

ATLAS DE MINERALOGÍA ÓPTICA

WILSON ALBERTO CUEVAS RAMÍREZ



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2015

ATLAS DE MINERALOGÍA ÓPTICA

WILSON ALBERTO CUEVAS RAMÍREZ

Trabajo de grado para obtener el título de Geólogo

DIRECTOR

JULIETA CAROLINA PINEDA

GEÓLOGA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todopoderoso por permitirme alcanzar este logro y por colocar a mi paso personas que de una u otra manera colaboraran para que esto fuera posible.

Agradezco a mis padres Jorge Cuevas y Yolanda Ramírez, por brindarme apoyo y animarme a cumplir mi objetivo.

A mi hijo por ser un gran motivo y una gran fuente de inspiración para seguir adelante.

A mi tía Rosaba, por brindarme su apoyo incondicional.

A mis hermanos, mis primos y todos aquellos que de algún modo me aportaron apoyo moral para continuar con el proceso.

A los profesores de la escuela de Geología que me apoyaron incondicionalmente y me dieron su voto de apoyo para que esto fuera posible.

A la profesora Julieta Carolina Pineda por creer en mí y haber compartido conmigo parte de su conocimiento y experiencia para lograr esta meta propuesta.

A mis compañeros de la escuela de Geología que me alentaban a culminar esta etapa tan importante.

WILSON ALBERTO CUEVAS RAMIREZ

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1 JUSTIFICACIÓN	17
3. ANTECEDENTES	19
4. METODOLOGÍA	21
4.1 SELECCIÓN DE SECCIONES DELGADAS	21
4.2 TOMA DE FOTOGRAFÍAS Y DESCRIPCIÓN DE MINERALES	21
4.3 DISEÑO Y CREACIÓN DEL ATLAS	22
5. INFORME FINAL	23
6. NESOSILICATOS	25
6.1 OLIVINO $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	25
6.2 GRANATE $\text{X}_3\text{Y}_2(\text{SiO}_4)_3$	27
6.3 ANDALUCITA Al_2SiO_5	29
6.4 SILLIMANITA Al_2SiO_5	31
6.5 CIANITA (Distena) Al_2SiO_5	33
6.6 CLORITOIDE $(\text{Fe, Mg, Mn})\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_2$	35

6.7 ESTAUROLITA $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Al}_9(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	37
6.8 TITANITA CaTiSiO_5 O ESFENA	39
6.9 CIRCÓN ZrSiO_4	41
7. SOROSILICATOS	43
7.1 EPIDOTA $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$	43
7.2 ZOISITA $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O} \cdot \text{AlOH}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)$	45
7.3 CLINOZOISITA $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O} \cdot \text{AlOH}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)$	47
7.4 ALLANITA $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La})_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})(\text{Al}_2, \text{Fe}^{3+})\text{O}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{OH})$	49
8. CICLOSILICATOS	52
8.1 CORDIERITA $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$	52
8.2 TURMALINA $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Li})_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	54
9. INOSILICATOS	56
9.1 PIROXENOS	56
9.1.1 Augita $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$	56
9.2 ORTOPIROXENOS	60
9.2.1 Enstatita-Ferrosilita $\text{MgSiO}_3\text{-FeSiO}_3$	60
9.2.2 Egirina	62
9.2.3 Hiperstena	64
9.3 ANFIBOLES	66
9.3.1 Glaucofana $\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	66
9.3.2 Hornblenda $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	68
9.3.3 Cummingtonita	70
9.3.4 Actinolita-Tremolita	72
10. FILOSILICATOS	75
10.1 BIOTITA $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	75
10.2 CLORITA $(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	77

10.3 MOSCOVITA $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$	79
10.4 SERPENTINA $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ Crisotilo-Antigorita-Lizardita	81
10.5 FLOGOPITA	83
10.6 TALCO	85
11. TECTOSILICATOS	87
11.1 CUARZO SiO_2	87
11.2 HAUYNA $(Na,Ca)_4-8Al_6Si_6O_{24}(SO_4,Cl)_{1-2}$	89
11.3 LEUCITA $KAlSi_2O_6$	91
11.4 NEFELINA $(K,Na)AlSiO_4$	93
11.5 ORTOCLASA $KAlSi_3O_8$	95
11.6 PLAGIOCLASA Albita-Anortita $NaAlSi_3O_8$ $CaAl_2Si_2O_8$	97
11.7 MICROCLINA	99
12. NO SILICATOS	102
12.1 CALCITA	102
12.2 APATITO	104
12.3 FLUORITA	106
13. CONCLUSIONES	108
BIBLIOGRAFIA	109

