.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (90%) y como minerales accesorios cromoespinela (6%), enstatita (3%) como ortopiroxeno y magnetita (1%). La roca posee una matriz de grano fino de olivino en la cual se encuentran embebidos pórfidos del mismo mineral y de ortopiroxenos (enstatita). Muchos de los pórfidos de olivino se encuentran fracturados y dichas fracturas están rellenas de magnetita. Los pórfidos llegan a alcanzar tamaños hasta 0.80 mm de largo, siendo los de olivino los más grandes (ver anexo 1 y figuras 76 y 77).

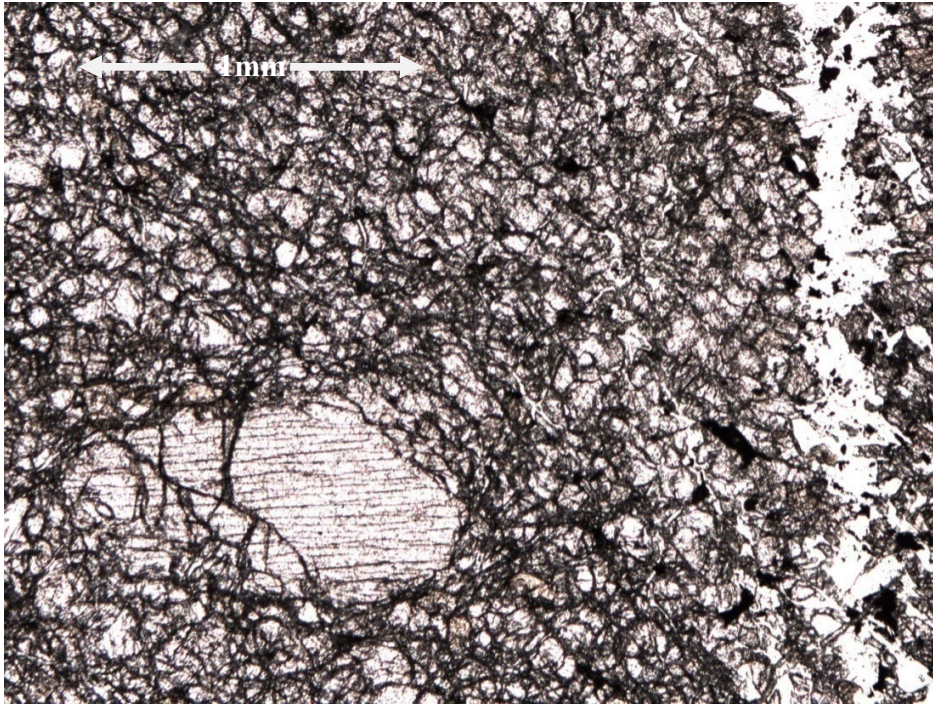


Fig. 74: Fotomicrografía M24. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

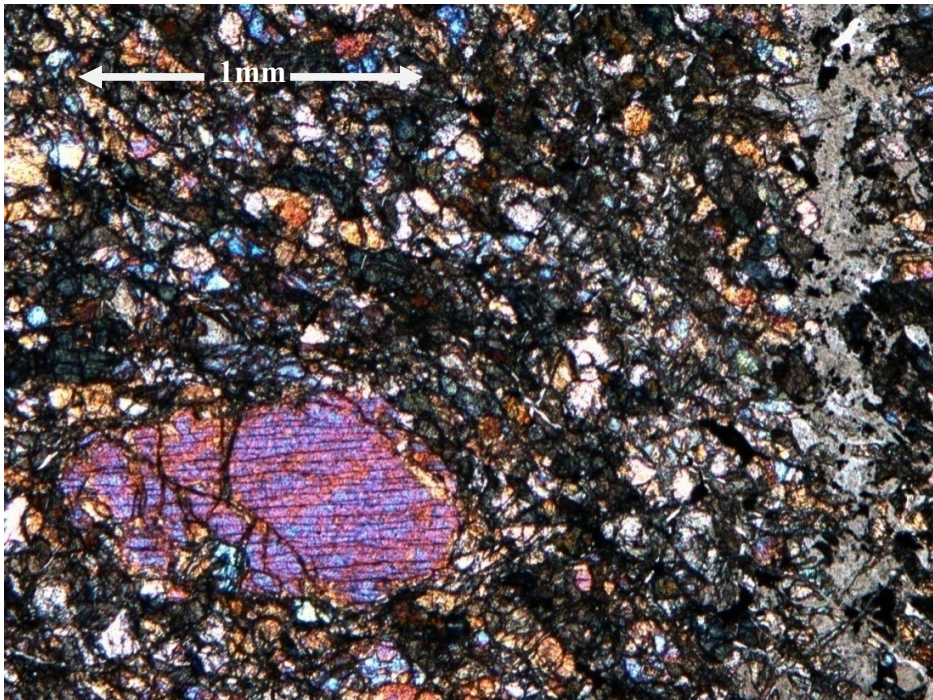


Fig. 75: Fotomicrografía M24. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

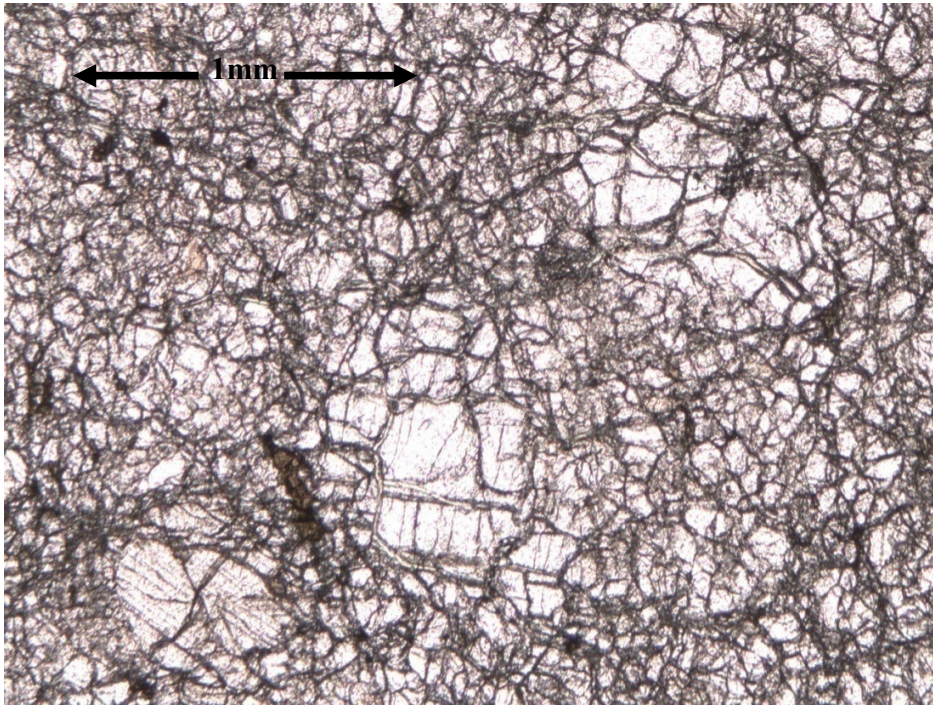


Fig. 76: Fotomicrografía M25. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

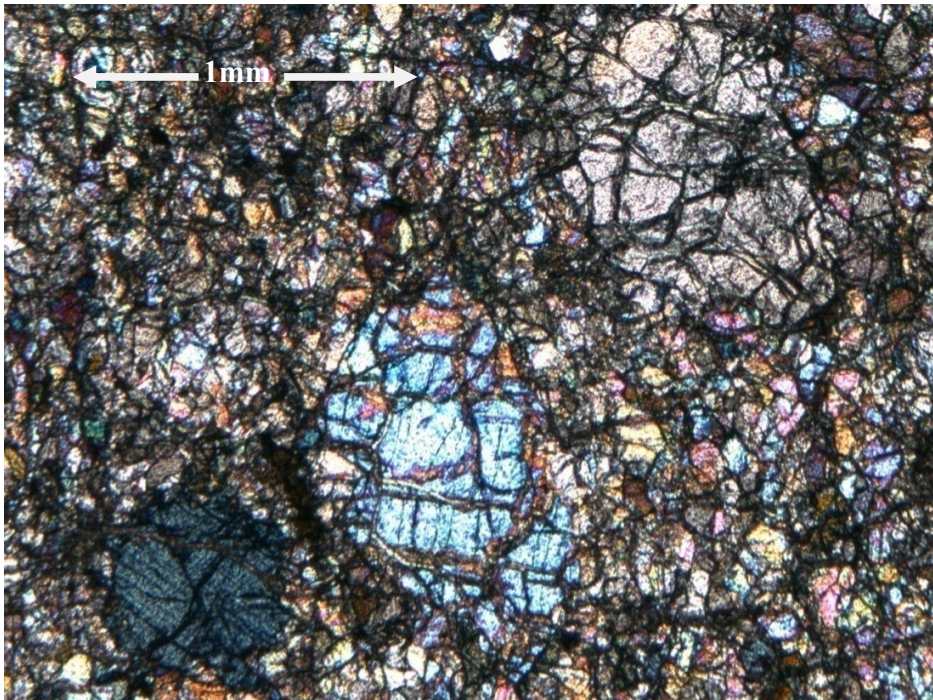


Fig. 77: Fotomicrografía M25. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino, cromoespinela y piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M26

DUNITA

Macroscópicamente el color meteorizado de la roca es verde oliva y color fresco verde claro. Se pueden ver fenocristales en la roca distribuidos heterogéneamente.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (89%) y como minerales accesorios serpentina (7%), cromoespinela (3%) y magnetita (1%). La matriz de la roca está constituida por olivino y dentro de esta matriz de granos finos se encuentran embebidos pórfidos del mismo mineral que alcanzan tamaños de hasta 0.8 mm de largo y muchos de estos pórfidos se encuentran fracturados, dichas fracturas están rellenas de serpentina. En ciertas partes de la petrografía se observa como actúa la serpentinización (ver anexo 1 y figuras 78 y 79).

M27

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado amarillo verdoso y color fresco gris verdoso. Se pueden ver pórfidos de piroxenos que presentan brillo vítreo y tamaños de 0.5 mm.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (91%) y como minerales accesorios cromoespinela (7%), enstatita (1%) y magnetita (1%). En la matriz de grano fino de olivino se encuentran embebidos pórfidos de enstatita y del mismo mineral de la matriz, muchos de los pórfidos de olivino presentan bordes corroidos (ver anexo 1 y figuras 80 y 81).

M28

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón amarillento y color fresco en la roca. El tamaño de estos fenocristales es de aproximadamente 0.5 mm.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (87%) y como mineral accesorios cromoespinela (7%), ortopiroxenos (5%) y magnetita (1%). Dentro de la misma matriz de grano fino de olivino se encuentran embebidos pórfidos del mismo mineral y de enstatita, esto nos indica que los pórfidos de olivino y enstatita han tenido un mayor tiempo de cristalización (ver anexo 1 y figuras 82 y 83).

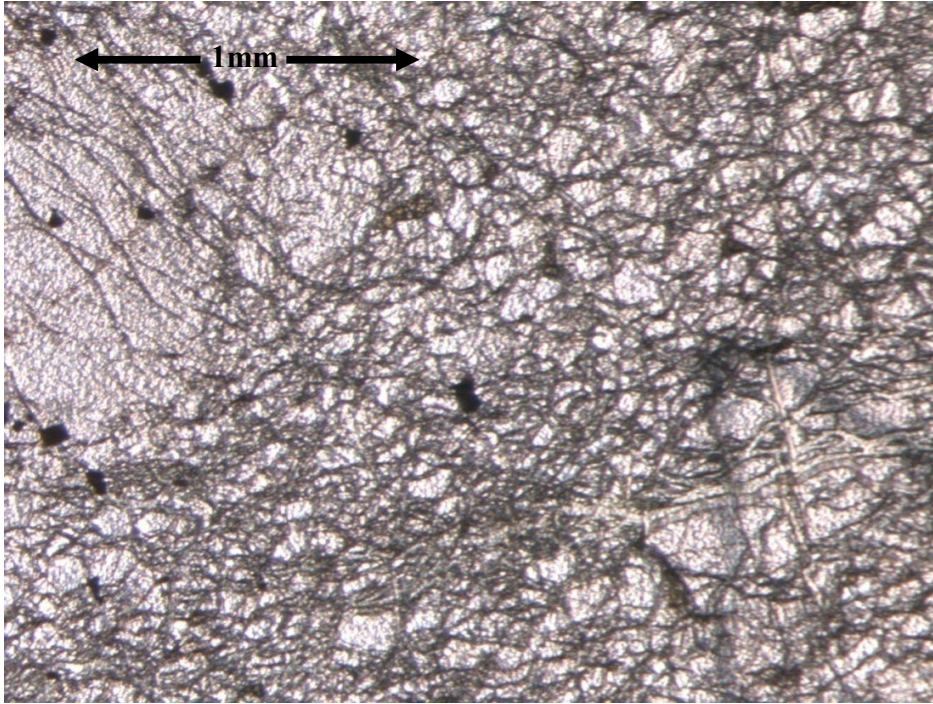


Fig. 78: Fotomicrografia M26. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

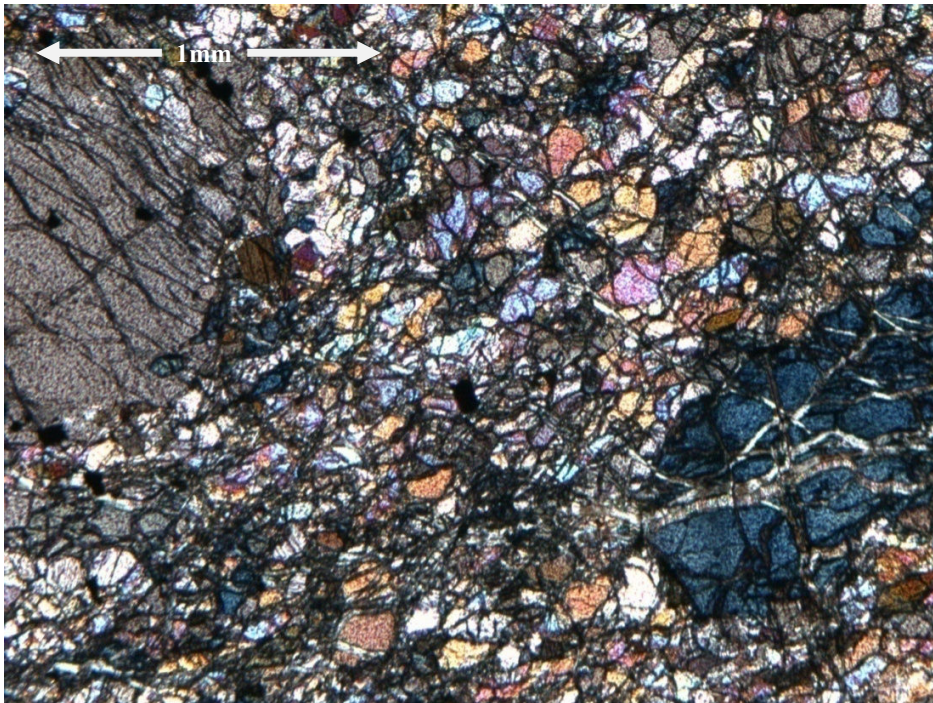


Fig. 79: Fotomicrografia M26. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.

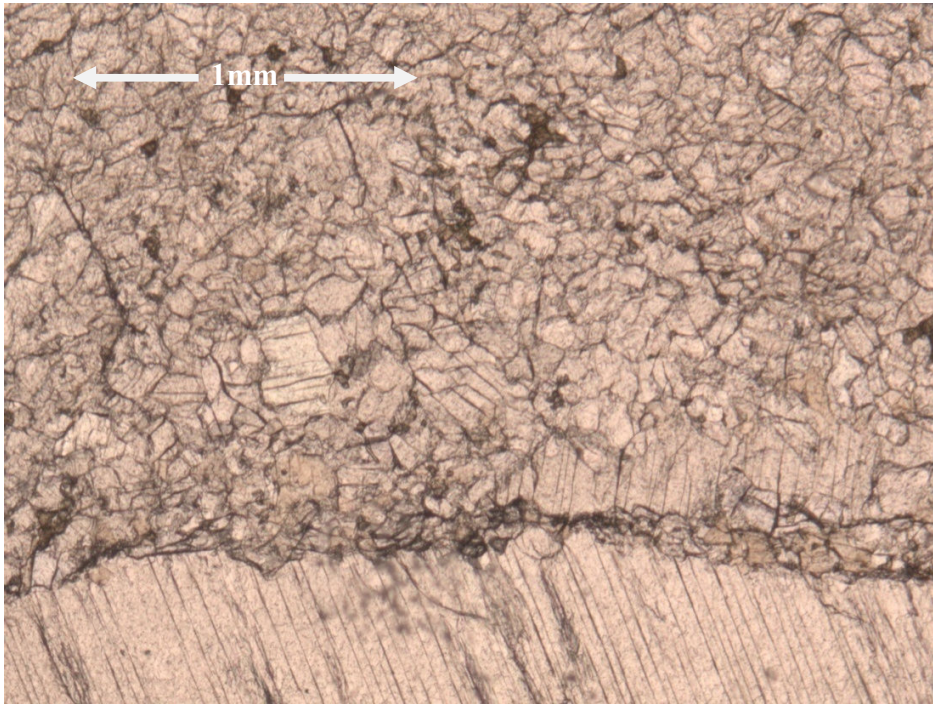


Fig. 80: Fotomicrografía M27. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.



Fig. 81: Fotomicrografía M27. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfidos de piroxeno embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.

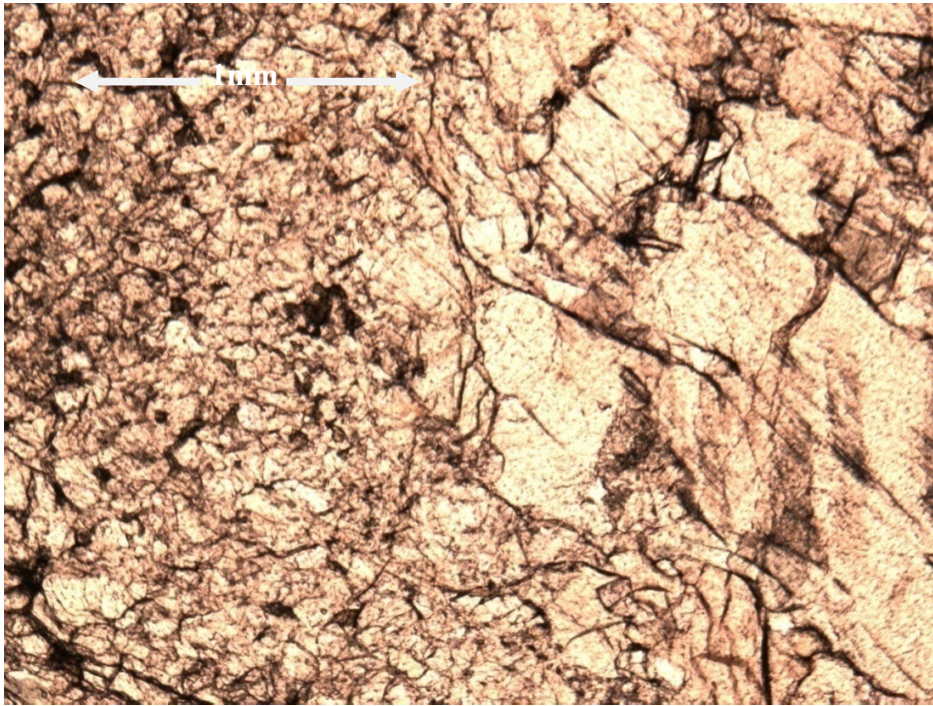


Fig. 82: Fotomicrografía M28. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

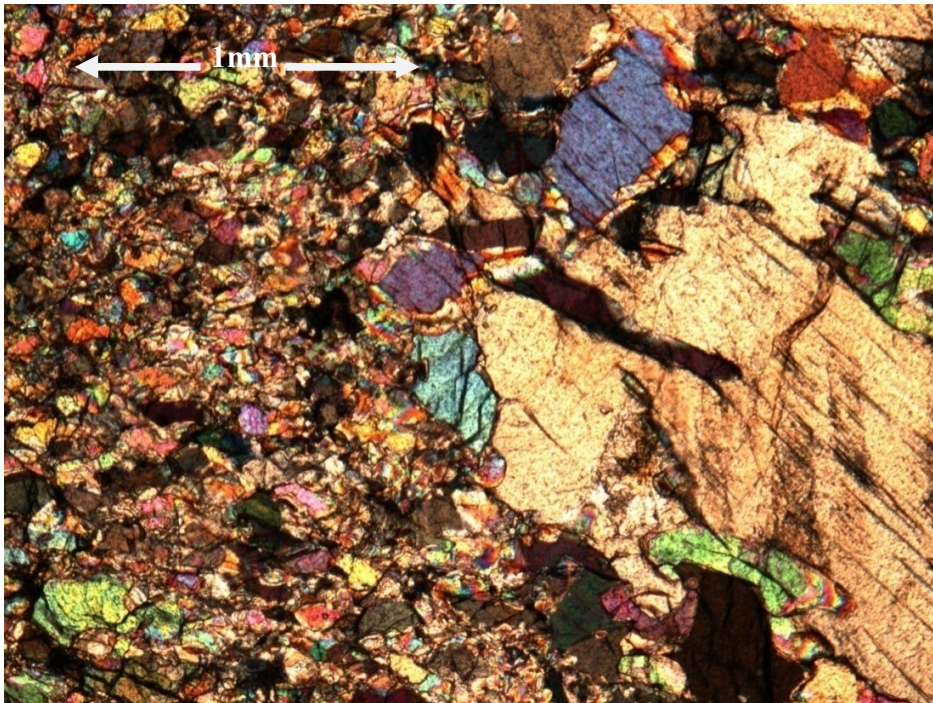


Fig. 83: Fotomicrografía M28. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfidos de olivino y enstatita embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M29

DUNITA

Macroscópicamente el color de meteorización de la roca es marrón verdoso y el color fresco es verde grisáceo. La roca presenta fracturas rellenas de serpentina. Se observan pórfidos de piroxenos de aproximadamente 2 mm.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (87%) y como minerales accesorios serpentina (7%), cromoespinela (4%), piroxenos (1%), magnetita (1%) y trazas de esfena. La serpentina se encuentra relleno de fracturas que atraviesan algunos pórfidos de olivino. Los pórfidos de ortopiroxenos (enstatita) presentan forma alargada y son los más grandes que se pueden encontrar en la roca (ver anexo 1 y figuras 84 y 85).