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Olivino en paralelos.	25
Fotografía 2. Olivino en cruzados.	26
Fotografía 3. Granate en paralelos.	27
Fotografía 4. Granate en cruzados.	28
Fotografía 5. Andalucita en paralelos.	29
Fotografía 6. Andalucita en cruzados.	30
Fotografía 7. Sillimanita en paralelos.	31
Fotografía 8. Sillimanita en cruzados.	32
Fotografía 9. Cianita en paralelos.	33
Fotografía 10. Cianita en cruzados.	34
Fotografía 11. Cloritoide en paralelos.	35
Fotografía 12. Cloritoide en cruzados	36
Fotografía 13. Estaulolita en paralelos.	37
Fotografía 14. Estaulolita en cruzados.	38
Fotografía 15. Titanita en paralelos.	39
Fotografía 16. Titanita en cruzados.	40
Fotografía 17. Circón en paralelo. Circón incluido en allanita.	41
Fotografía 18. Circón en cruzados. Circón incluido en allanita.	42
Fotografía 19. Epidota en paralelo.	43
Fotografía 20. Epidota en cruzado.	44
Fotografía 21. Zoisita en paralelo.	45
Fotografía 22. Zoisita en cruzados	46
Fotografía 23. Clinozoisita en paralelo.	47
Fotografía 24. Clinozoisita en cruzados.	48
Fotografía 25. Allanita en paralelo	49

Fotografía 26. Allanita en cruzados.	50
Fotografía 27. Cordierita en paralelos	52
Fotografía 28. Cordierita en cruzados.	53
Fotografía 29. Turmalina en paralelos.	54
Fotografía 30. Turmalina en cruzados.	55
Fotografía 31. Augita en paralelo.	56
Fotografía 32. Augita en cruzados.	57
Fotografía 33. Diópsido en paralelo.	58
Fotografía 34. Diópsido en cruzados. Presenta macla de Carlsbad	59
Fotografía 35. Enstatita en paralelo.	60
Fotografía 36. Enstatita en cruzados.	61
Fotografía 37. Egirina en paralelo.	62
Fotografía 38. Egirina en cruzados. Macla de Carlsbad.	63
Fotografía 39. Hiperstena en paralelo.	64
Fotografía 40. Hiperstena en cruzados.	65
Fotografía 41. Glaucofana en paralelo.	66
Fotografía 42. Glaucofana en cruzado.	67
Fotografía 43. Hornblenda en paralelo.	68
Fotografía 44. Hornblenda en cruzados.	69
Fotografía 45. Cummingtonita en paralelo. Se observan inclusiones de apatito.	70
Fotografía 46. Cumingtonita en cruzados. Se observan inclusiones de apatito.	71
Fotografía 47. Actinolita-Tremolita en paralelo.	72
Fotografía 48. Actinolita-Tremolita en cruzados.	73
Fotografía 49. Biotita en paralelo.	75
Fotografía 50. Biotita en cruzados.	76
Fotografía 51. Clorita en paralelo.	77
Fotografía 52. Clorita en cruzados.	78
Fotografía 53. Moscovita en paralelo.	79
Fotografía 54. Moscovita en cruzados.	80
Fotografía 55. Serpentina en paralelo.	81

Fotografía 56. Serpentina en cruzados.	82
Fotografía 57. Flogopita en paralelo.	83
Fotografía 58. Flogopita en cruzados.	84
Fotografía 59. Talco en paralelo.	85
Fotografía 60. Talco en cruzados.	86
Fotografía 61. Cuarzo en paralelo.	87
Fotografía 62. Cuarzo en cruzados.	88
Fotografía 63. Hauyna en paralelos.	89
Fotografía 64. Hauyna en cruzados.	90
Fotografía 65. Nefelina	91
Fotografía 66. Nefelina	92
Fotografía 67. Ortoclasa	93
Fotografía 68. Ortoclasa	94
Fotografía 69. Ortoclasa en paralelo.	95
Fotografía 70. Ortoclasa en cruzados.	96
Fotografía 71. Plagioclasa en paralelos.	97
Fotografía 72. Plagioclasa en cruzados.	98
Fotografía 73. Microclina en paralelos.	99
Fotografía 74. Microclina en cruzados.	100
Fotografía 75. Calcita en paralelos.	102
Fotografía 76. Calcita en cruzados.	103
Fotografía 77. Apatito en paralelos.	104
Fotografía 78. Apatito en cruzados	105
Fotografía 79. Fluorita en paralelos.	106
Fotografía 80. Fluorita en cruzados.	107