M30

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta color meteorizado verde amarillento y un color fresco gris verdoso. La roca presenta fracturas rellenas de serpentina.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (92%) y como minerales accesorios serpentina (5%), cromoespinela (2%) y magnetita (1%). El tiempo de cristalización del olivino fue corto, ya que los granos observados son muy pequeños, (menores a 0.01 mm) al mismo tiempo están siendo serpentinizados. La serpentina se presenta relleno de fracturas, dichas fracturas no tienen un patrón definido (ver anexo 1 y figuras 86 y 87).

M31

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado verde grisáceo y color fresco verde oscuro. Se puede ver que la roca presenta fracturas rellenas de serpentina. Se presentan pórfidos de piroxenos con tamaño aproximadamente de 0.5 mm de largo.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (80%) y como minerales accesorios: serpentina (8%), augita (5%), cromoespinela (2%), magnetita (2%) y enstatita (2%). Se observan pórfidos de piroxenos de bordes muy bien preservados indicativo de un largo tiempo de cristalización, los pórfidos de piroxenos son de enstatita. El tiempo de cristalización del olivino fue muy corto ya que los granos poseen dimensiones de 0.01 mm de largo aproximadamente (ver anexo 1 y figuras 88 y 89).

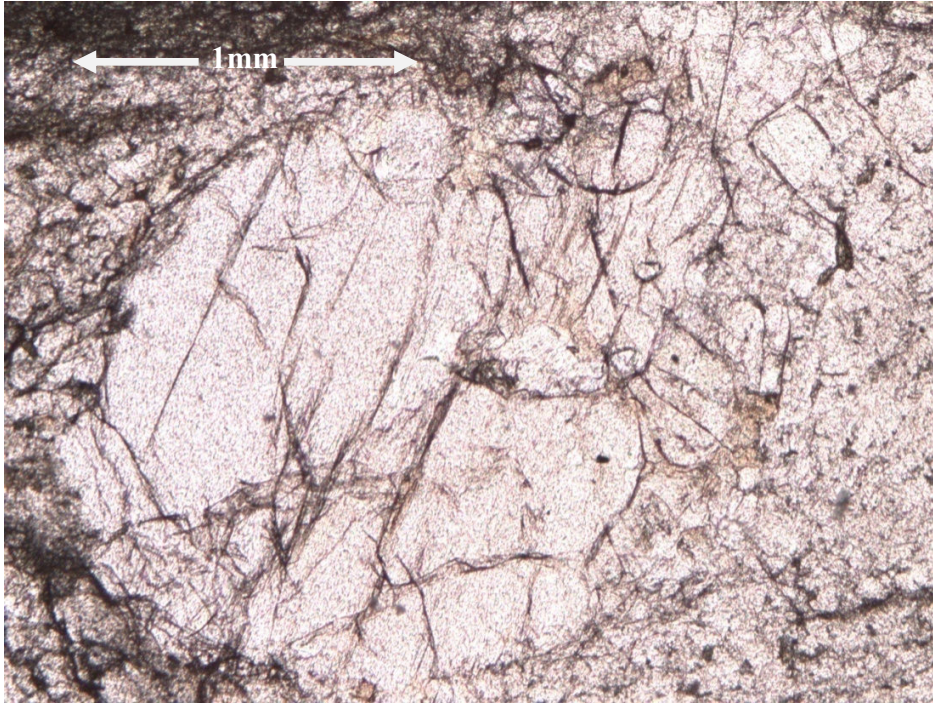


Fig. 84: Fotomicrografía M29. Objetivo 10x. Nicoles Paralelos.

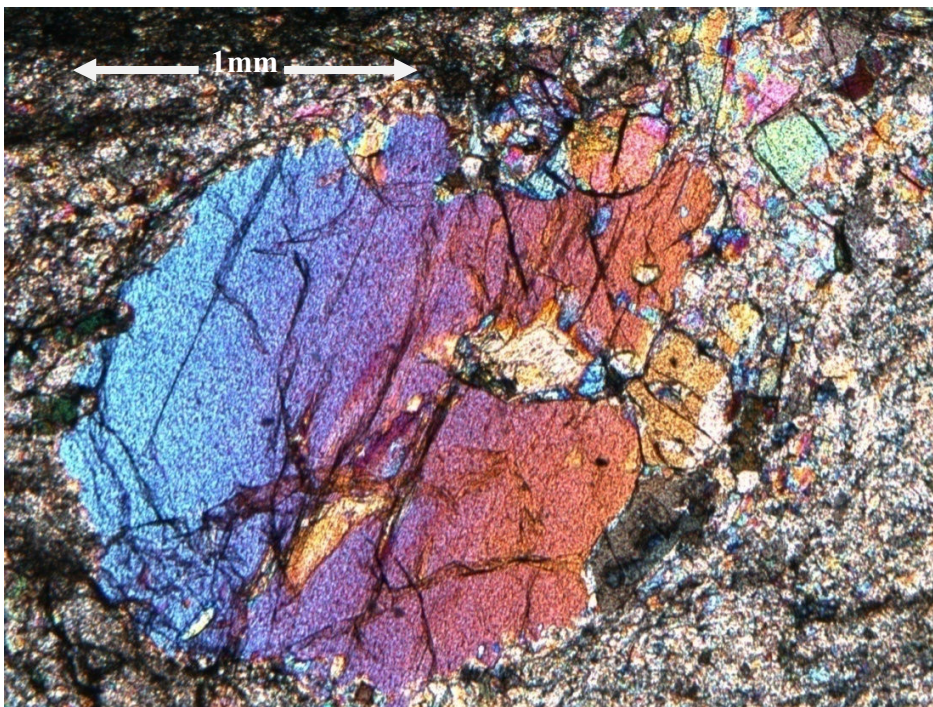


Fig. 85: Fotomicrografía M29. Objetivo 10x. Nicoles Cruzados. Fenocristal de augita presentando inclusiones de enstatia, en una matriz de olivino.

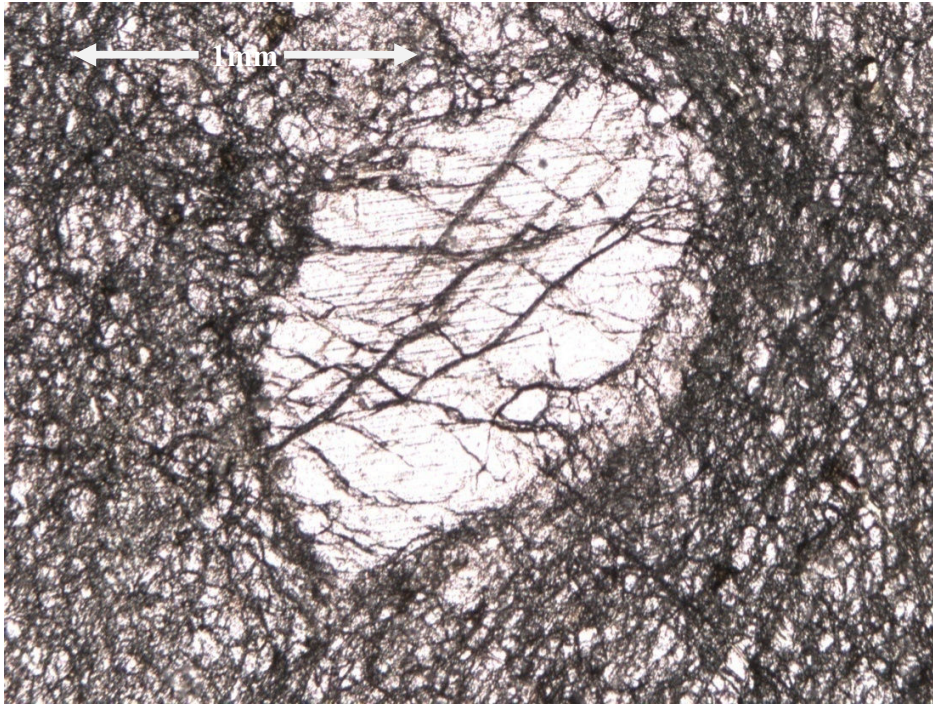


Fig. 86: Fotomicrografía M30. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

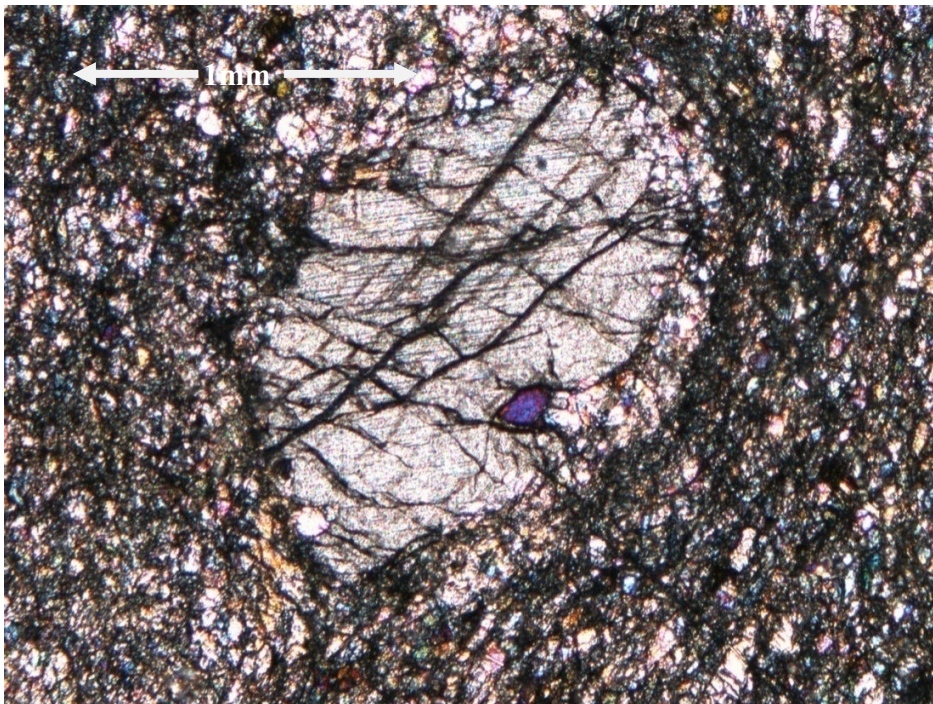


Fig. 87: Fotomicrografía M30. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita que presenta una inclusión de augita, embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

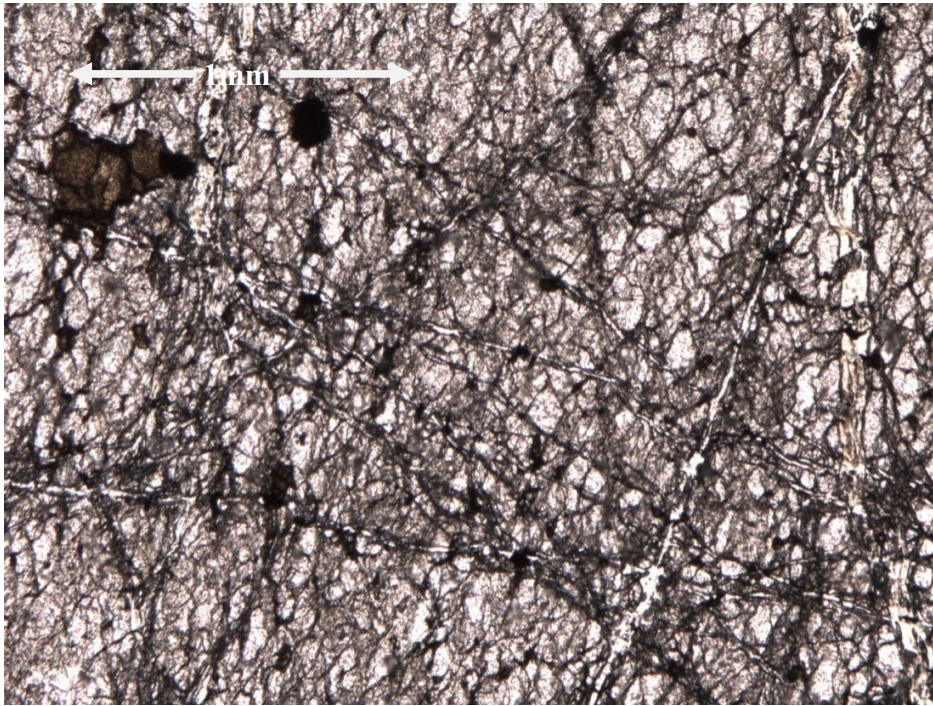


Fig. 88: Fotomicrografia M31. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

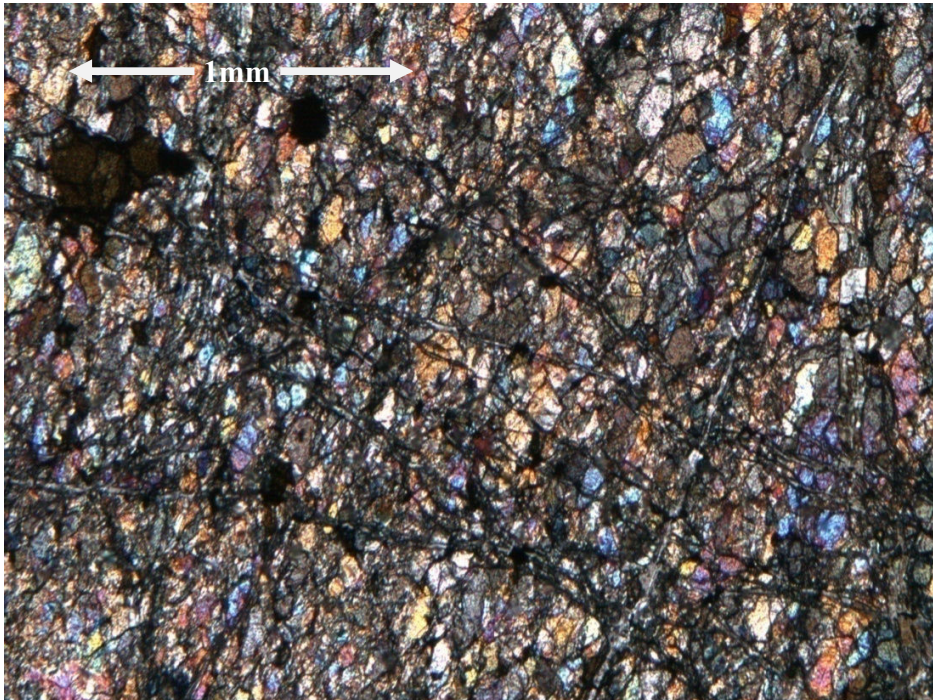


Fig. 89: Fotomicrografia M31. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Pórfido de cromoespinela embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M32

DUNITA SERPENTINIZADA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón verdoso y el color fresco gris verdoso. La serpentinita presente se encuentra rellenando venillas que no tienen un patrón definido.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales olivino (72%) y serpentina (20%), como minerales accesorios se tienen: cromoespinela (7%) y magnetita (1%). La serpentina se encuentra rellenando venillas las cuales se distribuyen en casi toda la matriz de grano fino de olivino. Se pueden ver pórfidos de olivino que son atravesados por las fracturas rellenas de serpentina. En esta roca está presente la textura reliquia definida por pórfidos de olivino que han sido serpentinizados (ver anexo 1 y figuras 90 y 91).

M33

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color de meteorización marrón verdoso y un color fresco verde claro. Se observan pórfidos de piroxenos. También se puede ver la presencia de serpentina la cual se encuentra rellenando fracturas.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (86%) y como minerales accesorios: serpentina (7%), ortopiroxenos (3%), cromoespinela (2%) y magnetita (2%). Se puede ver la presencia de textura reliquia representada por pórfidos de olivino completamente serpentinizados, la serpentina se encuentra rellenando fracturas. Muchos de los pórfidos presentan bordes muy bien preservados, lo cual nos indica que tuvieron mayor tiempo de cristalización. Los pórfidos de enstatita poseen un tamaño mayor que los pórfidos de olivino (ver anexo 1 y figuras 92 y 93).

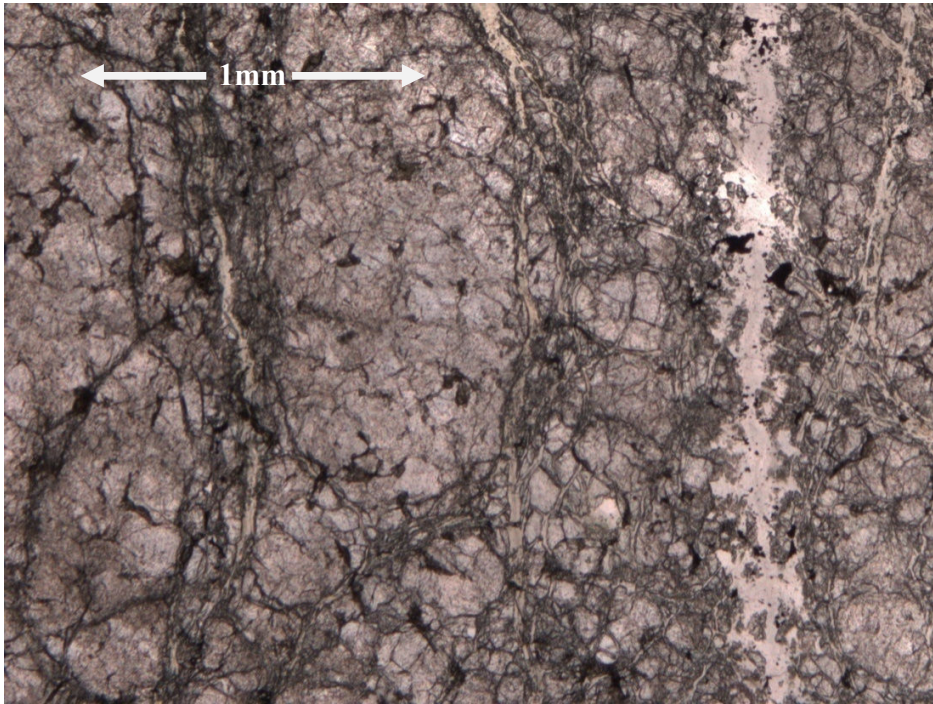


Fig. 90: Fotomicrografia M32. Objetivo 10x. Nicolas Paralelos.

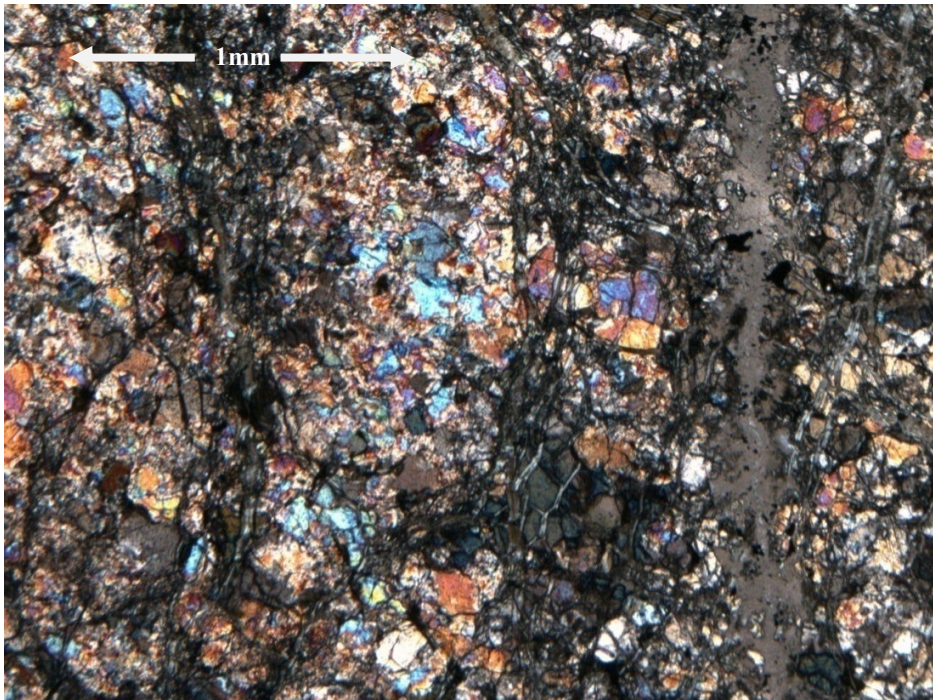


Fig. 91: Fotomicrografia M32. Objetivo 10x. Nicolas Cruzados. Pequeños cristales de olivino cortados por venas rellenas de serpentina.

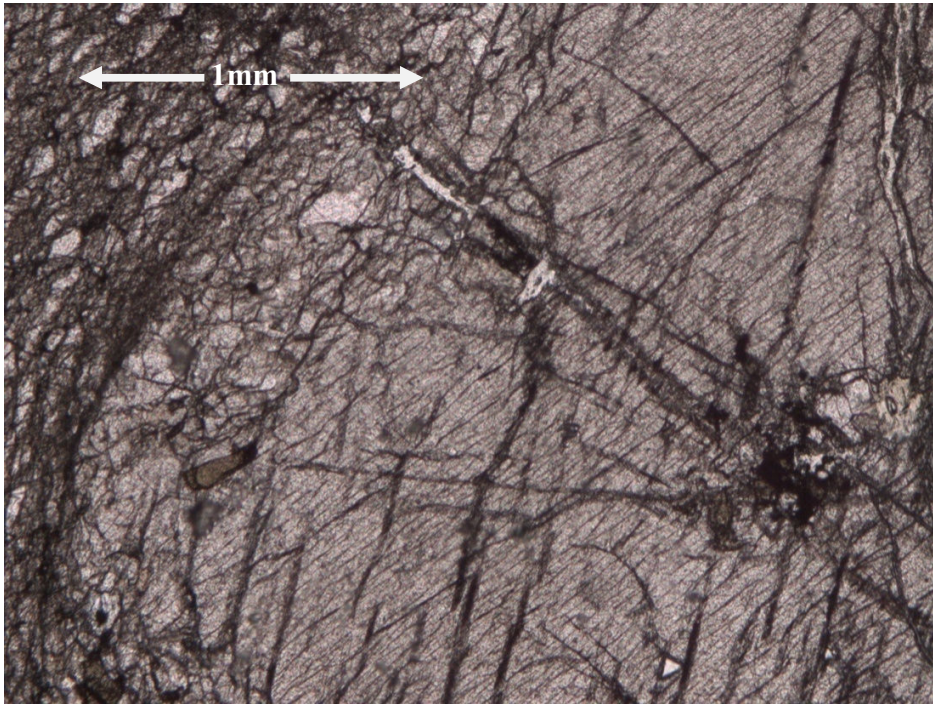


Fig. 92: Fotomicrografia M33. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

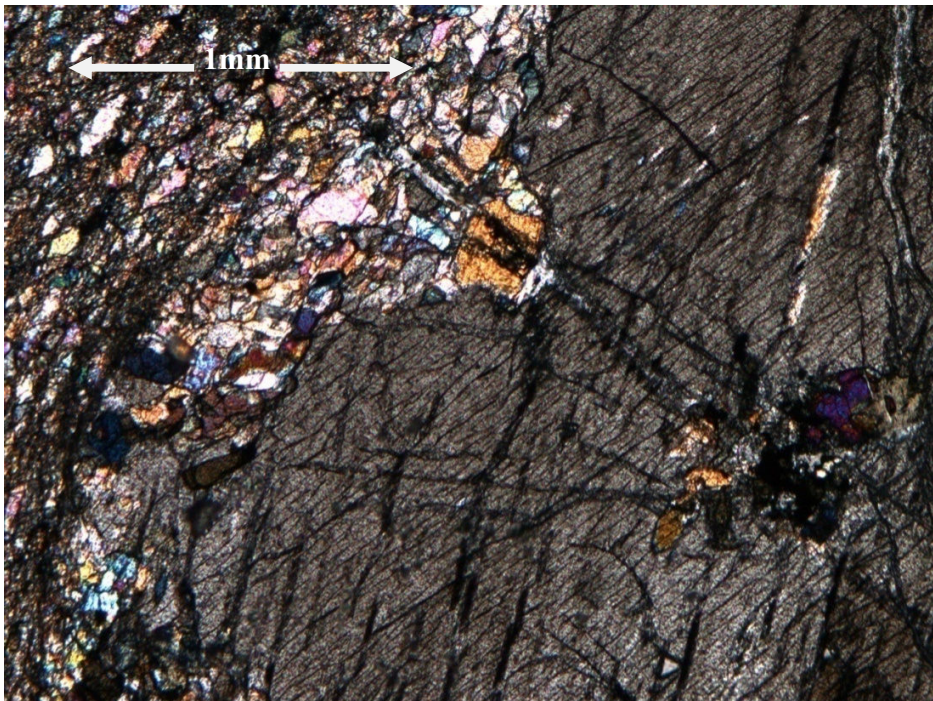


Fig. 93: Fotomicrografia M33. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita que presenta una inclusión de hipersteno, embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M34

DUNITA

Macroscópicamente el color meteorizado de la roca es verde claro y el color fresco es verde oscuro. La roca es de brillo craso. Se puede ver la presencia del mineral serpentina el cual se encuentra rellenando fracturas.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (89%) y como minerales accesorios: serpentina (5%), cromoespinela (3%), ortopiroxeno (1%), magnetita (1%) y esfena (1%). La serpentina se encuentra rellenando fracturas, las cuales atraviesan muchos pórfidos de olivino. Se puede ver la presencia de la textura reliquia definida por granos de olivino, los cuales han sido serpentinizados. También se observan pórfidos de enstatita muchos de ellos con bordes corroidos debido al proceso de serpentización (ver anexo 1 y figuras 94 y 95).

M35A/ M35B

HARZBURGITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde oscuro y color fresco verde claro, se puede ver la presencia del mineral serpentina el cual se presenta rellenando fracturas. También se observan pórfidos de piroxenos de 0.7 mm de largo y 0.4 mm de ancho.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales olivino (73%) y ortopiroxenos (14%) y como minerales accesorios: serpentina (7%), cromoespinela (3%), magnetita (2%) y augita (1%). La serpentina se encuentra rellenando fracturas las cuales atraviesan la matriz de grano muy fino de olivino. Se puede ver la textura poiquilítica definida por inclusiones de augita dentro de ortopiroxenos (enstatita), otra textura presente es la textura reliquia definida por pórfidos de olivino serpentinizados (ver anexo 1 y figuras 96 y 97 / 98 y 99).

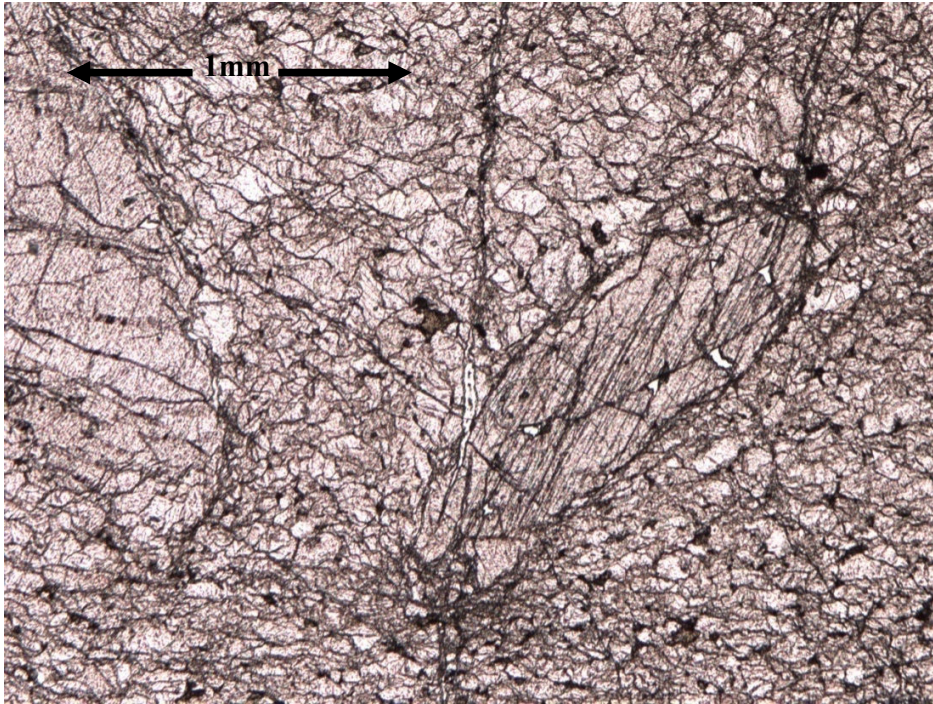


Fig. 94: Fotomicrografía M34. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

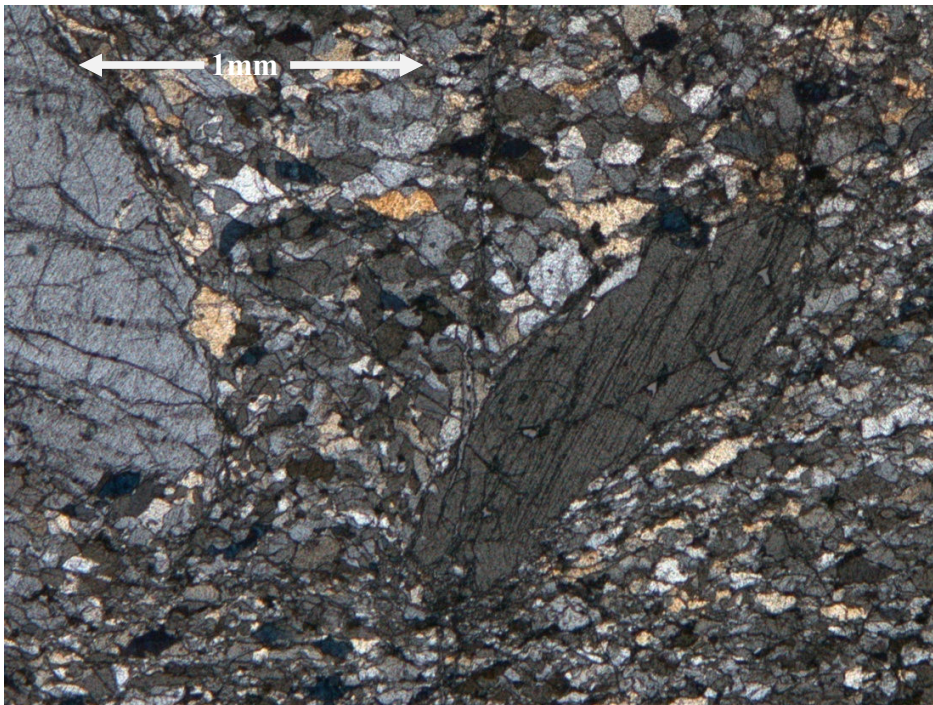


Fig. 95: Fotomicrografía M34. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de estatita embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.

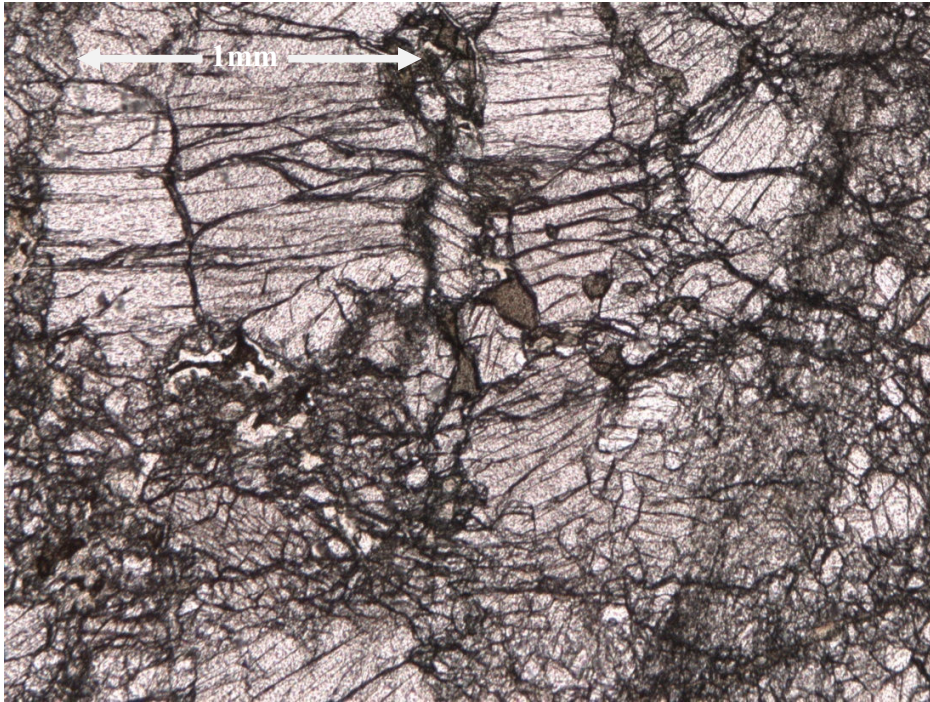


Fig. 96: Fotomicrografía M35A. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

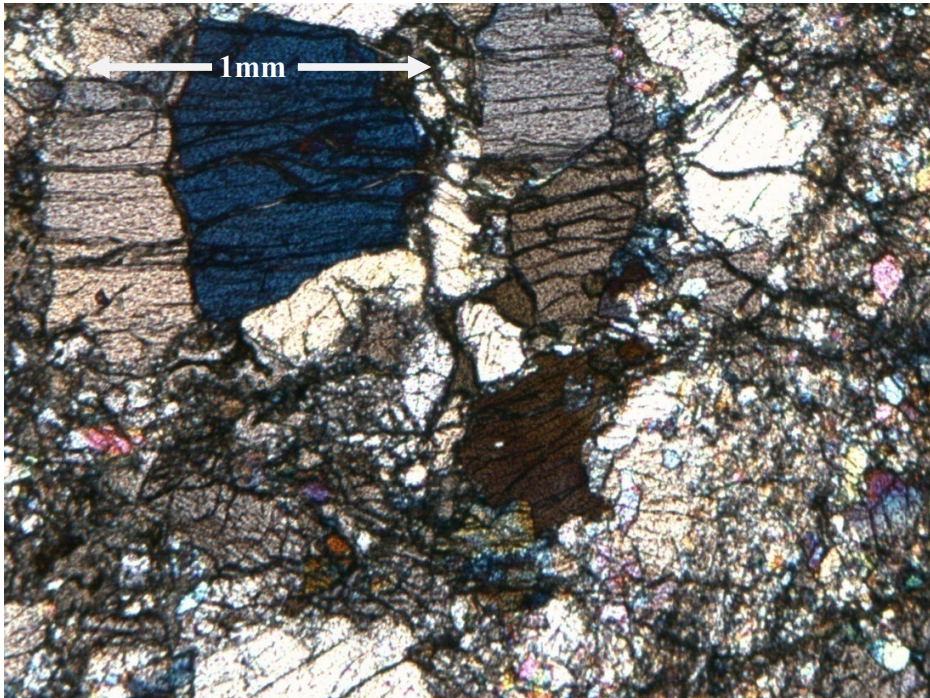


Fig. 97: Fotomicrografía M35A. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de ortopiroxenos embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

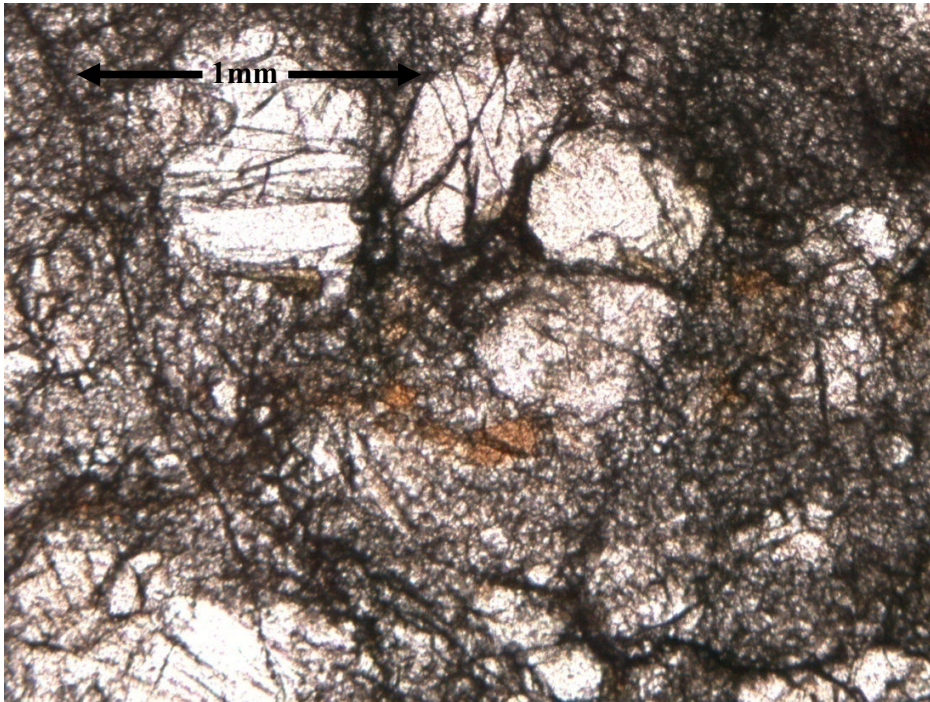


Fig. 98: Fotomicrografía M35B. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

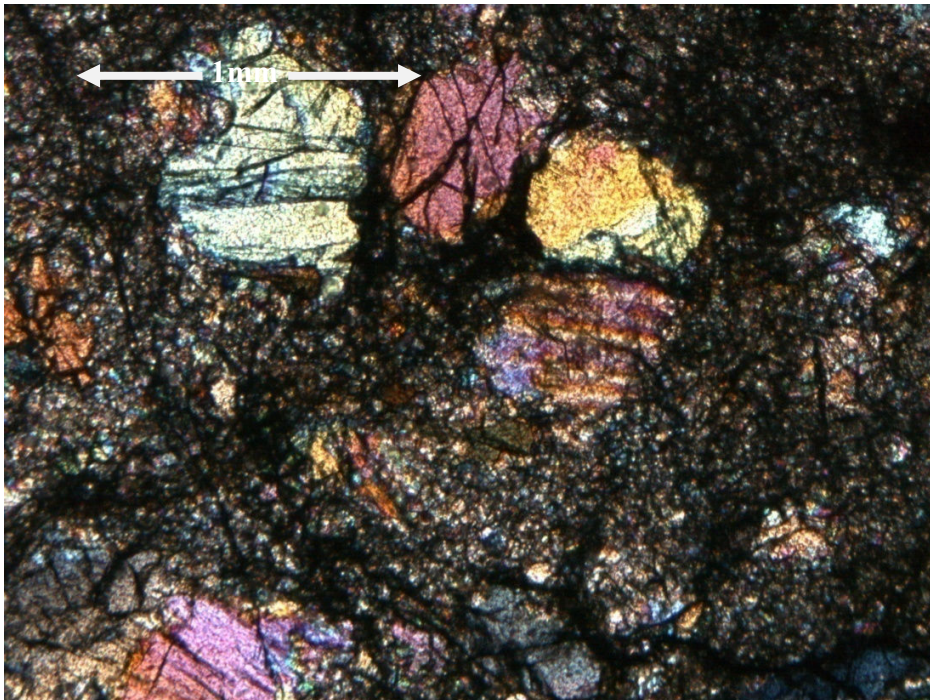


Fig. 99: Fotomicrografía M35B. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de ortopiroxenos embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M36

PIROXENITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón verdoso y color fresco negro. Se pueden ver grandes pórfidos de piroxeno y de brillo vítreo, los pórfidos presentan forma ovoide. El tamaño de estos pórfidos varía de 1 cm a 2 cm de ancho y de 2 cm a 5 cm de largo.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales clinopiroxeno (59%), ortopiroxeno (25%) y como minerales accesorios: espinela (7%), magnetita (5%), leucoxeno (3%) y esfena (1%). Se presenta la textura poiquilítica donde granos de enstatita (ortopiroxenos) poseen inclusiones de augita (clinopiroxenos) (ver anexo 1 y figuras 100 y 101).

M37

WEBSTERITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde claro y un color fresco verde oscuro, se pueden ver pórfidos de piroxenos cuyo tamaño de grano está entre 1 cm de ancho y 2 cm de largo.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales clinopiroxenos (67%), ortopiroxenos (20%) y como minerales accesorios espinela (5%), leucoxeno (3%), magnetita (2%) y esfena (2%). Se presenta la textura poiquilítica en donde granos de enstatita poseen inclusiones de augita, la magnetita se encuentra rellenando fracturas (ver anexo 1 y figuras 102 y 103).

M38

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado marrón amarillento y color fresco gris verdoso. Se pueden ver pequeñas fracturas rellenas de serpentina, también se observan pórfidos de piroxenos.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (85%) y como minerales accesorios: clinopiroxenos (5%), ortopiroxenos (5%), cromoespinela (3%), serpentina (2%) y magnetita (1%). La serpentina se encuentra rellenando fracturas, las cuales atraviesan los pórfidos de piroxenos (enstatita) presentes. Otros pórfidos presentes son los de olivino los cuales poseen bordes muy bien preservados (ver anexo 1 y figuras 104 y 105).

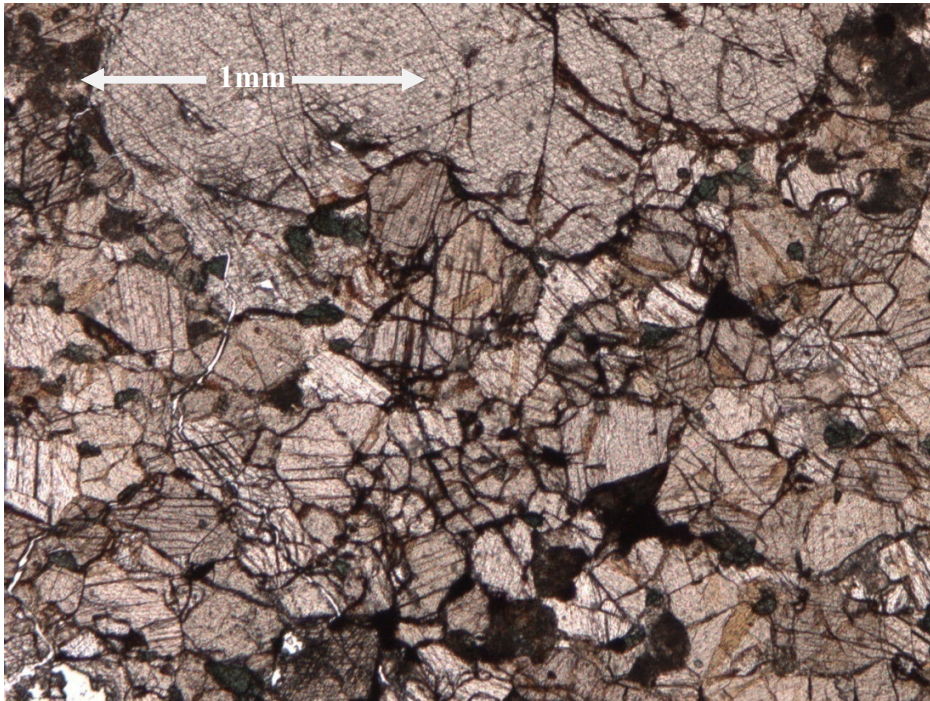


Fig. 100: Fotomicrografía M36. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

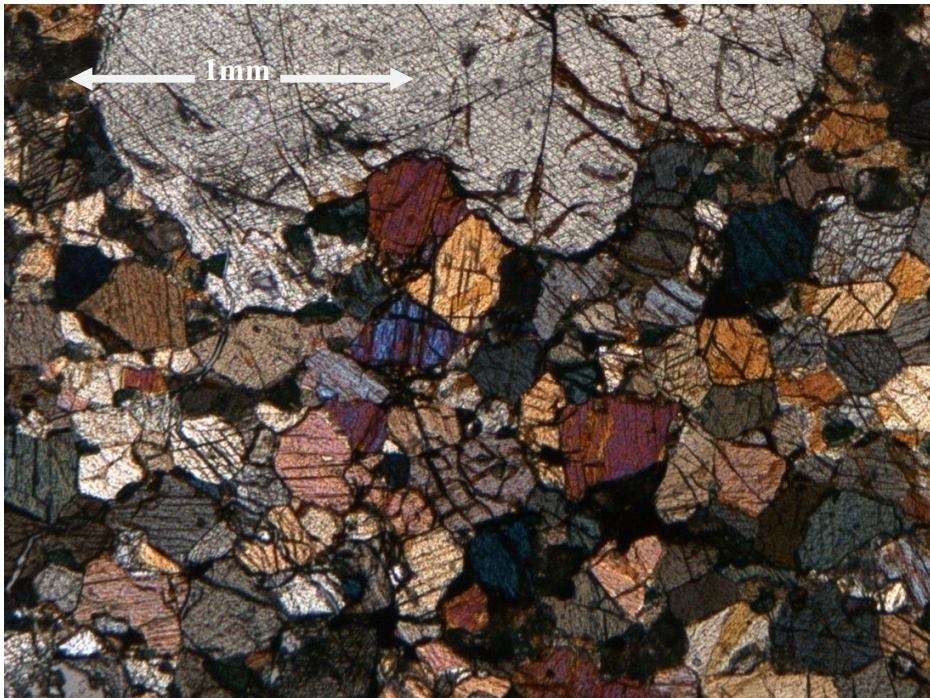


Fig. 101: Fotomicrografía M36. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de cristales de piroxenos (augita, hipersteno y enstatita).