RESUMEN

TITULO ATLAS DE MINERALOGÍA ÓPTICA*

AUTOR CUEVAS RAMÍREZ Wilson Alberto**

PALABRAS CLAVES Petrografía, Atlas, Mineralogía, Minerales, Óptica, App

DESCRIPCIÓN

El análisis de secciones delgadas juega un papel importante en la formación académica de un geólogo, el diferenciar por medio de las características petrográficas los diferentes tipos de minerales que componen las rocas es una habilidad que tiene que desarrollar el estudiante de geología, para ello se debe valer de muchas herramientas pedagógicas útiles para entrenarse en este campo. Para este trabajo se tuvieron en cuenta las secciones delgadas pertenecientes a la colección de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander. Después de un minucioso proceso de selección se llevó a cabo la descripción petrográfica de un grupo de 40 minerales, teniendo en cuenta sus propiedades ópticas. La construcción de una App para celular de un atlas de mineralogía óptica como herramienta pedagógica para las futuras generaciones de geólogos de la Escuela de Geología y porque no de otras instituciones educativas hace parte del objetivo general de este trabajo, plasmando en él las principales características petrográficas de las muestras seleccionadas y mostrando las principales propiedades, dejando un modelo visual que sirva de guía en el estudio de los minerales en lamina delgada, disponible a través de sus celulares, lo que lo hace una herramienta portátil de fácil acceso.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Geología. Director: Julieta Carolina Pineda

ABSTRACT

TITLE ATLAS OF OPTICAL MINERALOGY*

AUTHOR CUEVAS RAMIREZ Wilson Alberto**

KEYWORDS Petrography, Atlas , Mineralogy, Optical, App

DESCRIPTION

The thin-section analysis plays an important role in the academic education of a geologist, differentiate through petrographic characteristics of different types of minerals that make up the rocks is a skill that has to develop the student of geology, for it is because worth of many educational tools useful for training in this field. For this work were considered thin sections from the collection of the School of Geology, Industrial University of Santander. After a thorough selection process was carried out petrographic description of a group of 40 minerals, considering its optical properties. Building an App for cell of an atlas of optical mineralogy as a teaching tool for future generations of geologists from the School of Geology and because no other educational institutions is part of the overall objective of this work, reflecting on it the main petrographic features of selected and showing the main properties, leaving a visual model to guide the study of minerals in thin sheet, available through their phones, making it a portable tool easily accessible samples. For this work were considered thin sections from the collection of the School of Geology, Industrial University of Santander. After a thorough selection process was carried out petrographic description of a group of 40 minerals, considering its optical properties. Building an App for cell of an atlas of optical mineralogy as a teaching tool for future generations of geologists from the School of Geology and because no other educational institutions is part of the overall objective of this work, reflecting on it the main petrographic features of selected and showing the main properties, leaving a visual model to guide the study of minerals in thin sheet, available through their phones, making it a portable tool easily accessible samples.

* Degree work

** Physicochemical Faculty of Engineering, School of Geology. Directora: Julieta Carolina Pineda

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con una gran colección de secciones delgadas elaboradas a partir de muestras recolectadas en las diferentes salidas de campo que han realizado los estudiantes y los profesores. Del patrimonio geológico de las colecciones geológicas de la Escuela de Geología constituidas gracias al esfuerzo y dedicación en investigación de estudiantes y profesores que han tomado parte en las diferentes jornadas de campo programadas desde la creación del programa, surgió la idea de seleccionar los mejores ejemplares de secciones delgadas con presencia de minerales principales en una herramienta didáctica y pedagógica como lo es un atlas disponible como aplicación tipo androide, la cual se encontrara disponible para celulares y tablets, de uso muy común por parte de los estudiantes. El modelo educativo debe ir de la mano con las nuevas tecnologías y esta herramienta será el primer paso para el desarrollo de nuevas apps de temas de Geología de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander.

Es importante mencionar que no solo en el país sino también en el mundo son muy pocas por no decir nulas las aplicaciones de este tipo. Se espera que esta aplicación sea de uso general por parte de los estudiantes de Geología de la Universidad Industrial de Santander.

Con esto se destaca que el propósito del Atlas es ilustrar a través de microfotografías de secciones delgadas los principales minerales y sus propiedades ópticas, que se encuentran dentro la colección de la Escuela el cual servirá de soporte, en particular, a los estudiantes de pregrado de geología de nuestro país, así como también una ayuda complementaria durante las actividades de laboratorio enfocadas al estudio microscópico de los minerales,

de manera que satisfaga la necesidad actual de contar con material docente de primera mano para una moderna introducción al fascinante mundo de la mineralogía óptica.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la petrografía de secciones delgadas seleccionadas con presencia de los principales minerales, pertenecientes a la escuela de Geología UIS y diseñar y construir en App un atlas de mineralogía óptica.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las secciones delgadas más representativas con presencia de minerales importantes (aproximadamente 40), disponibles dentro de la colección de la Escuela de Geología.
- Realizar la descripción y clasificación petrográfica de las secciones delgadas seleccionadas para este proyecto, resaltando los diferentes minerales sus principales propiedades ópticas.
- Diseñar, diagramar y construir una aplicación tipo ANDROID de un atlas teniendo en cuenta los principales minerales, su clasificación por grupos, a partir de las respectivas fotografías en nicols paralelos y cruzados de las láminas delgadas seleccionadas y descritas para este trabajo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una gran cantidad de atlas de minerales en sección delgada, algunos con excelentes microfotografías, otros de menor calidad pero también con muy buena información, algunos se encuentran impresos pero su costo es algo elevado para un estudiante de pregrado y otros se encuentran disponibles en páginas web de fácil acceso cuando se tiene un computador a la mano, pero no existe aún un atlas tipo App en español de minerales en lamina delgada. Teniendo en cuenta que la tecnología ha avanzado mucho y ya se puede cargar mucha información en los dispositivos celulares, se desarrolla este atlas en plataforma Android, para que esté disponible para los estudiantes de pregrado de Geología de la Universidad Industrial de Santander

2.1 JUSTIFICACIÓN

Este atlas se desarrolla con el fin de facilitar a los estudiantes de Geología el reconocimiento de diferentes tipos de minerales en lámina delgada, mediante una herramienta digital (App). En la actualidad existen otros atlas de mineralogía óptica, pero no todos son de fácil acceso debido a su costo, que para la mayoría de estudiantes no es fácil solventarlo. Se realiza con láminas delgadas que se encuentran en la escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander. Cabe resaltar que la tecnología debe ir de la mano con el desarrollo de los estudiantes y esta aplicación para celular sería ideal, por comodidad, por fácil acceso y por ser gratuita.

Se pretende desarrollar las competencias relacionadas con el saber-hacer y complementar sus estudios de Mineralogía Óptica. Y de esta manera dar soportes

para el desarrollo de las prácticas e informes ya que mediante la realización de los mismos se desarrollan habilidades y se fortalecen los conocimientos.

Para una buena educación profesional es necesario desenvolverse ante cualquier ejercicio que requiera el dominio del tema, para los estudiantes es importante que los docentes enseñen no solo con las técnicas tradicionales, sino también implementando la parte práctica como complemento de la teoría en la materia.

El uso de las apps móviles cada día toma más fuerza. Las ventajas que ofrecen los equipos inteligentes, como los Smartphone o las tabletas electrónicas, han resultado de suma relevancia para diferentes ámbitos, siendo un hecho que la era digital ha transformado de manera significativa los métodos de enseñanza.

En la sociedad de la información, los avances tecnológicos son una propuesta enriquecedora que ha beneficiado el ámbito educativo, puesto que cada vez son más los docentes que recurren al servicio de aplicaciones efectivas para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje en el estudiante.