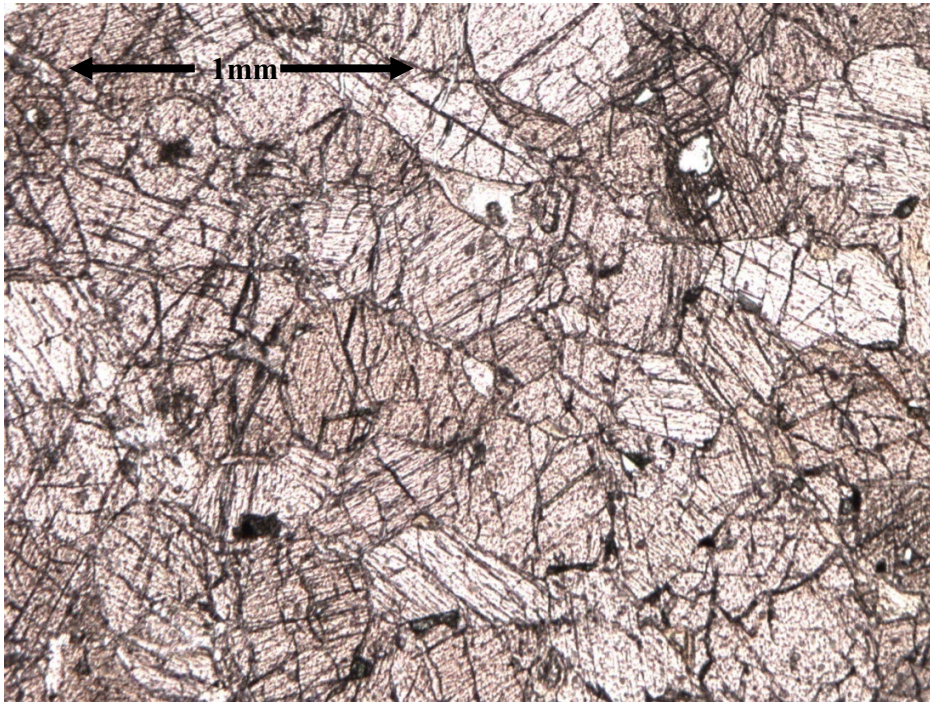


Fig. 102: Fotomicrografía M37. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

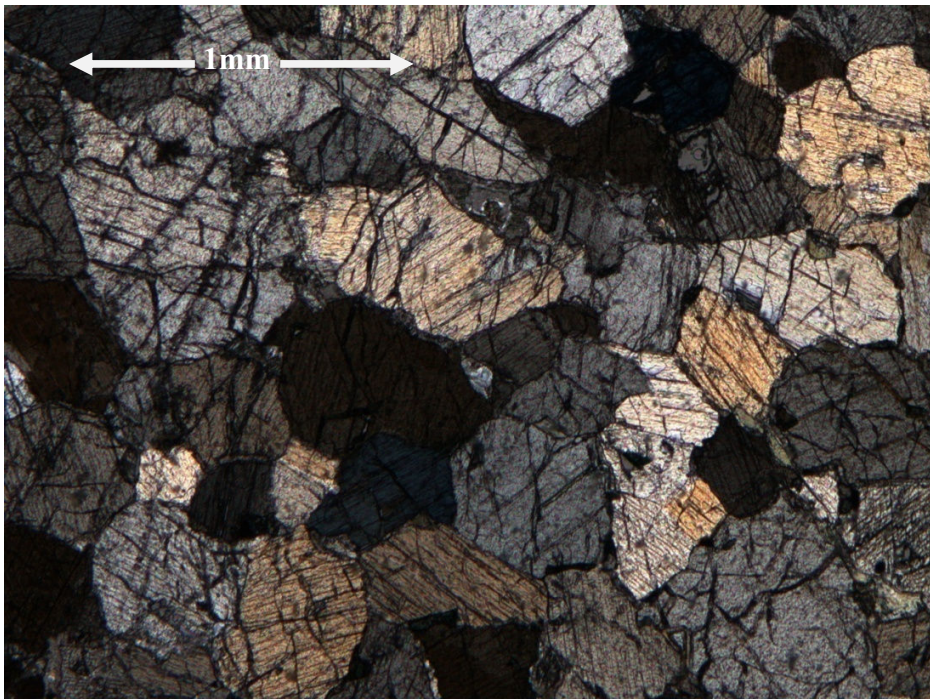


Fig. 103: Fotomicrografía M37. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de ortopiroxenos y clinopiroxenos de diferentes tamaños.

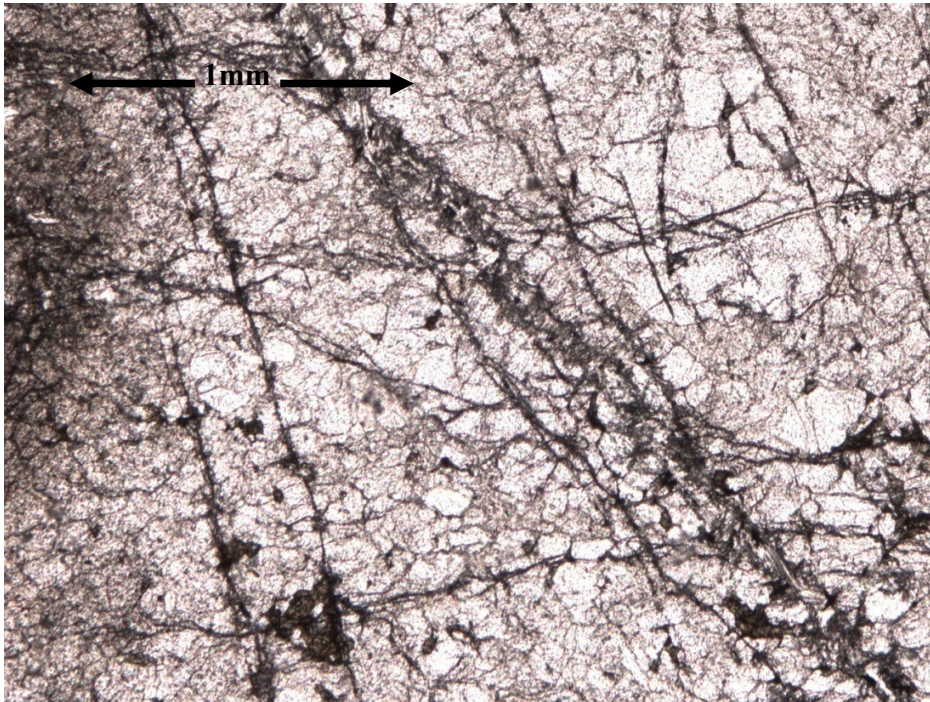


Fig. 104: Fotomicrografía M38. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

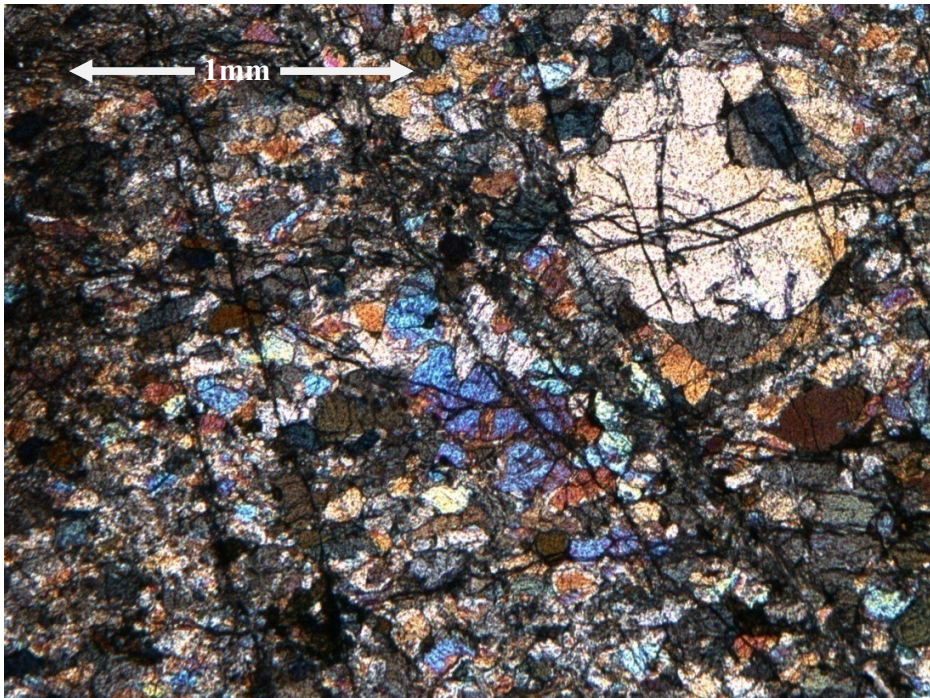


Fig. 105: Fotomicrografía M38. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.



M39

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado amarillo verdoso y color fresco gris verdoso. Se observan pórfidos de piroxenos cuyos tamaños varían de 1 cm a 1.5 cm de ancho y de 2 cm a 4.5 cm de largo.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (90%) y como minerales accesorios: ortopiroxenos (4%), cromoespinela (3%), serpentina (2%) y magnetita (1%). La serpentina se encuentra rellenando fracturas que atraviesan la matriz de granos muy finos de olivino (ver anexo 1 y figuras 106 y 107).

M40

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado marrón oscuro y color fresco gris verdoso, se puede ver que la meteorización que afecta a la roca lo hace de manera concéntrica en capas de afuera hacia adentro, se observan grandes pórfidos de piroxenos embebidos en la masa de olivino.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (82%) y como minerales accesorios: serpentina (7%), magnetita (4%), enstatita (3%), augita (3%) y cromoespinela (1%). Se observa la textura poiquilítica definida por inclusiones de augita dentro de enstatita. La serpentina se encuentra rellenando fracturas las cuales atraviesa la matriz de grano muy finos de olivino, otra de la textura observada es la porfiroclástica en donde pórfidos de olivino se encuentran embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral (ver anexo 1 y figuras 108 y 109).

M41

SERPENTINITA

Macroscópicamente la roca muestra un color meteorizado verde claro y un color fresco verde oscuro. La roca presenta un brillo craso está muy meteorizada.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial la serpentina (94%) y como minerales accesorios: magnetita (3%) y leucoxeno (3%). Se observa la presencia de textura reliquia, en donde granos de olivino han sido serpentinizados. La magnetita y el leucoxeno se encuentran rellenando fracturas (ver anexo 1 y figuras 110 y 111).

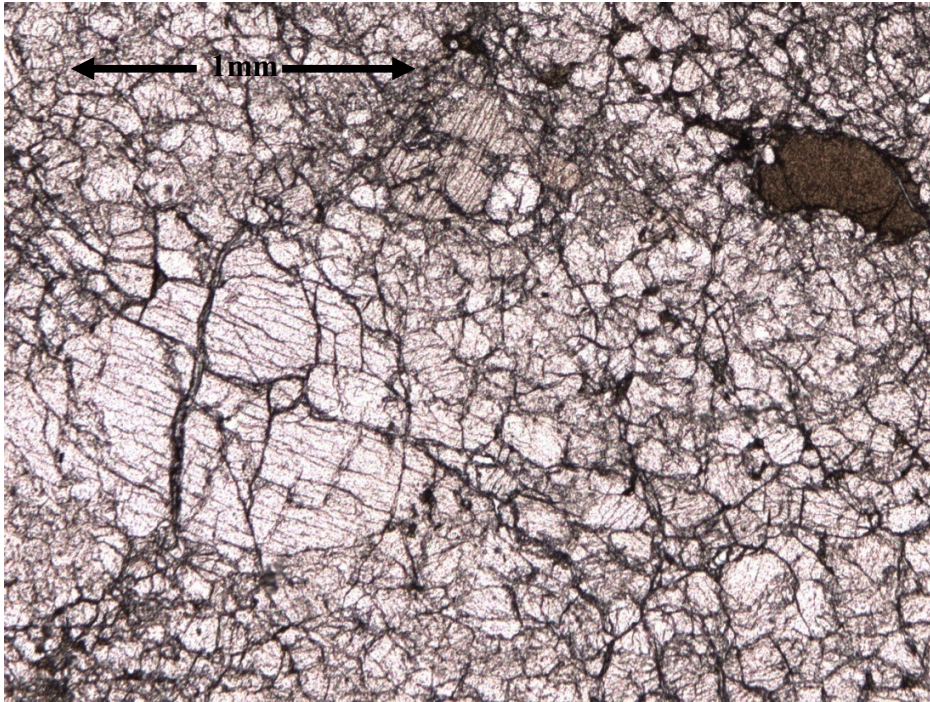


Fig. 106: Fotomicrografía M39. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

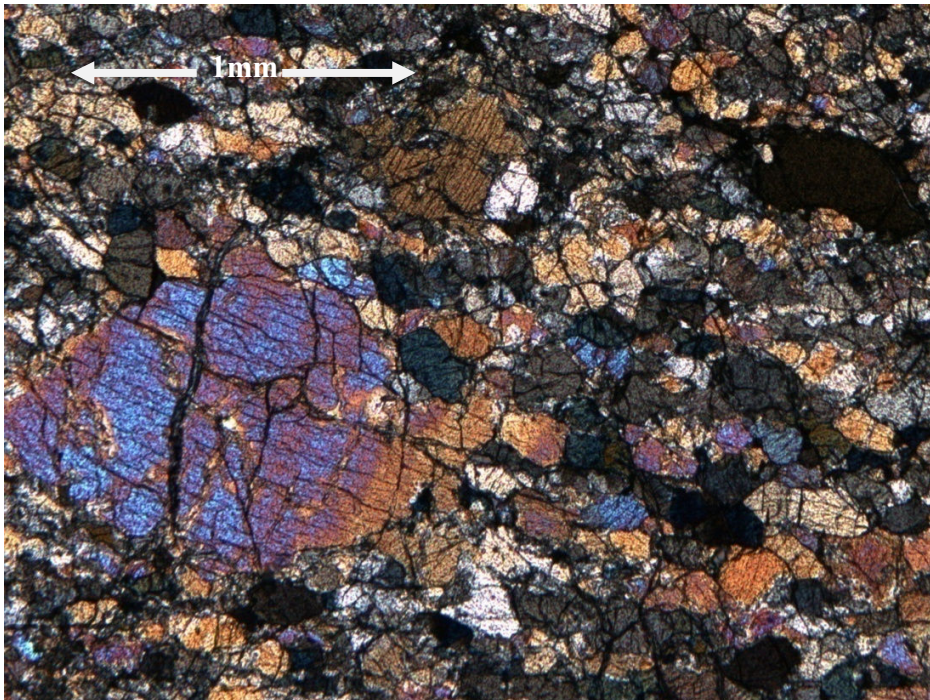


Fig. 107: Fotomicrografía M39. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos y cromoespinela embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.

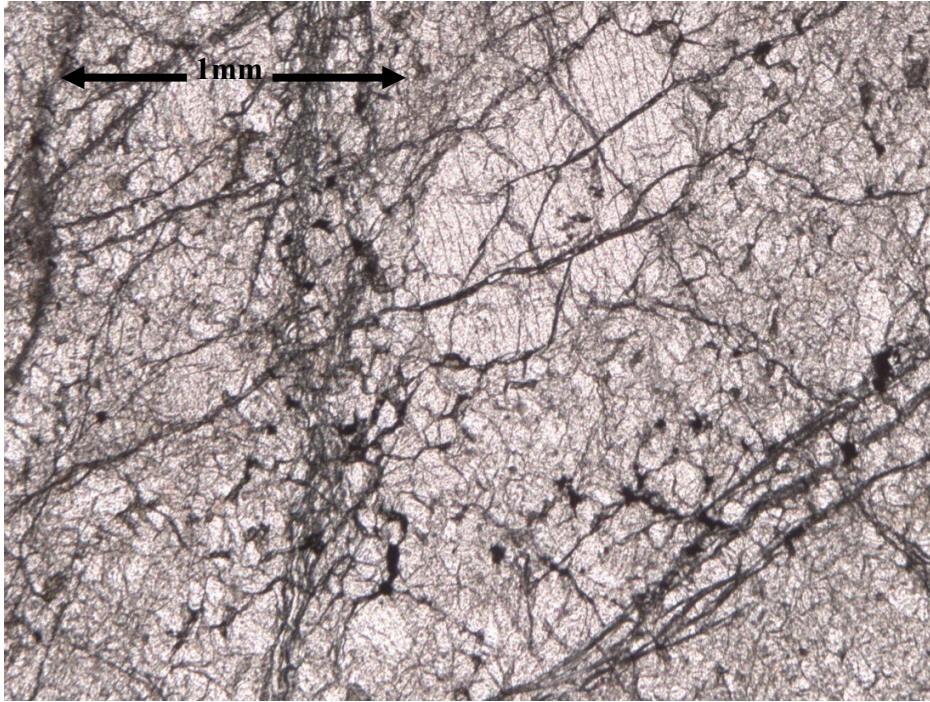


Fig. 108: Fotomicrografía M40. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

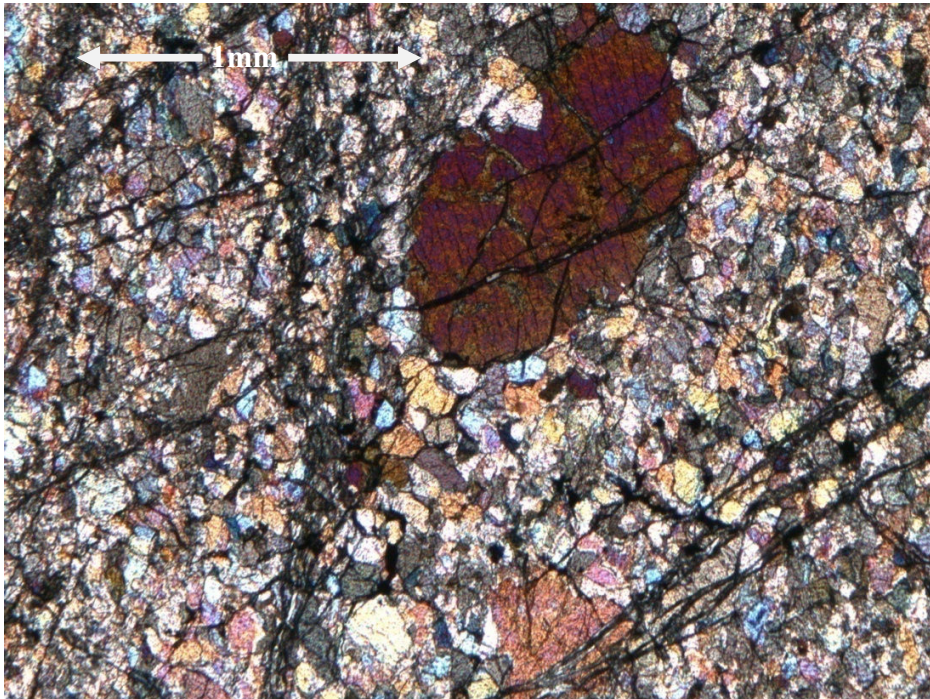


Fig. 109: Fotomicrografía M40. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

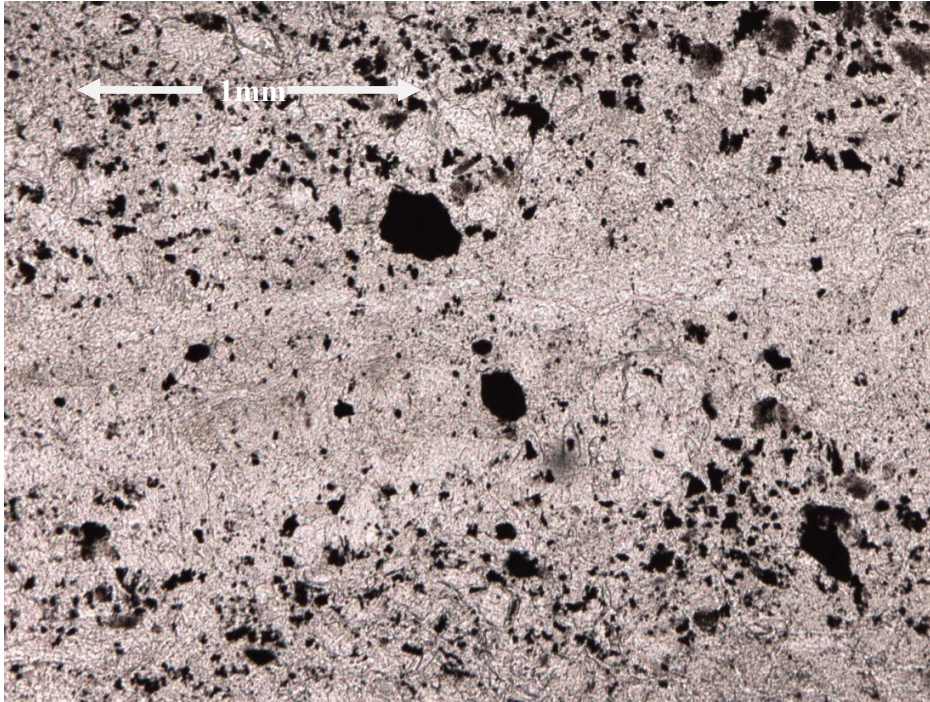


Fig. 110: Fotomicrografía M41. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

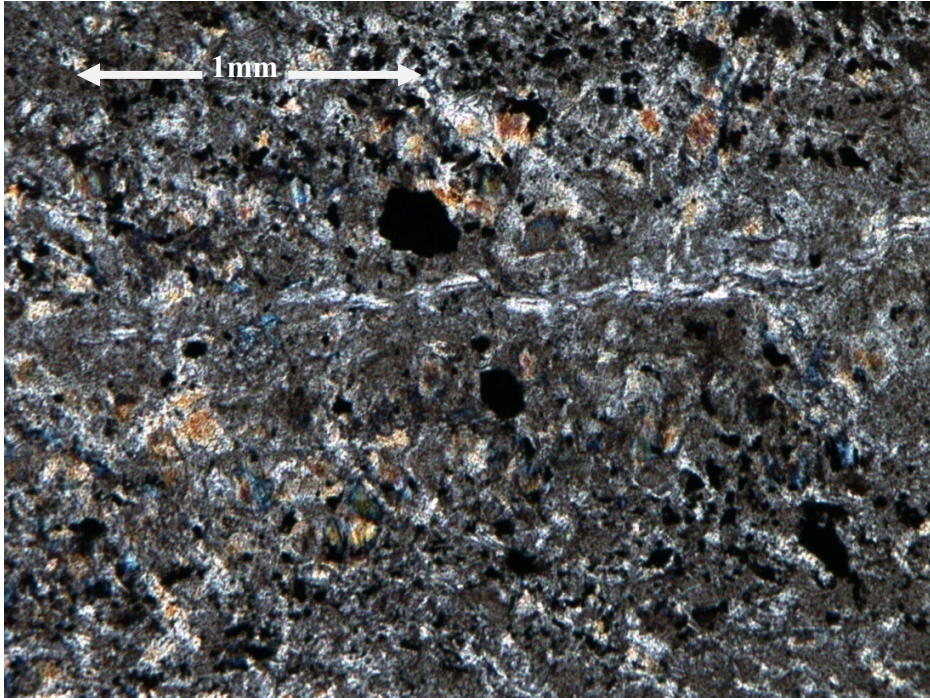


Fig. 111: Fotomicrografía M41. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Masa amorfa y fracturada de serpentina, con algunos cristales de magnetita.



M42

DUNITA SERPENTINIZADA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verdoso claro y color fresco gris oscuro. Se observa el mineral serpentina relleno de fracturas.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales olivino (82%) y serpentina (20%) y como mineral accesorio magnetita (8%). La serpentina se encuentra relleno de fracturas que atraviesan la matriz de grano fino compuesta por olivino. Se presenta la textura porfiroclástica en la cual pórfidos de olivino se encuentran embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral. También se puede ver la presencia de la textura reliquia en donde granos de olivino han sido serpentinizados conservándose la forma del grano original (ver anexo 1 y figuras 112 y 113).

M43

DUNITA

Macroscópicamente la roca muestra un color meteorizado verde amarillento y un color fresco verde claro. Se observan pórfidos de olivino con un tamaño de grano de 1 cm de ancho y 2 cm de largo, se observa la presencia de serpentina relleno de fracturas.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (89%) y como minerales accesorios: serpentina (7%) y magnetita (4%). Se observa la textura porfiroclástica en la cual pórfidos de olivino se encuentran embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral (ver anexo 1 y figuras 114 y 115).

M44

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado gris oscuro y color fresco gris claro. Se observa la serpentina relleno de fracturas, también se aprecian pórfidos de olivino.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (87%) y como minerales accesorios: serpentina (8%) y magnetita (5%). La serpentina se encuentra relleno de fracturas, las cuales atraviesan la matriz de grano fino compuesta por olivino. Se observan pórfidos de olivino embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral (ver anexo 1 y figuras 116 y 117).

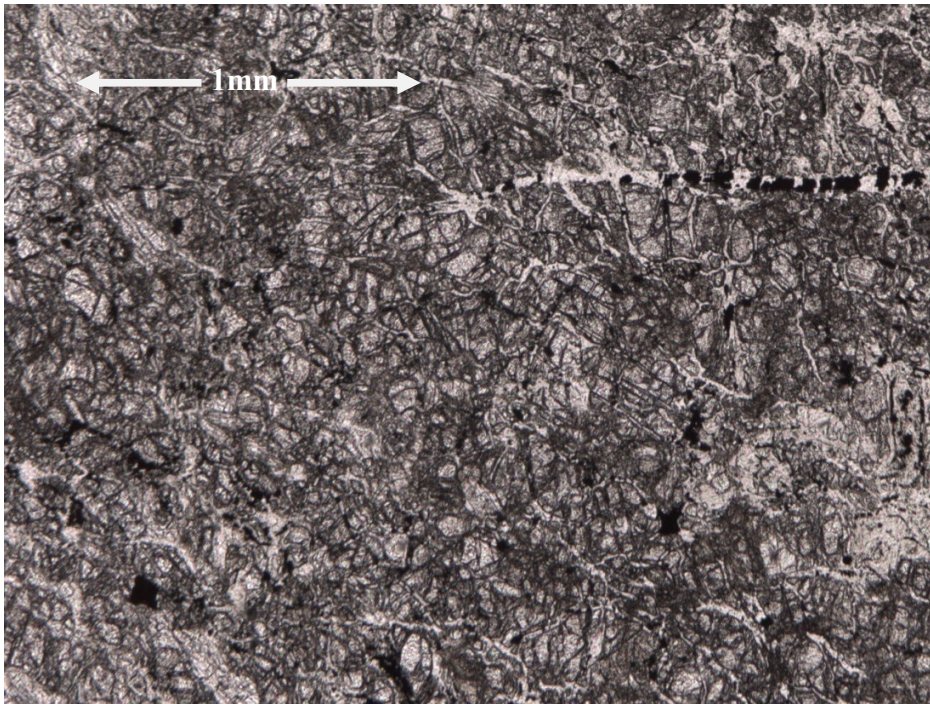


Fig. 112: Fotomicrografía M42. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

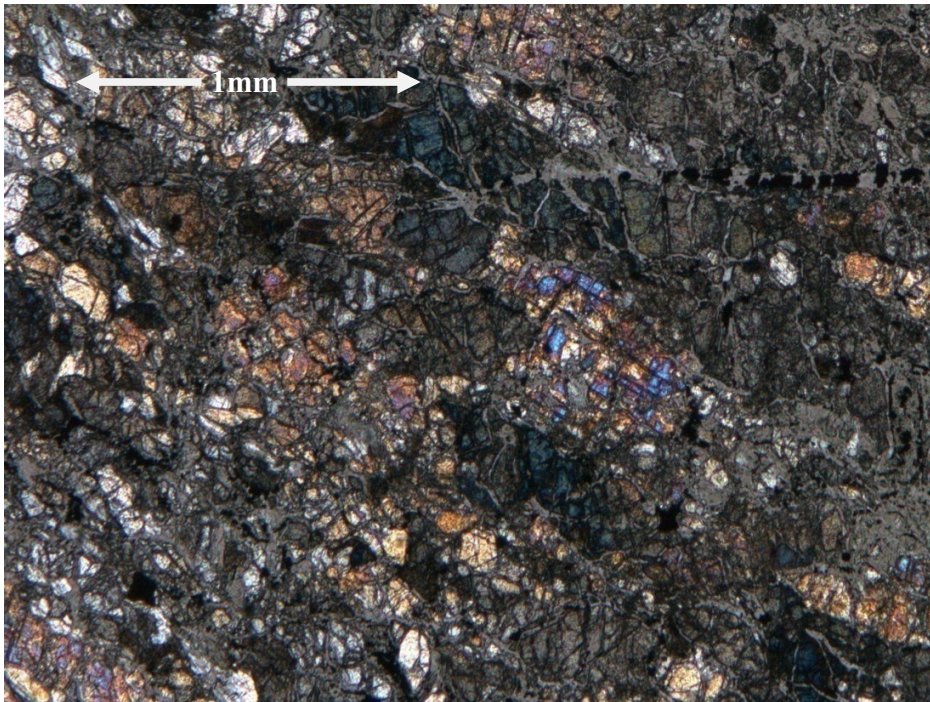


Fig. 113: Fotomicrografía M42. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Dunita serpentizada que muestra una matriz de olivino cortada por venas de serpentina y magnetita en varas direcciones.

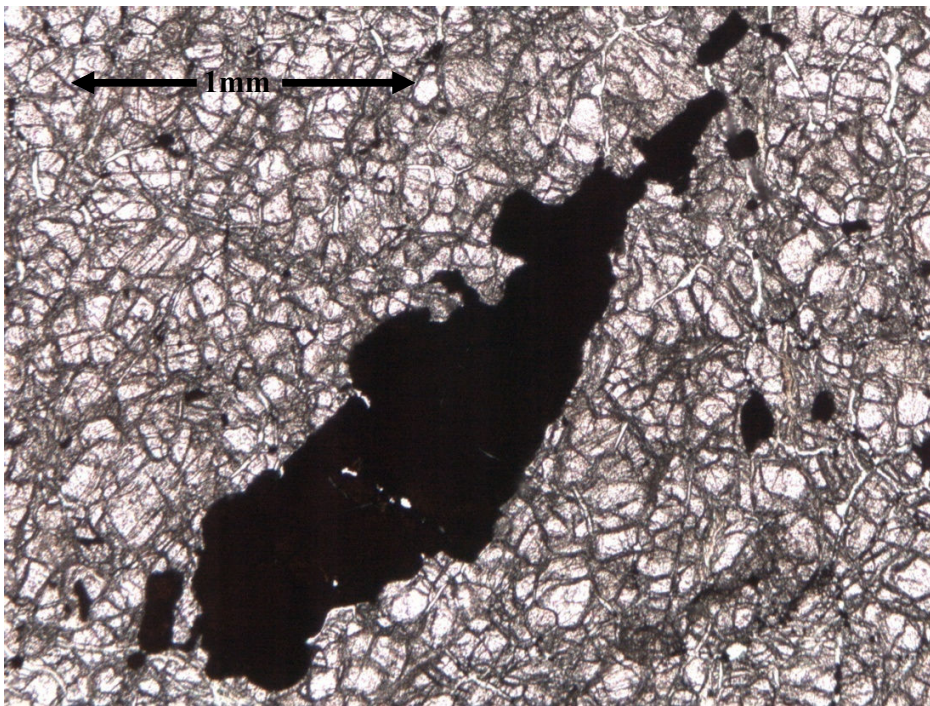


Fig. 114: Fotomicrografía M43. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

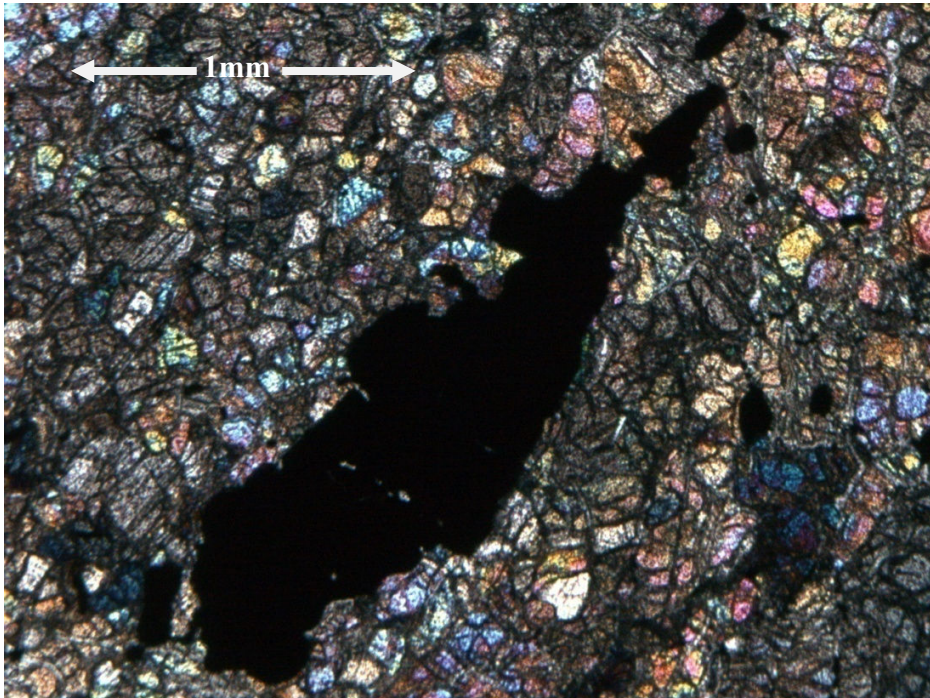


Fig. 115: Fotomicrografía M43. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de olivino magnetita en una matriz de pequeños cristales de olivino.

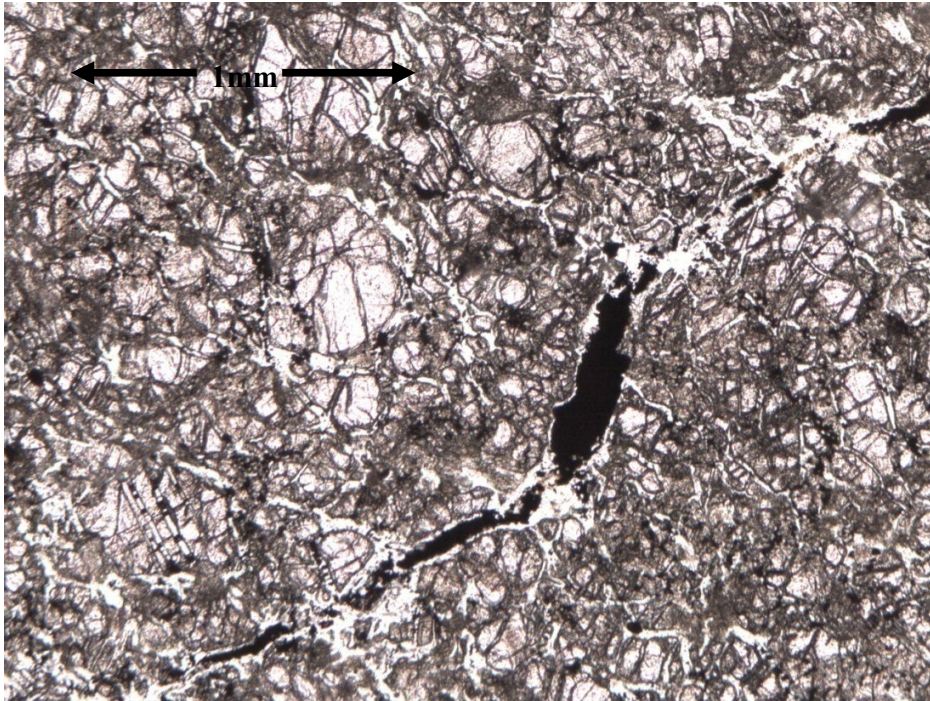


Fig. 116: Fotomicrografía M44. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

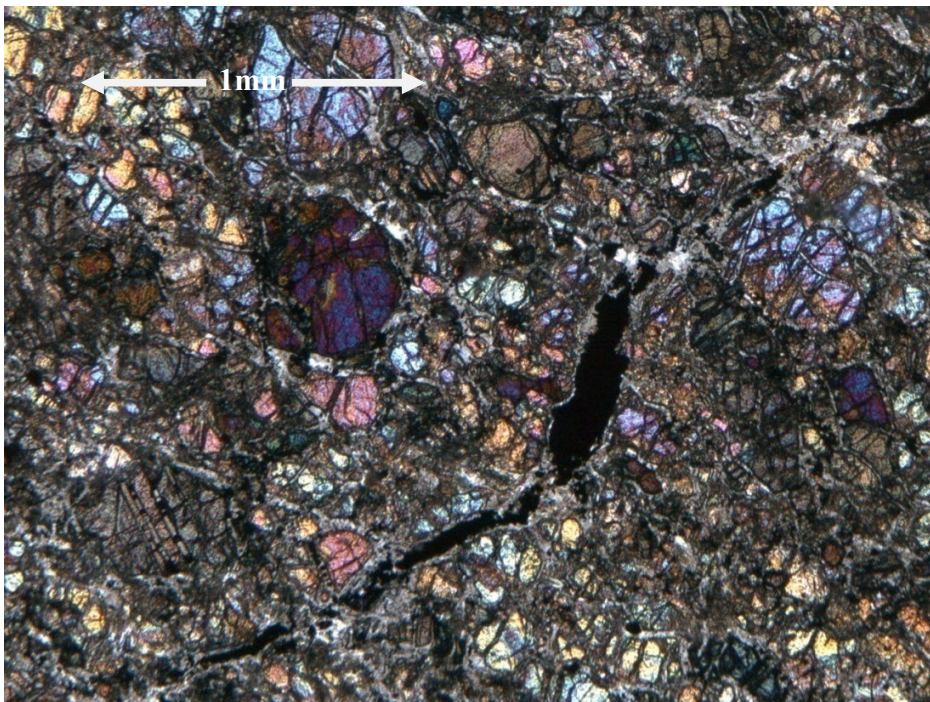


Fig. 117: Fotomicrografía M44. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Cristales de olivino de diversos tamaños, cortados por venas de serpentina y magnetita.



M45

DUNITA

Macroscópicamente la roca presenta un color meteorizado verde amarillento y color fresco verde grisáceo. Se observan pórfidos de piroxenos dentro de la roca, cuyos tamaños van desde 1 cm de ancho hasta 3 cm de largo, generalmente son de forma ovalada. La roca se encuentra fracturada y dichas fracturas están rellenas de serpentina.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (85%) y como minerales accesorios: serpentina (9%), enstatita (3%) como ortopiroxeno, cromoespinela (2%) y magnetita (1%). Se presenta la textura porfiroclástica definida por pórfidos de enstatita y olivino, embebidos en la matriz de grano fino de olivino. La serpentina se encuentra relleno de fracturas. Los pórfidos poseen bordes muy bien desarrollados indicativo esto de un mayor tiempo de cristalización (ver anexo 1 y figuras 118 y 119).

M46

DUNITA SERPENTINIZADA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón oscuro y color fresco gris verdoso, la muestra contiene muchas fracturas rellenas de serpentina sin un patrón definido, la presencia de piroxenos es casi inexistente y estos piroxenos muestran un brillo vítreo.

Microscópicamente la roca contiene como minerales esenciales olivino (83%) y serpentina (10%), como minerales accesorios están: cromoespinela (5%), magnetita (1%) y enstatita (1%) como ortopiroxeno. La serpentina se encuentra relleno de fracturas, las cuales no tienen patrón definido. Se presenta la textura reliquia en la cual un grano de olivino fue serpentinizado, manteniéndose su forma original. También se presenta la textura porfírica definida por pórfidos de olivino y enstatita embebidos dentro de la matriz de grano fino de olivino. Los pórfidos de enstatita son más grandes que los de olivinos y poseen bordes bien desarrollados (ver anexo 1 y figuras 120 y 121).

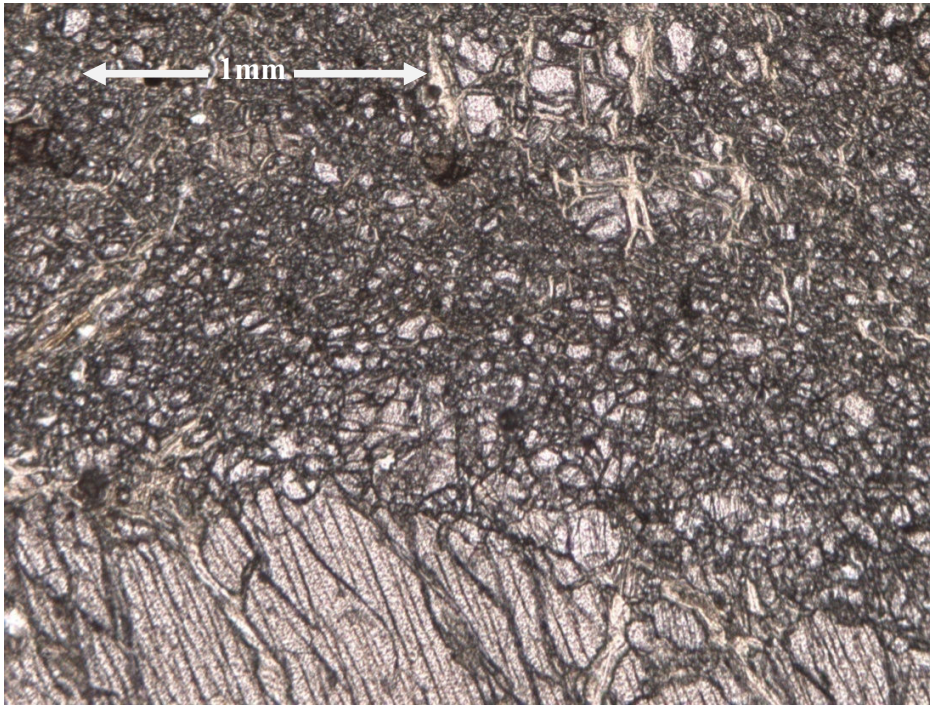


Fig. 118: Fotomicrografía M45. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

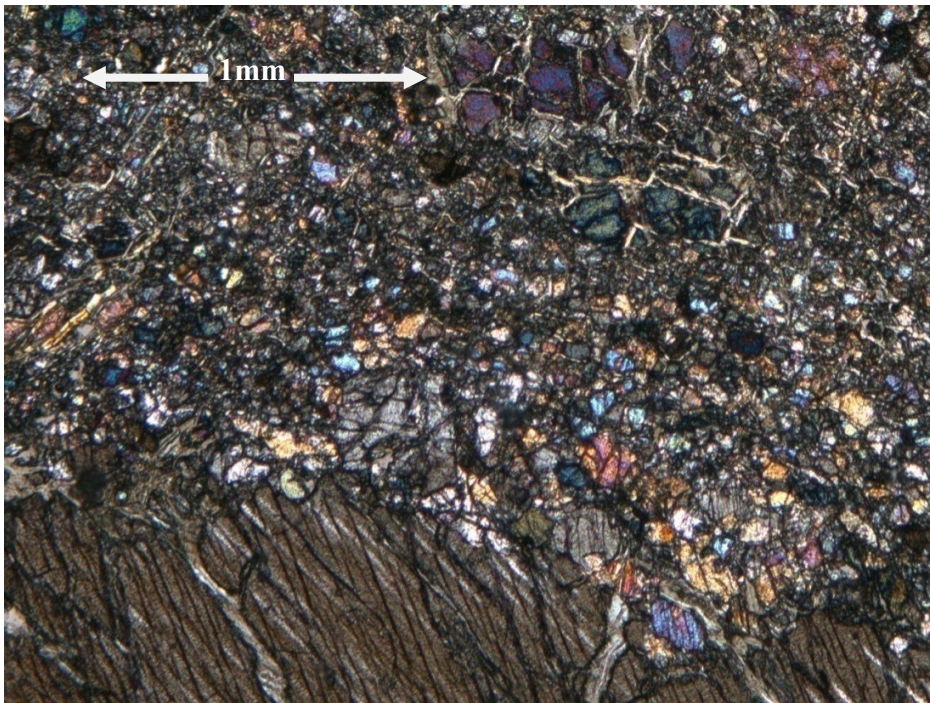


Fig. 119: Fotomicrografía M45. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Megacristal de piroxeno acompañado de cristales de olivino de menores dimensiones.