La humanidad trata de mejorar y hacer más flexible la manera de generar conocimiento, utilizando el constante movimiento tecnológico para satisfacer las necesidades comunicativas que origina la sociedad, de modo que las tecnologías móviles han servido como base para reestructurar el panorama educativo, aportando a la educación no sólo movilidad y modernidad, sino también conectividad y permanencia, características propias de la educación a distancia.

3. ANTECEDENTES

El presente trabajo surge de la necesidad de tener una herramienta de primera mano para los estudiantes de la asignatura mineralogía II de la Universidad Industrial de Santander y de la implementación del uso de las nuevas tecnologías en la educación. Existen materiales de muy buena calidad tanto en forma física como a nivel de internet, pero no existe aún un atlas de minerales en sección delgada de la Escuela de Geología UIS en forma de App para celular.

Entre los textos que se han venido trabajando como complemento están Mackenzie & Guilford (1980), Adams et al, (1980), MacKenzie et al (1997), Melgarejo et al (1997), Yardley et al. (1990), MacKenzie & Adams (1997) entre otros. Los cuales brindan al estudiante una guía para familiarizarse con los diferentes tipos de minerales y asociaciones en las que se encuentran estos en los diferentes tipos de rocas.

Uno de los trabajos más recientes y de gran calidad es el realizado por los Geólogos Carlos Alberto Ríos y Oscar Castellanos (2005), docentes de la Universidad Industrial de Santander y Universidad de Pamplona respectivamente, ellos nos presentan un atlas con 170 microfotografías en color, organizadas en orden alfabético, donde nos muestran los principales minerales formadores de rocas, acompañados de una breve descripción mineral, con fotografías en luz plana no analizada y en luz plana analizada.

En páginas web podemos encontrar entre otros, el atlas de mineralogía óptica de Pedro Pablo Gil Crespo (2009) Universidad del País Vasco, Atlas de Minerales Constituyentes de Rocas de Nicolás Velilla (Universidad de Granada).

Esperamos que esta App del Atlas de Mineralogía Óptica, sea de valiosa ayuda para los estudiantes de Geología de la Universidad Industrial de Santander, y sea pionera en el tema de las Apps en Geología de la Universidad Industrial de Santander.

4. METODOLOGÍA

Para cumplir a cabalidad con los objetivos planteados en el presente proyecto, fue necesario llevar a cabo una metodología orientada, planteando las siguientes etapas.

4.1 SELECCIÓN DE SECCIONES DELGADAS

Luego de realizar una búsqueda con el acompañamiento de la profesora de la asignatura y directora de proyecto, se seleccionaron los ejemplares más representativos en cuanto a las principales propiedades ópticas de los minerales como son: forma, color, exfoliación, relieve, birrefringencia, maclas y pleocroísmo, propiedades muy importantes a la hora de identificar un mineral en lámina delgada.

4.2 TOMA DE FOTOGRAFÍAS Y DESCRIPCIÓN DE MINERALES

Una vez seleccionadas las láminas delgadas se procedió a la toma de fotografías y la correspondiente descripción del mineral presente en esta.

La descripción petrográfica se realizó en el laboratorio de Microscopia Óptica de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, utilizando el microscopio de luz reflejada marca Nikon.

4.3 DISEÑO Y CREACIÓN DEL ATLAS

Con base en la petrografía realizada, la bibliografía consultada y después de haber realizado las fases anteriores se realizó el diseño y construcción del ATLAS DE MINERALOGIA OPTICA, el cual fue creado como herramienta pedagógica para la formación de futuros estudiantes que lo requieran.

5. INFORME FINAL

El desarrollo se hará mediante la herramienta Android Studio, del fabricante Google, para la plataforma android.

El informe se presentara en un archivo descargable, estático, el cual una vez descargado no habrá necesidad de estar conectado a internet para poder acceder a él.

El usuario podrá de esta manera tener una App del Atlas de Mineralogía Óptica, en su dispositivo celular para su acompañamiento permanente y de forma gratuita.

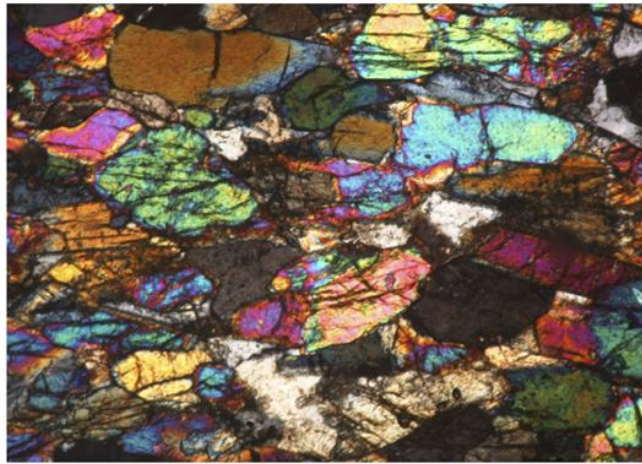
La herramienta se podrá descargar mediante un lector de código QR, escaneando la siguiente imagen, la cual se divulgará por la plataforma de geología geoweb, y también el docente de la asignatura tendrá la aplicación para compartirla con los estudiantes.



También se puede observar la aplicación en el siguiente link:
<http://www.dimensionpc.com/atlas/>