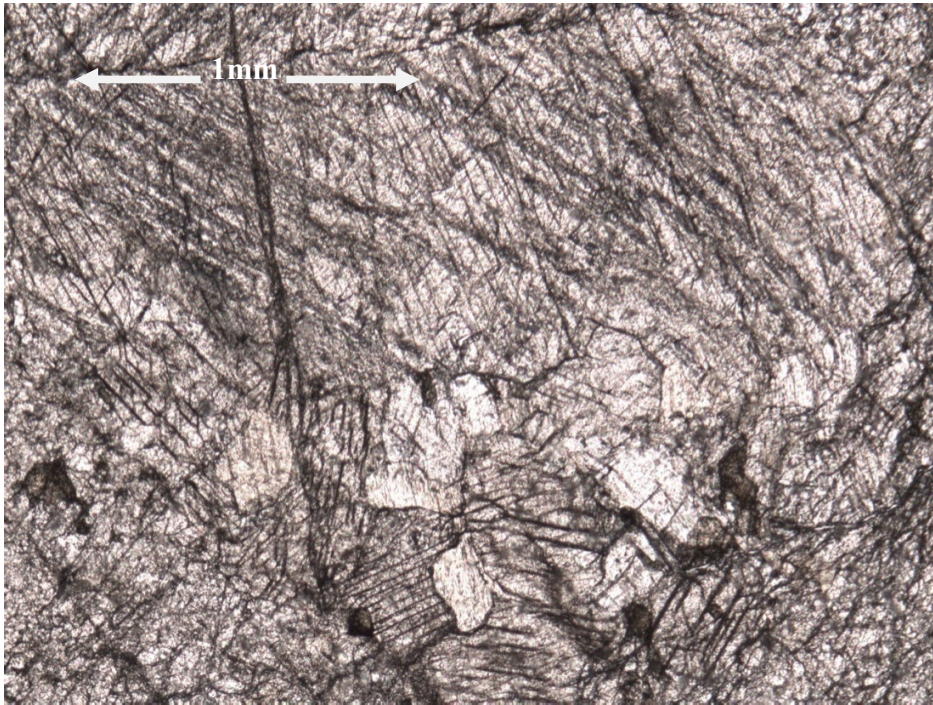


Fig. 120: Fotomicrografía M46. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

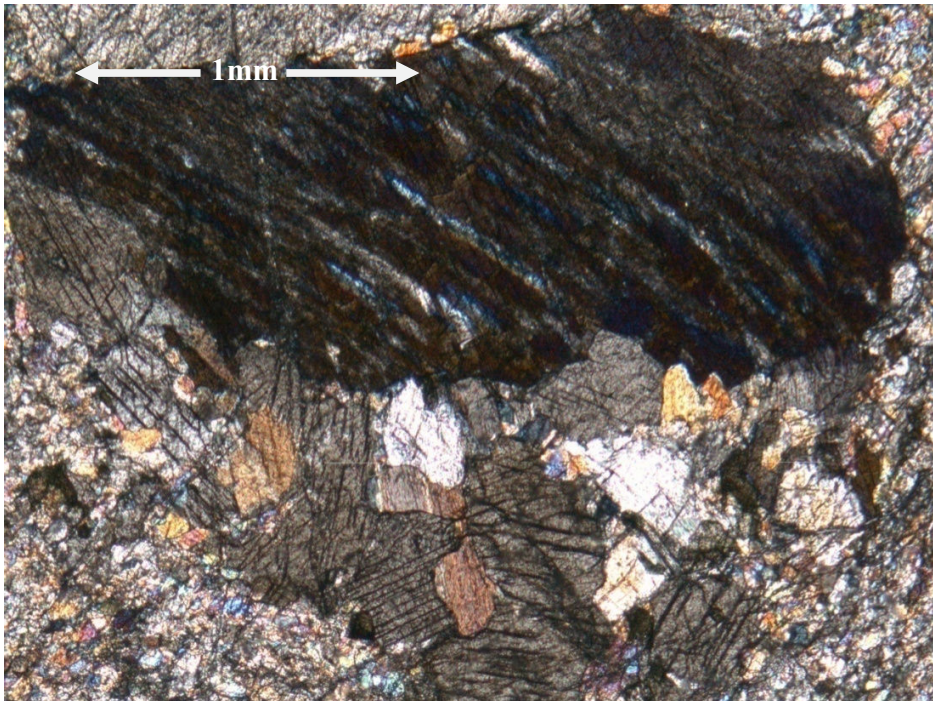


Fig. 121: Fotomicrografía M46. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de piroxenos embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino, el de mayor tamaño presenta exsolución lamelar.



M47

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón verdoso y color fresco gris verdoso. Se observan fenocristales de piroxenos de color oscuro, la serpentinita se encuentra rellenando las fracturas que presenta la roca.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial el olivino (89%) y como minerales accesorios: serpentina (7%), cromoespinela (3%), ortopiroxenos (1%) y trazas de magnetita. Las fracturas presentes en la roca están rellenas de serpentina y en algunos casos de magnetita. Se observa la presencia de la textura porfiroclástica en donde granos de enstatita y olivino se encuentran embebidos en una matriz de grano fino de olivino. Los pórfidos más grandes corresponden a enstatita y presentan bordes muy bien prerservados (ver anexo 1 y figuras 122 y 123).

M48

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado amarillo verdoso y de color fresco gris claro, se pueden ver fracturas rellenas de serpentina. Se puede ver como la meteorización afecta a la roca de afuera hacia adentro en forma concéntrica.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (89%) y como minerales accesorios: espinela (5%), ortopiroxenos (3%), magnetita (2%) y serpentina (1%). La serpentina se encuentra rellenando fracturas, muchas de estas fracturas bordean pórfidos de enstatita (ortopiroxeno) sin alterar su forma (ver anexo 1 y figuras 124 y 125).

M49

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado marrón verdoso y color fresco gris claro. Se pueden ver fenocristales de olivino cuyo tamaño de grano va desde 1 cm de ancho hasta 1.5 cm y de 2 cm de hasta 4 cm de largo.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (91%) y como minerales accesorios: serpentina (5%), cromoespinela (2%) y magnetita (2%). Se puede ver la presencia de la textura porfiroclástica, en la cual pórfidos de olivino se encuentran embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral. La magnetita y la serpentina se encuentran rellenando fracturas (ver anexo 1 y figuras 126 y 127).

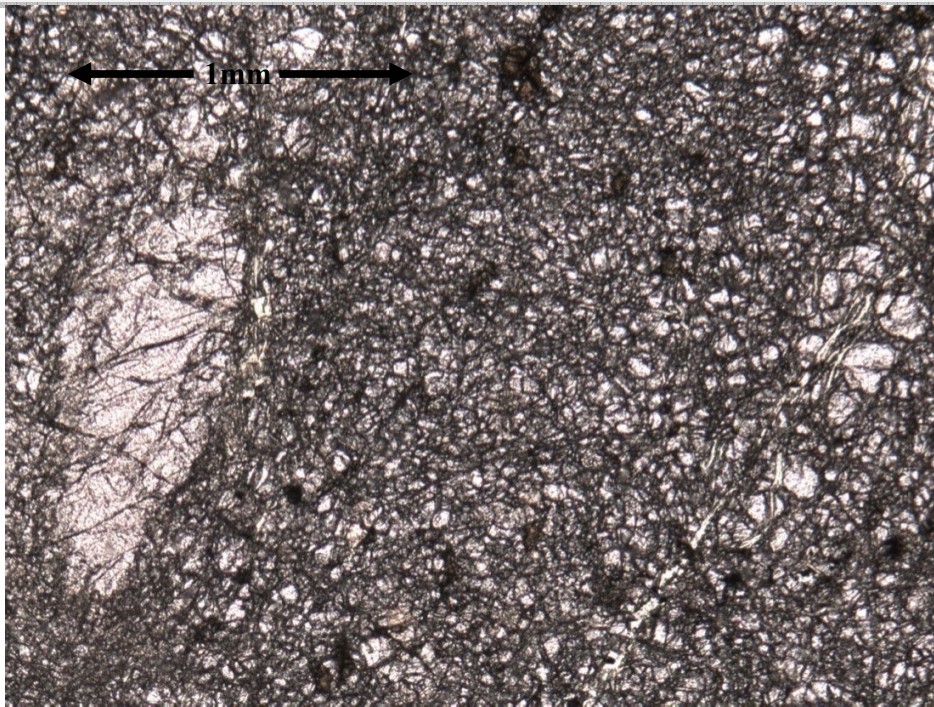


Fig. 122: Fotomicrografía M47. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

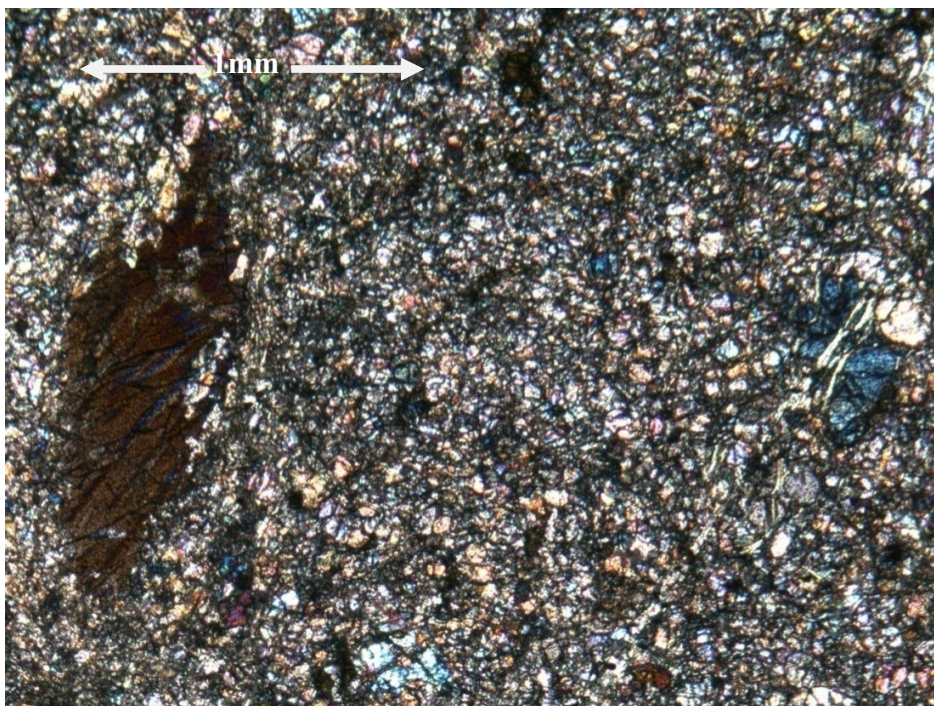


Fig. 123: Fotomicrografía M47. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de piroxeno embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino.

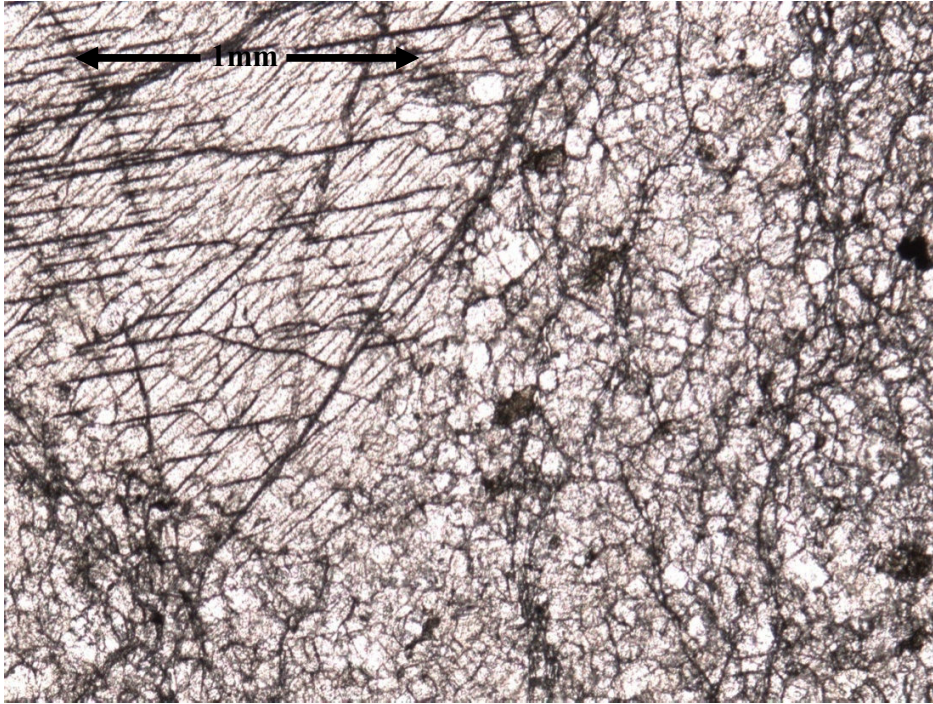


Fig. 124: Fotomicrografía M48. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

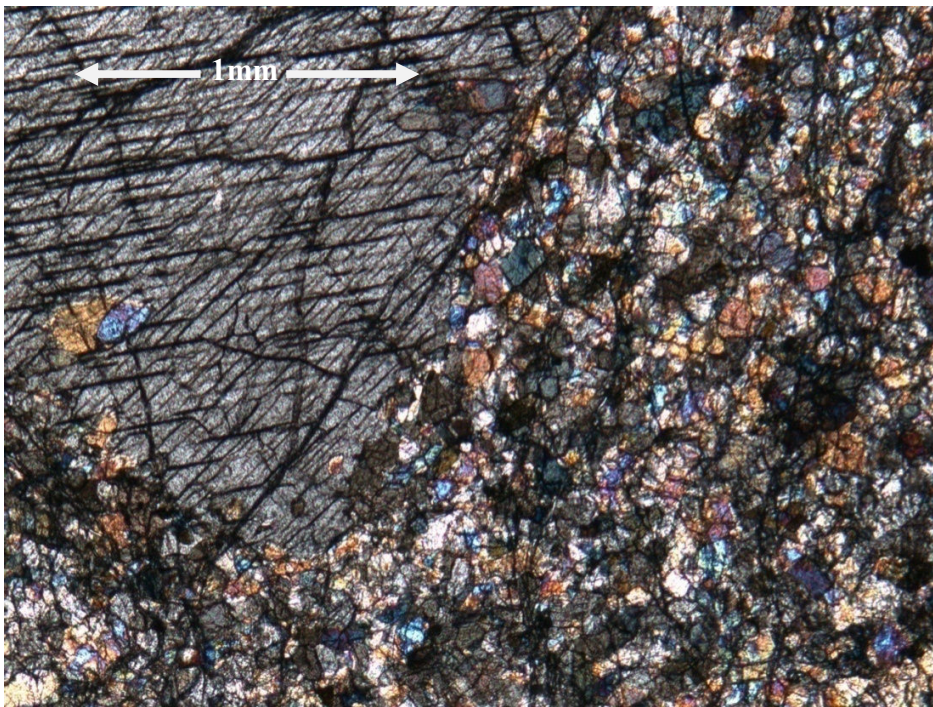


Fig. 125: Fotomicrografía M48. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristal de enstatita embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino (también presenta inclusiones de ortopiroxenos).

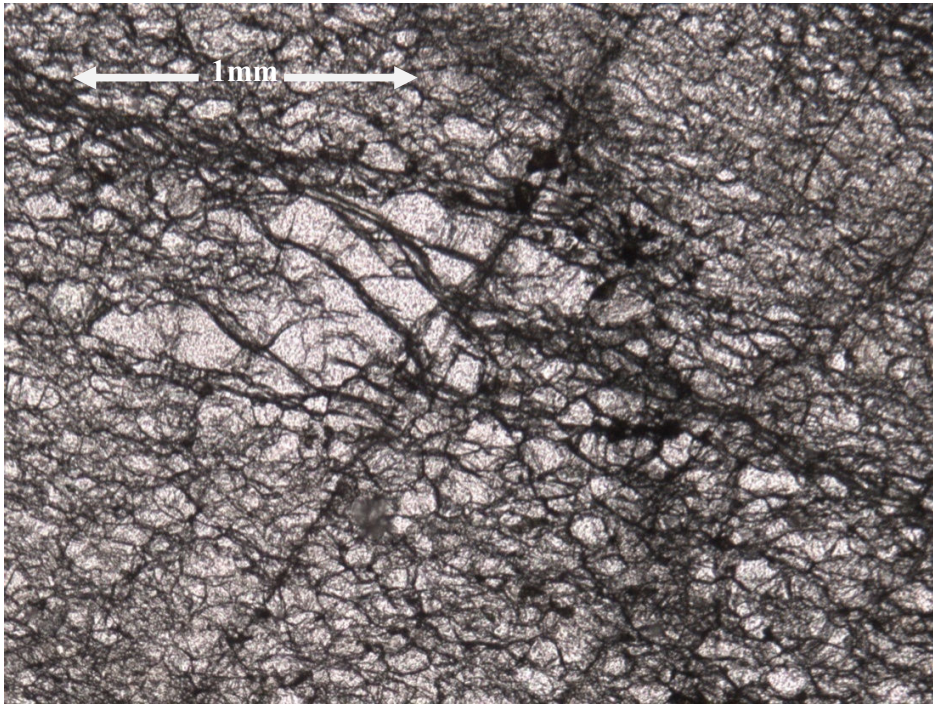


Fig. 126: Fotomicrografía M49. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

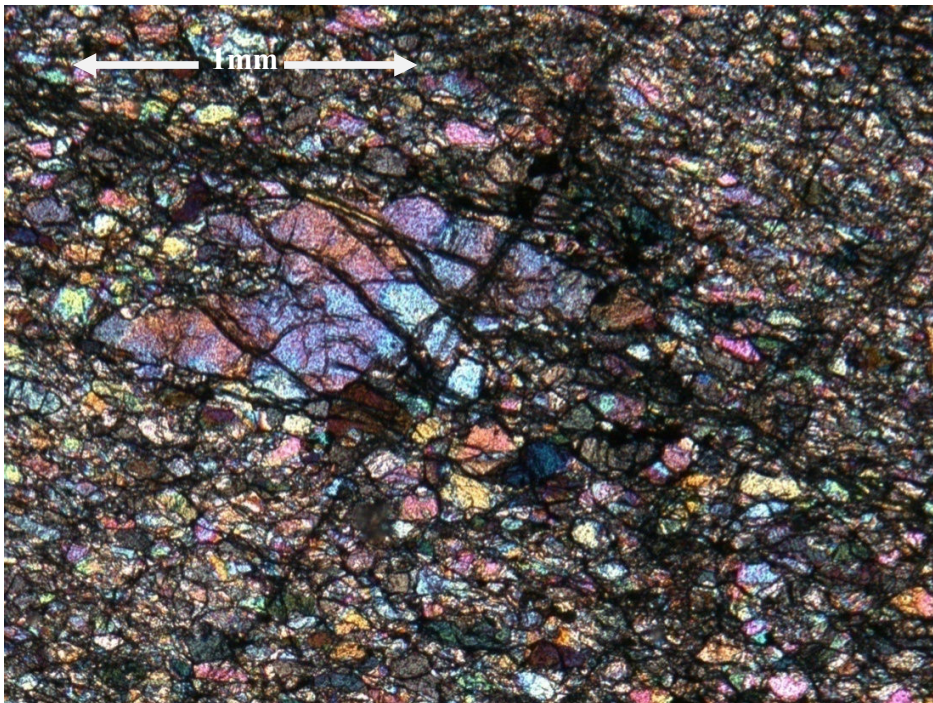


Fig. 127: Fotomicrografía M49. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebido en una matriz de pequeños cristales de olivino, cortados por fracturas rellenas de serpentina y magnetita.

M50

DUNITA

Macroscópicamente se observa una roca de color meteorizado amarillo verdoso y color fresco gris claro, se observan fenocristales de olivino de forma ovoide. La serpentina se encuentra rellenando fracturas.

Microscópicamente la roca contiene como mineral esencial olivino (91%) y como minerales accesorios: serpentina (5%), cromoespinela (2%) y magnetita (2%). Se observa la textura porfiroclástica en la cual pórfidos de olivino se encuentran embebidos en la matriz de grano fino del mismo mineral, varios de estos pórfidos de olivino se encuentran fracturados y dichas fracturas se encuentran rellenas de serpentina y otras de magnetita. Los pórfidos de olivino presentan bordes muy bien desarrollados (ver anexo 1 y figuras 128 y 129).

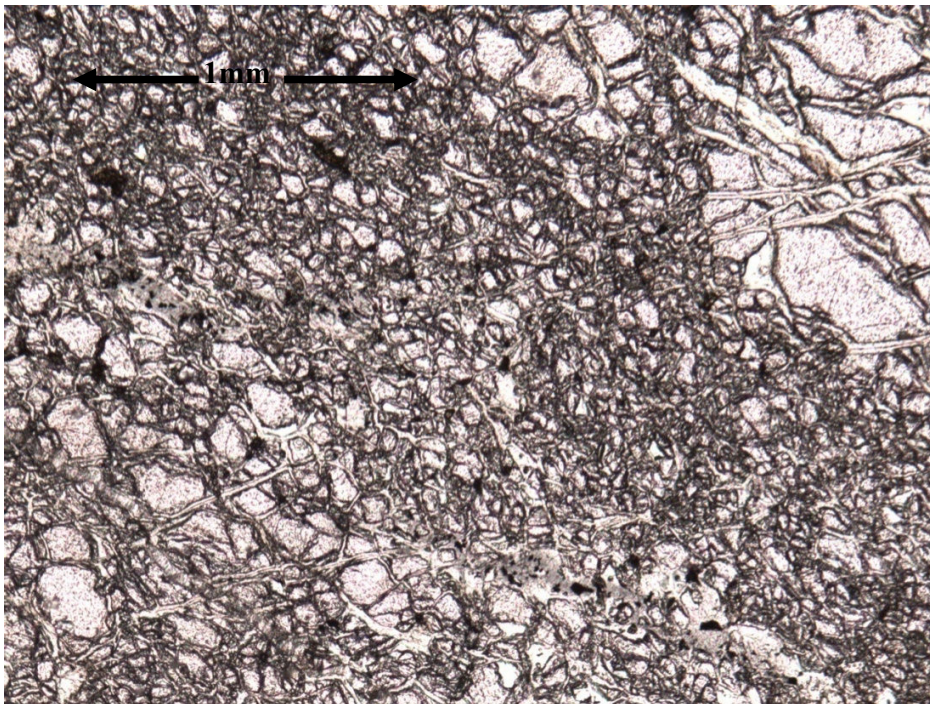


Fig. 128: Fotomicrografía M50. Objetivo 10x. Nícoles Paralelos.

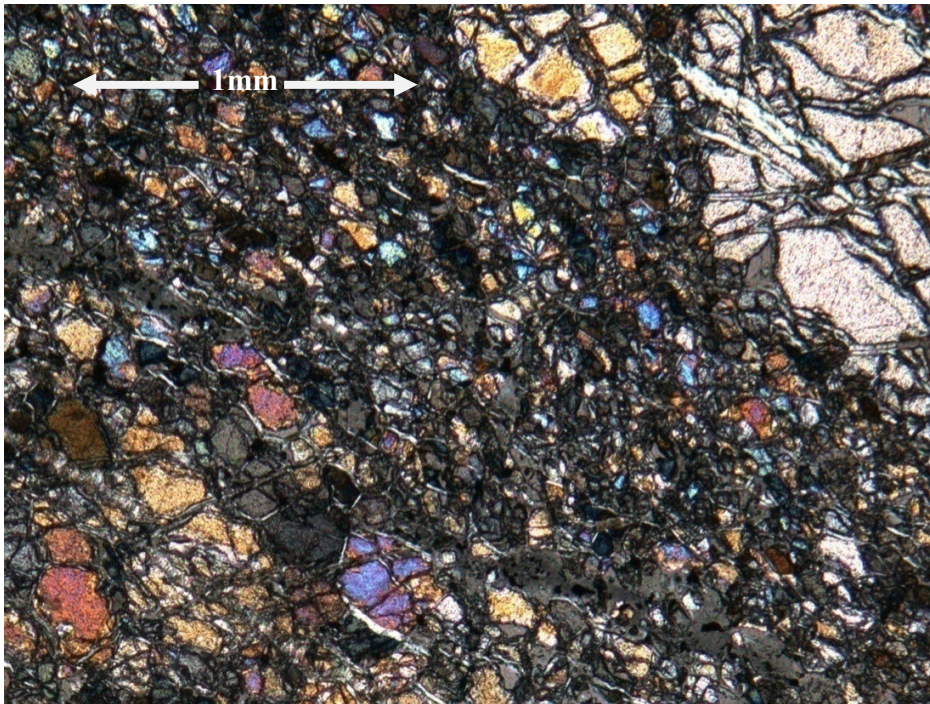


Fig. 129: Fotomicrografía M50. Objetivo 10x. Nícoles Cruzados. Fenocristales de olivino embebidos en una matriz de pequeños cristales de olivino.

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

4.4.1 Generalidades

El análisis de las estructuras presentes en la zona de estudio fue realizado mediante la medición de dichas estructuras observadas en los afloramientos visitados, en base a la interpretación de fotografías aéreas (escala 1:60.000, 1992) y mapas topográficos a escala 1: 25.000 (1977).

Dentro de rasgos estructurales se tienen:

4.4.2 Fallas

Las fallas presentes en la región estudiada han sido interpretadas en base a las relaciones estructurales vistas en campo e interpretaciones aéreas y su correlación con trabajos realizados en el área estudiada.

A escala mesoscópica se tiene una falla con rumbo E-O con un fuerte buzamiento al norte mayor de 87° (ver figura 130), caso contrario a las fallas restantes que se encuentran en el área, las cuales muestran un patrón generalizado con rumbo N 30° - 45° E y con buzamientos promedios de 50° al NO, y otro sistema de fallas con rumbo N 60° - 70° O con buzamientos abruptos de 80° al NE, un ejemplo de esto lo constituye una falla neotectónica la cual atraviesa la zona de la Aguadita de las Mesas hasta llegar muy cercano a las Minas de Amianto (ver figura 131). Otra falla de ángulo bajo local es la representada por el Corrimiento de Manrique; Ostos (1990) menciona que la Peridotita de Tinaquillo está en contacto con el Esquisto de Las Mercedes a través de este corrimiento.

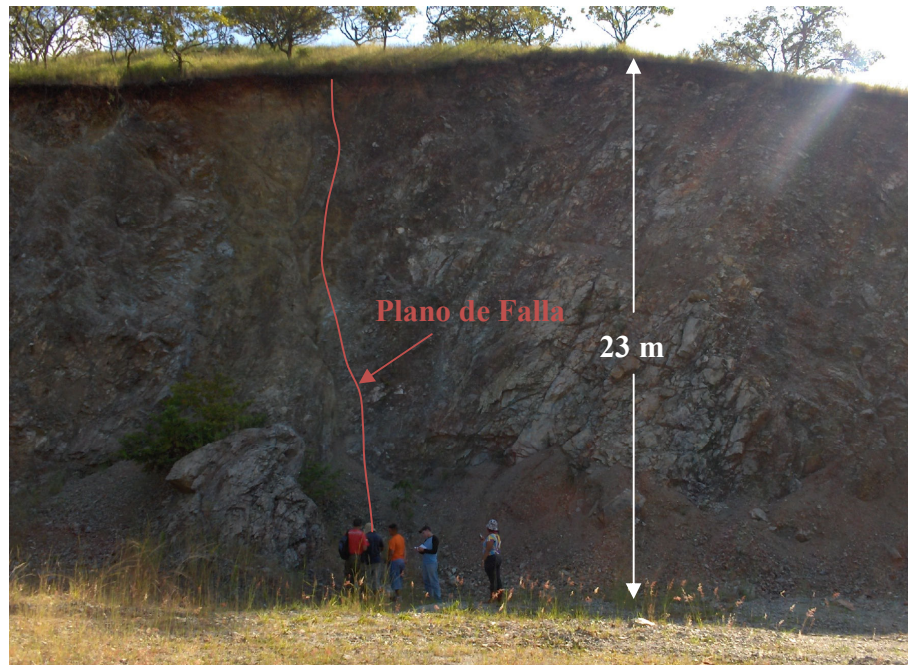
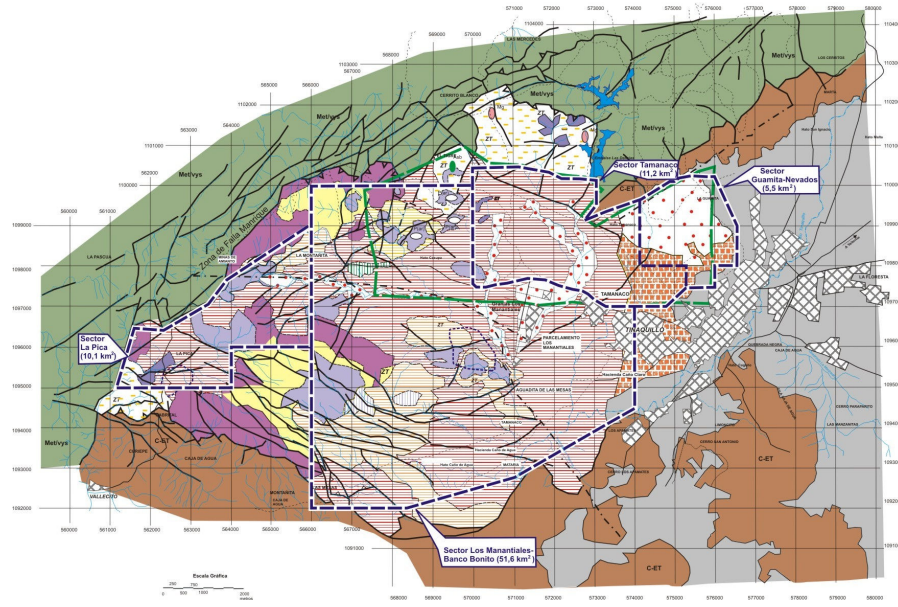


Fig. 130: Fotografía que muestra un plano de falla cortando peridotitas serpentinizadas altamente tectonizadas. (Rumbo: E franco)



LEYENDA

<p>Litologías</p> <ul style="list-style-type: none"> Sedimentos cuaternarios indiferenciados DISCORDANCIA Conglo-brechas, o brechas tectónicas, con fragmentos de rocas ofiolíticas (Mesozoico??) DISCORDANCIA Nivel de cúmulos: gabros de diferente composición, peridotitas plagioclásicas, rocas ácidas (??) (Mesozoico) Zona transicional: peridotitas harzburgíticas y plagioclásicas, dunitas, gabros de diferente composición y posibles diques de rocas ácidas (Mesozoico) Nivel peridotítico: peridotitas harzburgíticas, dunita, diques de gabros y diabasas (Mesozoico) SOBRECORRIMIENTO Metavulcanitas y metasedimentarias de las Formaciones Aroa, Tacagua y El Copey (Mesozoico) SOBRECORRIMIENTO Complejo de El Tinaco: Gneisses y granitos (Paleozoico Inferior) <p>Símbolos Geológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Falla de ángulo abrupto (> 45°): A) Pre-neotectónica B) Neotectónica Falla de sobrecorrimiento Contacto litológico Rumbo de la seudo estratificación Límite de laterita, sobre substrato propio <p>Otros símbolos del Mapa</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada, de distintos órdenes. Río Embalse Carretera Terraplén o camino Área urbanizada 	<p>Tipos de Lateritas y Grado de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> Laterita niquelífera In Situ, bien desarrollada sobre rocas del nivel peridotítico Laterita In Situ, bien desarrollada sobre conglomerados con clastos de rocas ofiolíticas Laterita In Situ, bien desarrollada sobre rocas de la Zona de Transición Laterita In Situ, desarrollada incipientemente sobre rocas de la Zona de Transición. Laterita In Situ, bien desarrollada sobre rocas del Nivel Cumulativo Material ferruginoso redepositado sobre laterita In Situ Material ferruginoso redepositado sobre basamento metamórfico. Área estudiada para lateritas niquelíferas por Pasquall (1967), Rodríguez y Velazco (1987) y en el Reconocimiento Preparatorio (2006) Área nueva visitada, con puntos de muestreo de superficie y/o pozos de mapeo (2006) Contorno preliminar de sector para detallamiento <p>Otras ocurrencias minerales</p> <ul style="list-style-type: none"> Magnesita Asbesto-crisotilo Piedra para áridos
---	--

Notas: -El Mapa ha sido confeccionado sobre la base de la interpretación de fotos aéreas (escala 1:60.000, 1992, imágenes satelitales (Google Earth, con fecha y parámetros indeterminados) y cartas topográficas 1:25.000 (1977). Los datos geológicos provienen de Carta Geológica de Venezuela, a escala 1:500.000 (1976, Ministerio de Minas e Hidrocarburos). Mapa geológico de Venezuela a escala 1:750.000 (2006) compilado por Mackley, Urbani, Karsen y Garrity, (adaptado de página Web correspondiente); Pasquall (1967) y Rodríguez y Velazco (1987), así como descripciones de campo pertenecientes a los reconocimientos geológicos hechos en 2005 y los trabajos de reconocimiento preparatorios para el proyecto, en el 2006.

- Las vías de acceso y las zonas urbanizadas fueron actualizadas a partir de la identificación de las fotos aéreas de 1992.

Fig. 3. Mapa preliminar: geoestructural y de diagnóstico de lateritas, Zona Tinaquillo. Autor: C. Capote. (Generalizado del Anexo Gráfico I).

Fig. 131: Mapa Geológico-Estructural de Tinaquillo Estado Cojedes. Tomado de Capote, 2006



CAPÍTULO V

5. METAMORFISMO

5.1 Metamorfismo regional

5.1.1 Cinturón de la Cordillera de la costa

De acuerdo a estudios realizados en años anteriores, el metamorfismo de la Cordillera de la Costa fue interpretado como gradacional, con un incremento en el grado metamórfico de sur a norte. Sin embargo se han presentado contradicciones entre los diversos autores al tratar de asignar las facies metamórficas correspondientes. Seiders (1962) realiza un estudio en la Formación Las Brisas en el área de La Victoria y describe asociaciones mineralógicas características de la facies de los esquistos verdes, mientras que para el norte de la ciudad de Caracas las litologías de esta unidad presentan mineralogías características de la facies de la Anfibolita Dengo (1951).

Gonzalez de Juana “et al.” (1980) por el contrario reconocen que esta gradación es imperfecta y que las asociaciones mineralógicas cambian de región en región. Es por ello que los diversos intentos de reconstruir isogradas de metamorfismo de norte a sur es incorrecta por la heterogénea distribución de las facies metamórficas en este cinturón.

Universidades como la Universidad Central de Venezuela han realizado estudios geológicos en el Cinturón de la Cordillera de la Costa e Isla de Margarita. De estos estudios se ha concluido que por lo menos dos diferentes periodos de metamorfismo han afectado las rocas de esta área (Blackburn and Navarro, 1977; Navarro, 1977; Navarro, 1978; Talukdar “et al.”, 1979; Ostos, 1985; Navarro, 1981; Talukdar y Loureiro, 1982).



Talukdar y Loureiro (1982) creen que el primer evento metamórfico ocurrió del Valanginiense al Cenomaniense (130-95 m.a) y el segundo evento tuvo su climax durante el Cretáceo Superior (85-60 m.a), con la correspondiente actividad calcoalcalina asociada, pero dicho evento orogénico continuó hasta el Oligoceno como es evidenciado por las deformaciones post- metamórficas y las pequeñas intrusiones félsicas Ostos (1985).

Ostos (1985), señala en la zona de Tinaquillo, rocas que han sido correlacionadas con el Esquisto de Las Mercedes, las cuales presentan asociaciones mineralógicas indicativas de un metamorfismo de bajo a medio grado, que a escala regional no sobrepasan la parte superior de los esquistos verdes.

En base a los estudios anteriormente mencionados que incluye toda una variedad de trabajos en diversas partes de la Cordillera de la Costa, se puede hablar de la existencia de una historia polimetamórfica en al menos parte de dicha cordillera, en lo que Stephan (1985) nombró como Faja Costera Margarita, con un evento más joven en la facies de los esquistos verdes en un régimen de P/T intermedio y un primer evento en la facies de los esquistos glaucofánicos o facies Eclogitas en un régimen de alta P/T, utilizando para ello la clasificación de Tipos Báricos de Miyashiro (1979).

5.1.2 Cinturón de Caucagua-El Tinaco

Menéndez (1965) describe dentro del Gneis de la Aguadita asociaciones mineralógicas indicativas de un metamorfismo de baja P/T en la facies de la Anfibolita Almandínica. El mismo autor señala que en rocas del Esquisto de Tinapú se presentan asociaciones mineralógicas que corresponden a la subfacies cuarzo-albita-epidota-biotita de la facies de los esquistos verdes. Ostos (1985) sugiere que el cambio de facies metamórficas es un problema que Menéndez (1965) no explica, infiriendo que ese cambio podría representar un gradiente geotérmico o que ambas unidades litológicas fueron metamorfizadas a diferentes niveles estructurales.



Ostos (1985), en las cercanías del complejo de la Peridotita de Tinaquillo divide el Complejo de El Tinaco en dos grupos de rocas, con historia metamórfica diferente, pero ambas correlacionadas al Gneis de la Aguadita. El primer grupo está compuesto por rocas de Composición gabroide cercanas a la peridotita que evidencian texturalmente dos eventos metamórficos, el primer evento en la facies Granulita y el último en la facies Anfibolita; el otro grupo de rocas está ubicado al sur de los gabros antes mencionados constituidas por Gneis y Anfibolitas y evidencian un evento metamórfico en la facies Anfibolita y correlacionable con el segundo evento de las rocas gabroides.

5.2 Metamorfismo local

5.2.1 Generalidades

En este capítulo se analizan cuales fueron las condiciones de presión y temperatura que debieron existir durante el metamorfismo, las cuales están representadas por las diferentes asociaciones mineralógicas observadas en las rocas de la zona estudiada, para de esta manera establecer las facies y zonas metamórficas a la cual pertenecen las rocas de las unidades litológicas definidas en este trabajo.

El complejo de la Peridotita de Tinaquillo está constituido por rocas las cuales guardan relación con la secuencia ofiolítica, en la cual se corresponden los estratos B y C de dicha secuencia Coleman (1977). Estos estratos corresponden a la zona de tectónita del manto residual, donde son comunes peridotitas tipo harzburgitas o dunitas y estas a su vez pueden o no estar localmente serpentinizadas.

5.2.2 Complejo de la Peridotita de Tinaquillo

En la zona estudiada, el Complejo de la Peridotita de Tinaquillo está representado por una variedad de rocas ultramáficas las cuales varían según su proporción mineral.



5.2.3 Rocas Ultramáficas

Las rocas ultramáficas presentan pórfidos principalmente de ortopiroxenos (enstatita), además de clinopiroxeno (augita) y olivino (ver Geología Local). Debido a la presencia de estos pórfidos se evidencian dos eventos deformacionales, el primer evento da lugar al crecimiento de grandes cristales (pórfidos), el segundo recrystalización de la matriz fina. Otra evidencia de deformación son las lineaciones, las cuales están caracterizadas por cristales de magnetita que en algunas rocas se puede ver a escala microscópica como en las serpentinitas.

Ostos (1985) señala temperaturas de equilibrio de pórfidos de piroxenos mediante métodos de paleotermometría. Los núcleos de los pequeños pórfidos y los bordes de los de mayor tamaño son indicativos de una temperatura de aproximadamente 1000°C.

5.2.4 Serpentinitas

En la zona de estudio las serpentinitas están asociadas a las rocas ultramáficas del Complejo de la Peridotita de Tinaquillo en porcentajes variables (ver Geología Local). La serpentinitización fue observada en zonas de contacto litológicos y fallas de ángulo bajo, principalmente cerca del contacto de corrimiento de la Peridotita de Tinaquillo y el Esquisto de Las Mercedes.

Es muy importante la reacción hidrotermal en el proceso de serpentinitización, mediante el cual se introducen especies minerales que hacen originar dichas rocas. La serpentinita presenta la siguiente asociación mineralógica: antigorita + talco ± leucóxeno ± cantidades menores de magnetita.

Turner y Verhoogen (1963) señalan, que la temperatura a la cual la serpentinitización puede comenzar es apreciablemente baja, si el olivino contiene hierro. También indican que la serpentinita puede formarse a temperaturas tan altas como 500°C y por acción de agua pura sobre la mezcla olivino-enstatita, o desde sólo olivino rica en CO₂ y donde el sistema es capaz de obtener magnesio.



CAPÍTULO VI

6. MODELOS TECTÓNICOS

6.1 Modelos de Tectónica de placas para Venezuela y el Caribe

Numerosos modelos de tectónica de placas han sido propuestos para explicar el origen y la evolución del Caribe y sus tierras circunvecinas (Ladd, 1976; Burk and Dewey, 1980; Pindell and Dewey, 1982; Anderson and Schmidt, 1983). Estos modelos son basados principalmente en datos paleomagnéticos y hasta cierto punto en datos regionales de geología estructural y petrología, con los cuales se trata de explicar la evolución de la parte oeste de Pangea desde el Pérmico-Triásico hasta el presente.

Todos estos modelos son hasta cierto punto especulativos, debidos a que son basados en la rotación de pequeños bloques, lo cual se hace necesario para explicar los vacíos y las sobreposiciones que ocurren entre África y América durante el Pérmico-Triásico de acuerdo al modelo de Bullard "et al." (1965). Uno de estos vacíos es entre norte y sur América. Pindell and Dewey (1982) utilizan la península de Yucatán para resolver este vacío y lo basan en la correlación de las rocas graníticas intrusivas del Pensilvaniano-Pérmico y las rocas metamórficas que se le asocian, en la parte sur de la península de Yucatán y en el norte de Venezuela. Ellos sugieren que el bloque de Yucatán estaba colocado entre Venezuela y el Cinturón de Ouchita, en el estado de Oklahoma, Estados Unidos; la parte sur de este bloque y la norte de Venezuela formaban un arco volcánico del tipo Andino durante el Paleozoico. Pindell and Dewey (1982) de igual manera proponen la existencia de una sutura Herciniana, la cual separa la zona de corrimiento frontal de las Ouchitas de las zonas de actividad magmática relacionada. Este modelo requiere que durante el Paleozoico un evento orogénico haya afectado el norte de Venezuela. Sin embargo, no existe información específica en la geología de Venezuela acerca de estas rocas intrusivas graníticas y rocas metamórficas de edad Paleozoica.



Otro modelo que usa la misma metodología es el propuesto por Anderson and Schmidt (1983). Su modelo trata de la evolución del Triásico al presente y la reconstrucción de Pangea que ellos proponen es diferente a la de Pindell and Dewey (1982). El vacío entre norte y sur América es completado con la Isla de Cuba en lugar de la Península de Yucatán. Ellos proponen que Cuba estaba en contacto directo con la parte norte de sur América y correlacionan la Formación San Cayetano de Cuba de carácter cuarzoso, con la Asociación Caracas y Grupo Juan Griego del norte de Venezuela y de la Isla de Margarita respectivamente. Anderson and Schmidt (1983) de igual manera correlacionan rocas cristalinas que son consideradas de edad Paleozoica y/o Precámbrica en Cuba con similares rocas en el cratón sur Americano. Estas rocas supuestamente fueron separadas durante un episodio de “rifting” en el Jurásico Tardío, siendo acompañado de la separación por rotación. Las diferentes conclusiones obtenidas por estos dos modelos es debido principalmente a que son basados en datos paleomagnéticos, con rotación de pequeños bloques para reconstruir Pangea y a la falta de conocimiento de la geología de las muchas regiones envueltas en estos modelos.

De igual manera numerosos modelos han sido propuestos para el Caribe, los cuales tiene un énfasis mayor en la evolución de la parte norte de Venezuela (Bell, 1972; Santamaría and Schubert, 1974; Maresch, 1974; Mascle “et al.”, 1979; Talukdar and Loureiro, 1982; Navarro, 1983). Estos modelos están principalmente basados en datos petrológicos y estructurales del Sistema Montañoso del Caribe, las Islas Holandesas al norte de Venezuela y las Islas Venezolanas. Todos los modelos anteriores son similares hasta cierto punto, constituyendo la diferencia conceptual mayor la consideración de un importante papel de la tectónica gravitacional en los modelos más antiguos (ejemplo Bell, 1972).



La mayoría de los modelos propuestos consideran la geología histórica al norte de Venezuela de una manera similar, con la excepción de ciertos detalles. Los modelos de Talukdar “et al.” (1981) y Navarro (1983) muestran las diferencias más grandes. Todos los modelos proponen que la evolución de la parte norte de Venezuela empiezan con el “rifting” entre norte y sur América de acuerdo al modelo propuesto por Dewey and Bird (1970) para explicar la evolución de los de tipo Atlántico. Este “rifting” fue probablemente la consecuencia de un nuevo borde de placas, el cual fue formado cuando el Atlántico empezó a formarse en el Jurásico Temprano y África se separó de norte América tal como ha sido propuesto por Pitman and Talwani (1972).

En casi todos los modelos, el origen de los diferentes cinturones tectónicos del Sistema Montañoso del Caribe y de las Islas del norte de este, son formados después de iniciado el episodio de “rifting”. En cambio, Talukdar “et al.” (1981) y Navarro (1983) proponen que probablemente alguno de estos cinturones son el reflejo de un episodio orogénico Paleozoico, anterior al episodio de “rifting” propuesto.

La configuración en términos generales que tendría el norte de sur América durante el Paleozoico, sería de norte a sur: un microcontinente, una cuenca oceánica marginal, un arco de islas con una zona de convergencia de placas con polaridad debatida, el resto de la cuenca oceánica y el escudo de Guayana. La colisión de estos terrenos supuestamente ocurre durante el Paleozoico Tardío y podría correlacionarse con el tiempo del emplazamiento del Grupo de Villa de Cura, de característico metamorfismo de alta P/T. Esta es una diferencia importante con el modelo de Maresch (1974) debido a que en este caso el Grupo Villa de Cura estaría asociado a un arco de isla desarrollado en la cuenca marginal. El arco de isla que se desarrollaría posteriormente y que muchos autores han correlacionado con Villa de Cura, no sufriría la aloctonía propuesta por Bell (1972), sino que sería sobrecorrido hasta algún lugar, que actualmente debido al acortamiento cortical ocurrido debe ser entre el norte de Venezuela y las Islas Holandesas. Talukdar y Loureiro (1982) relacionan a Villa de Cura con un arco de islas volcánicas de edad Cretácea, el cual fue desplazado por corrimientos sintéticos hacia el sur y no por tectónica gravitacional Bell (1972).



Todos los modelos proponen un cambio de polaridad de la subducción, la cual cambia al ser dirigida hacia el sur como es el clásico después de ocurrir una colisión de un arco de islas y un continente y el posterior desarrollo de un cinturón del tipo Cordillerano de Dewey and Bird (1970). Las rocas volcánicas y magmáticas relacionadas de edad post-Coniacense que se encuentran en la parte superior de la Asociación Caracas y en las islas al norte de Venezuela podrían estar relacionadas con este arco.

Esta colisión fue la responsable del primer periodo de deformación de la Asociación Caracas. Cuando la colisión ocurre y la polaridad de la subducción es invertida, se produce un magmatismo principalmente félsico y que podría estar representado por las rocas volcánicas no deformadas del Cinturón de Caucagua-El Tinaco. Rocas similares al norte sufrieron un segundo periodo de deformación probablemente relacionado con el fallamiento antitético que afectó al Sistema Montañoso del Caribe y las islas al norte de este, tal como ocurre en la clásica evolución de un cinturón del tipo cordillerano. Este evento representaría la tercera deformación del basamento de la Cordillera de la costa o de parte del Sistema montañoso del Caribe en general.

Los autores postulan que el final de la subducción ocurrió hace 30 m.m. y (oligoceno) y es cuando las fallas de escala regional que separan cada cinturón son formadas, al igual que es desarrollado el nuevo borde sur de la placa del caribe.



6.2 ASOCIACIONES ÍGNEAS SEGÚN SU MARCO TECTÓNICO DE ORIGEN

6.2.1 ASOCIACIÓN DE MARGENES DIVERGENTES: Dorsales centroceánicas o centros de expansión

- SUITE OFIOLÍTICA: generalmente de corteza y litosfera oceánicas, Th+Kom, comprende: basaltos tholeíticos a menudo almohadillados, diques y/o mantos de diabasa, garbos, noritas, troctolitas, anortositas, peridotitas, piroxenitas, websteritas, wherlitas, cromititas o sus equivalentes metasomatizados: espilitas, rodingitas, metagabros, anfibolitas, serpentinitas.

6.2.2 ASOCIACIÓN DE MARGENES CONVERGENTES: Arcos insulares o márgenes activos.

- SUITE OFIOLÍTICA (emplazada tectónicamente en los complejos de subducción).
- ASOCIACIÓN VOLCÁNICO-OROGÉNICA: alineaciones de extratovolcanes y flujos piroclásticos.
- ASOCIACIÓN PLUTÓNICO-OROGÉNICA: alineaciones de stocks y batolitos graníticos.
- SUITE APPINÍTICA: stocks de dioritas, garbos hornblenditas y clinopiroxenitas.
- COMPLEJOS ULTRAMÁFICOS ZONADOS: cuerpos de hornblenditas, clinopiroxenita y dunitas.

6.2.3 ASOCIACIONES INTRAPLACA

A. Asociaciones continentales: hot spots y valles rift.

(I) puntos calientes y sus trazas:



-
- Granitos peralcalinos y rocas alcalinas: complejos anulares
 - Inundaciones y mesetas de basalto: Th y A + riolitas/traquitas (asociación bimodal)
 - Carbonatitas y rocas alcalino-máficas-ultramáficas asociadas
 - Basanitas, nefelinas y mellilitas
 - Shonkinitas y volcánicas máficas ultrapotásicas.
 - Diques de lamprofiro

(II) Valles rift continentales, aulacógenos, zonas de fractura y cuencas pull-apart:

- Carbonatitas y rocas alcalino-máfico-ultramáficas asociadas: complejos anulares y otros.
- Kimberlitas
- Complejos gabroides estratiformes: lopolitos o embudos
- Diques y manto de diabasa
- Inundaciones y mesetas de basalto: Th y A+ riolitas/traquitas (asociación bimodal)
- Diques de lamprofiro

B. Asociaciones oceánicas: cadenas de islas oceánicas y montes submarinos

- cadenas de volcanes de escudo: Th y A y peralcalinas-(Na)
- Carbonatitas (muy raras)
- Complejos anulares graníticos y alcalinos (muy raros).



CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El estudio petrográfico de las muestras seleccionadas, sus asociaciones mineralógicas, geología estructural regional y local de la zona de estudio; son unos de los tantos parámetros que se pueden utilizar para ubicar la región estudiada en cualquier modelo tectónico planteado por autores como Bell (1972); Talukdar y Loureiro (1982) entre otros.

Estructuralmente el complejo de la Peridotita de Tinaquillo está constituido en gran parte por fallas de ángulo bajo (ver geología estructural local) y de acuerdo a estudios geológicos realizados en años anteriores la Peridotita de Tinaquillo forma parte de la tectónica que ha afectado a la placa Caribe y la Placa sur Americana.

Es importante resaltar que una vez analizadas las rocas del área de estudio tanto físicas como petrográficas se ha podido establecer que hacia el área de Tamanaco las rocas ultramáficas que se encuentran en mayor proporción son las dunitas seguidas de las serpentinitas y en menores proporciones las harzburgitas y piroxenitas. La mineralogía de estas rocas y posteriormente su caracterización petrológica han sido los indicadores del posible marco tectónico a la cual pertenece la Peridotita de Tinaquillo y el área estudiada, igualmente el tipo de metamorfismo que afectó a estas rocas.



De acuerdo al modelo planteado por Talukdar “et al.” (1981), se puede decir que según este modelo la Peridotita de Tinaquillo debería haberse formado al norte de un arco de islas de edad Pérmico, el cual fue emplazado hacia el sur formando de esta manera el Cinturón de Villa de Cura. Los complejos de Tinaquillo y del Tinaco fueron emplazados hacia el noroeste antitéticamente a la subducción, envolviendo acortamiento cortical continental (el mismo microcontinente) y definiendo lo que ahora representa el basamento de la Cordillera de la Costa y del Cinturón de Cauagua-El Tinaco.



CONCLUSIONES

En la zona de estudio se han conocido una sola unidad que corresponde al Complejo de la Peridotita de Tinaquillo y está constituido en su totalidad por rocas ultramáficas que en orden de abundancia se tienen: dunitas (41%), serpentinitas (32%), dunitas serpentizadas (9%), harzburgita (9%), websterita (6%), y piroxenitas (3%).

Este tipo de rocas que pertenece al Complejo de la Peridotita de Tinaquillo presentan texturas que muestran evidencias de su proceso de formación y cristalización a diferentes niveles de la corteza y el manto. A través de la textura porfiroclástica y a su buen desarrollo en las rocas de este Complejo, se puede decir que las rocas han sufrido dos eventos deformacionales y es evidenciado por esta textura la cual muestra desarrollo de los porfiroclastos durante el primer evento y posterior recristalización de la matriz en el segundo evento.

Se observa un proceso de serpentización evidenciado por la alteración de los minerales que conforman estas rocas ultramáficas, este proceso se encuentra enfocado hacia las zonas más afectadas estructuralmente, encontrándose adyacentes al corrimiento que se encuentra al norte de la zona denominado Corrimiento de Manrique, esto se debe a que este tipo de alteración está asociado a fluidos hidrotermales, los cuales penetran en la roca a través de fracturas y diaclasas, que son más frecuentes en zonas más tectonizadas, generando dicha alteración metasomática.



RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar análisis químicos con el fin de hacer gráficas de discriminación de basaltos y así tener un conocimiento más detallado acerca de la petrogénesis de las rocas ultramáficas de la zona de Tamanaco y sus alrededores.

Se recomienda realizar un levantamiento topográfico y una actualización cartográfica, con la finalidad de afinar la ubicación y delimitación de la zona de importancia minera.

Conformar un equipo de trabajo el cual incluya ingenieros geólogos, ingenieros geofísicos, ingenieros mineros, geoquímicos, para realizar un estudio de la zona en el ámbito geológico, geofísico, minero, geoquímico, para conocer sus riquezas minerales y si existe un yacimiento mineral rentable.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguerreverre, S. E., G. Zuloaga y M. Tello, (1937). Informe geológico sobre la región amiantífera de Tinaquillo, Estado Cojedes. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 1(1): 5-36.
- Anderson, T and Schmidt, V. A. (1983). The evolution of middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean region sea during Mesozoic time. Geological Society of America, Bulletin 94. 941-966.
- Arrieta, D. (2006). “Estudio geoquímico de la laterita niquelífera de Loma de Hierro Estados Aragua y Miranda”. Trabajo Especial de Grado. UCV.
- Bell, J.S (1968). Geología del área de Camatagua, Estado Aragua, Venezuela. Boletín de Geología, Caracas, 9 (18). 291-440.
- (1972) Geotectonic evolution of the souther Caribbean area. Geologic Society of America, Memoir, 132. 369-386.
- Bellizzia, G.A (1967). Rocas ultrabásicas en el Sistema Montañoso del Caribe y yacimientos minerales asociados. Boletín de Geología, Caracas, 8 (16). 160-193
- and Rodriguez, G. D (1976). Geología del Estado Yaracuy. Congreso Venezolano IV, Caracas, Noviembre 1969, Memoria, Boletín de Geología, Publicación Especial 5, VI. 3317-3417.
- Blackburn, W. H. and Navarro, F. E (1977) Garnet zoning and polymetamorphism in The eclogite rocks of Isla de Margarita, Venezuela. *Canadian Mineralogy*, 15. 227 - 266.
-



Bullard, E. C. , Everett, J. E., and Smith, A. G. (1965). The fit of the continents around the continents around the Atlantic. Phil. Tran. R. Soc. London, A1088. 41-51.

Burk, K and Dewey, J. F. (1980). Caribbean evolution. Abstract IX, Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, 10-11.

Case, J. E (1975). Geophysical studies in the Caribbean. In The ocean Basins and Margins, Vol.3: The Gulf of Mexico and the Caribbean, 107-180, A.E.M Nairn and F.G. Stehli, Editors, Plenum Press, New York, 706p.

Coleman, R. G. (1977). Ophiolites, Mineral and Rocks, Vol. 12, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 240 p.

Dengo, G. (1951). Geología de la región de Caracas. Boletín de Geología, Caracas, 1 (1). 39-115.

Dewey, F. and Bird, M. J. (1970). Origin and emplacement of ophiolite Suite: Appalachian ophiolites in Newfoundland. In Plate Tectonic, Bird, M. J. editor, America Geophysical Union, Second Edition, 207-222

Gonzalez de Junan, C. (1968). Guía de la excursión geológica a la parte oriental de la Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta). Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo, Guía de la Excursión. 30 p.

..... Iturralde de Arezona, J. J. And Picard, C. X. (1980) Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Tomo I y II. Ediciones Foninves, Caracas, 1031 p.



Grande S. 2002. Guía de Petrología. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Hess, H. H. (1968). Basamento gneissico, Cordillera de la Costa, Venezuela. Sociedad Venezolana de Geólogos, Circular 54. 18 p.

Heinrich E. 1972. Petrografía mineralógica. Omega, Barcelona España.

Hurley, P. y Hess. H. (1972). Basamento Gneisico, Cordillera de la Costa, Venezuela. Circular Soc. Venezolana. Geol. 54: 18.

Kovacch, A., Hurley, P., and Fairbairn, H. (1977) Preliminary Rb/Sr whole-rock dating of basement rocks from the Coast Range. Report for 1974-1976, M. I. T. Geochronology laboratory, RM54-1122, M. I. T., 143-145.

Ladd, J. W. (1976). Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics. Geological Society of America, Bulletin, 87. 969-976.

Lavie, H. (1962). "Evaluación de los yacimientos de lateritas níquelíferas en Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda". Boletín de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas. 8 (16): pp 199-215.

Mackenzie, D. B. (1960). La Peridotita de Tinaquillo. Congreso Geológico Venezolano III, Memoria, Boletín de Geología, Publicación Especial, 3 (II). 761-826.

..... (1966). Geología de la región norte-central de Cojedes. Boletín de Geología, Caracas, 8 (15). 3-72



- Maresch, W. V. (1974). Plate tectonics origin of the Caribbean Mountain System of northern South America: discussion and proposal. *Geological Society of America, Bulletin* 85 (5). 669-682.
- Marval, R. H., (1972). Estudio sobre la meteorización de la Peridotita de Tinaquillo, Estado Cojedes. *Bol. Geol., Caracas, Public. Esp.* 5, 4: 2243.
- Mattson, P. H., (1985). Ultramafic and gabbroic rocks of Venezuela as possible ophiolites; Tinaquillo Peridotite complex. *Mem. VI Congr. Geol. Venezolano*, 6: 2514-2540.
- Masclé, A. , Biju-Duval, B. , Letouzey, J. , Bellizzia, A., Auboin, J., Blanchet, R., Stephan, J. F. , y Beck, C. (1979). Estructura y Evolución de los márgenes este y sur del Caribe. *Bull. De B.R.G.M. (deuxieme Serie) Sec. Iv, N. ¾.* 171-184.
- Menéndez, A. (1966). Tectónica de la parte central de las Montañas Occidentales del Caribe. *Boletín de Geología, Caracas*, 8 (15). 116-139.
- Miyashiro, A. (1979). *Metamorphism and Metamorphic Belts. Fourth Impression, Unwin Brother Limited, Great Britain.* 492 p.
- Navarro, F. E. (1977). Eclogitas de Margarita: evidencias de polimetamorfismo. Congreso Geológico Venezolano V, Caracas, Memoria, Espejo, A. Y Ministerio de Energía y Minas editores. *Sociedad Venezolana de Geologis*, II. 651-661.
- (1978). Onfacita proveniente de las rocas eclogíticas de Margarita, Estado Nueva Esparta. *Geos, Boletín de Geología, Universidad Central de Venezuela, Caracas*, 21. 9-12.
-



..... (1981). Relaciones mineralógicas en las rocas eclogíticas de la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta. *Geos, Boletín de Geología, Universidad Central de Venezuela, Caracas*, 26. 3-45.

..... (1983). Petrología del Grupo Villa de Cura y su implicación tectónica. Trabajo de ascenso. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Notorio, O. (1974). Proyecto Níquel. *Rev. Fomento, Caracas*, 7(19):1,2.

Ostos, R. M. (1985). Interpretación Estructural de la Peridotita de Tinaquillo y su Roca Caja, Edo. Cojedes. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Geología Minas y Geofísica. 116 p Trabajo de Ascenso.

..... (1990) “Evolución tectónica del margen Sur- Central del Caribe basado en datos geoquímicos”. *GEOS, Caracas*, (30) 1- 294.

Pasquali, J., (1967). Níquel asociado a la peridotita de Tinaquillo. *Bol. Geol., Caracas*, 8(16): 227-237.

Pindell, J. and Dewey, J. W. (1982) Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region. *Tectonics*, 1 (2). 179-211.

Pitman, W. C. and Talwani, M. (1972). Sea-floor spreading in North America. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 83. 619-646.

Ramos, G. (1987). Petrogénesis e historia estructural de la Peridotita de Tinaquillo y su roca caja, Estado Cojedes. T.E.G.80 p.



Rodríguez, S. (1978). Recursos minerales de Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 15(27): 1-228.

Rojas M. Angela Z. (1989) “Geología del cinturón Tectónico Caucagua- El Tinaco al Sur de la Peridotita de Tinaquillo, Estado Cojedes. Trabajo Especial de Grado UCV.

Rubio, E. (1941). “Notas sobre depósitos residuales de níquel en Venezuela” Min. Fomento, Informe inédito.

Santamaría, F. and Schubert, C. (1974). Geochemistry and Geochronology of the Southern Caribbean-Northern Venezuela Plate boundary. *Geological Society of America Bulletin*, 85 (7). 1085-1098.

Stephan, J. F. (1985). Andes et Chaîne Caraïbe Sur la Transversale de Barquisimeto (Venezuela) Evolution Géodynamique. *Géodynamiques des Caraïbes. Symposium Paris*, Editions Technip 505-529.

Talukdar, S. y Loureiro, D. Et. Al. (1979). Historia metamórfica de la parte norcentral de la Cordillera de la Costa entre Carayaca y Puerto Cruz y su significado. *Geos* (25): 67-68.

..... (1982) Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa: Metamorfismo y Deformación. *Geos*. (27): 15-77.

Tello, M.(1942). Nota minera sobre la explotación de asbesto o amianto en Venezuela. *Rev. Fomento*, Caracas, 4(48): 9-13.

Teggin, D.E. y Maynard, J.B. (1985) “Estudio geoquímico de las lateritas níquelíferas de Loma de Hierro Edo. Aragua, Venezuela”. IV Congreso Geológico Venezolano.



Turner, F. y Verhoogen, J. (1963). Petrología Ígnea y Metamórfica Ediciones Omega, S.A. Barcelona 707 p.

Urbani, P. F. y Ferrer, M. (1976). Radiolarios en mármoles de la Qda. Yaguapa, suroeste de Capaya, Estado Miranda. Boletín Informativo Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo, 19 (4). 177-182.

..... (1982). Comentarios sobre algunas edades de las rocas de la Parte Central de la Cordillera de la Costa. Geos (27): 77-84.

Vignali, C. M. (1979). Estratigrafía y estructura de las Cordilleras Metamórficas de Venezuela Oriental (Península de Araya-Paria e Isla de Margarita) Geos (25): 19-66.

Venezuela. Dirección de Cartografía Nacional. (1977).

Wehrmann, M. (1972). Geología de la región de Guatire-Colonia Tovar. Boletín de Geología . Caracas, Publicación Especial 5 (IV), 62. 2093-2119.

REFERENCIAS WEB

- <http://www.pdvsa.com/lexico/t342w.htm>
- <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/Edafologia/guia/Manual/Igneas.html>
- <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=140422>
- http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/54/htm/sec_10.html
- <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16462348>
- http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/metamorficas.htm



ABREVIATURAS

Unidades de longitud:

Km : Kilómetro

Km² : Kilómetro Cuadrado

m: metros

mm: milímetro

cm: centímetro

Unidades de Ubicación:

NO: noroeste

NE: noreste

SO: suroeste

SE: sureste

N: norte

S: sur

E: este

O: oeste

fig: figura

Abreviaturas de minerales:

Ol: Olivino

Opx: Ortopiroxeno

Cpx: Clinopiroxeno

Px: Piroxenos

Nicoles:

NP: nícoles paralelos

NX: nícoles cruzados

Unidades de edad:

m.y: millones de años

m.a: millones de años