ATLAS DE MINERALOGIA OPTICA

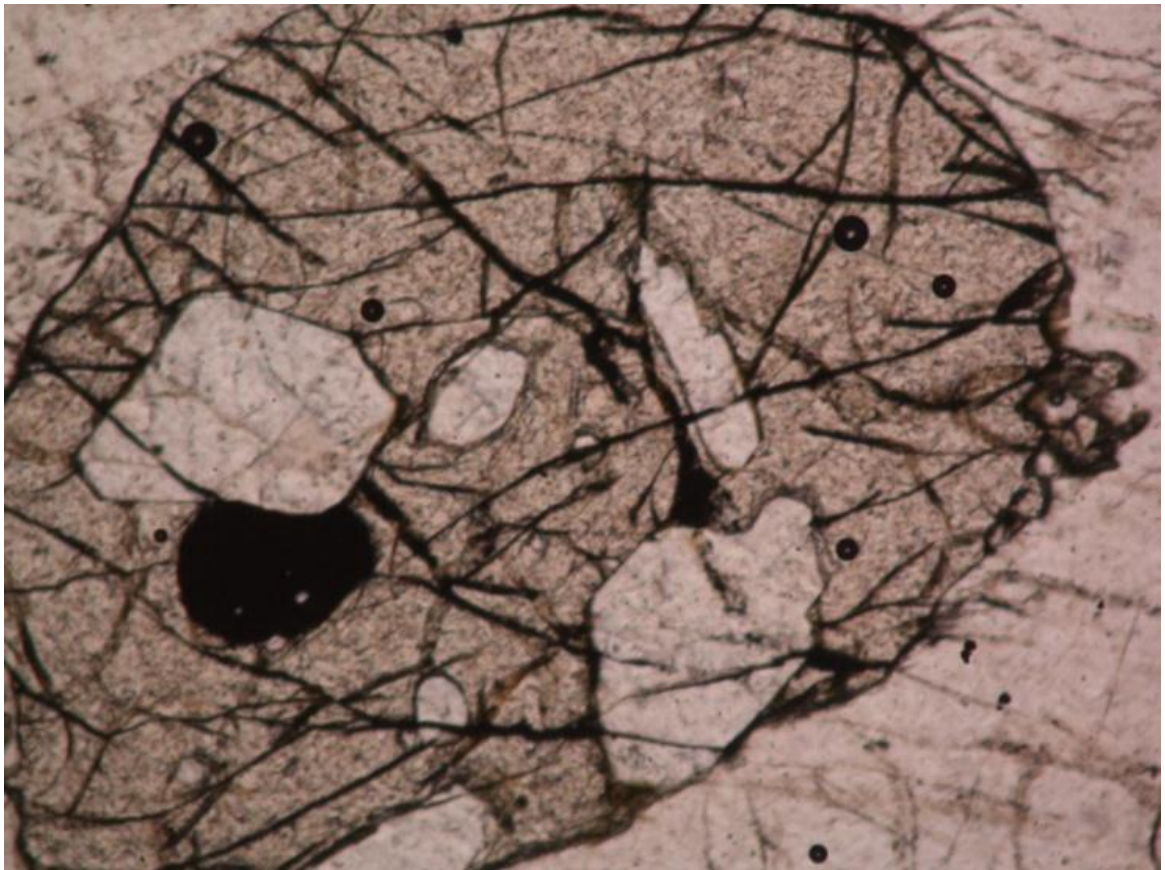
ATLAS DE
MINERALOGÍA
OPTICA



6. NESOSILICATOS

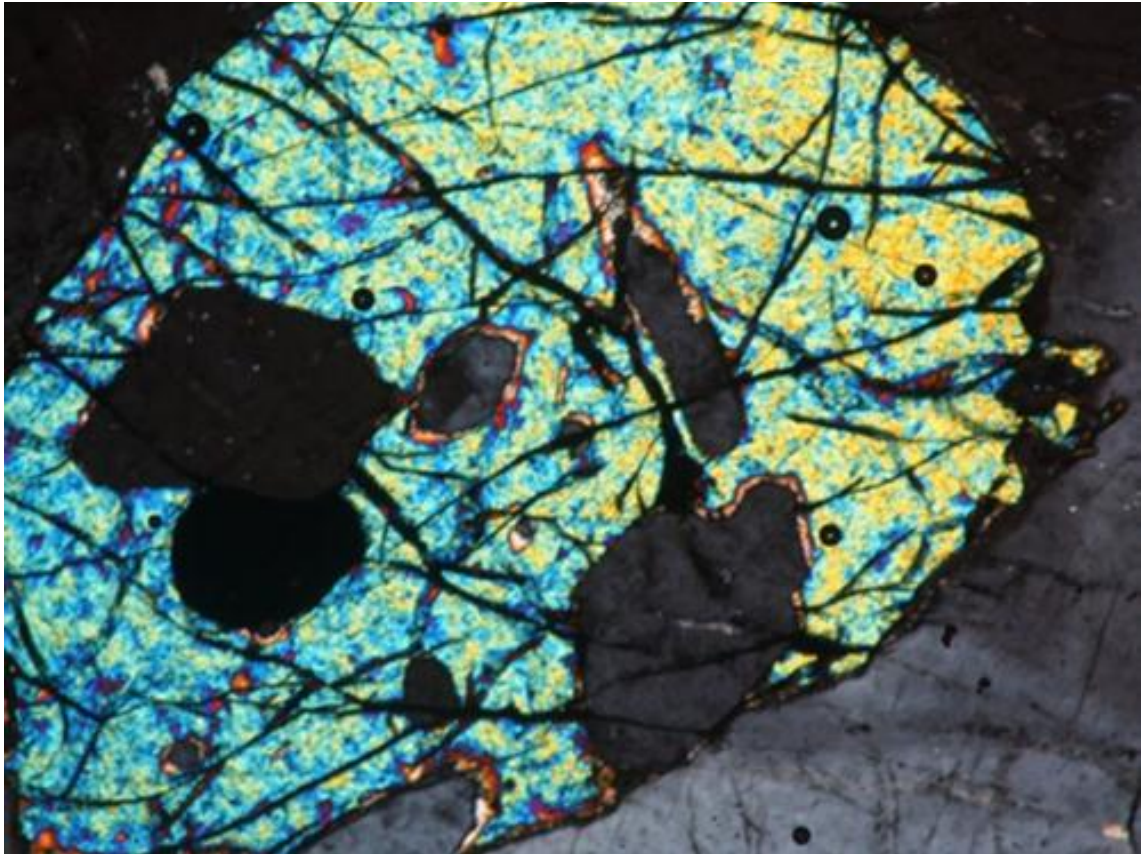
6.1 OLIVINO $(Mg,Fe)_2SiO_4$

Fotografía 1. Olivino en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada sien1, de la colección del laboratorio de mineralogía óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 2. Olivino en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada sien1, de la colección del laboratorio de mineralogía óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: granular, prismático (c); euhédrico en rocas volcánicas

Exfoliación: (010) y (100) pobres, poco visibles, mejor en Fayalita

Maclas: poco común: (011), (031) o (012)

Color/Pleocroísmo: incoloro (Mg), amarillo pálido (Fe o Mn)

Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,035-0,052

Alteración: serpentina, clorita, óxidos Fe, iddingsita (goethita y filosilicatos; N~1,75); coronas de piroxeno o anfíbol.

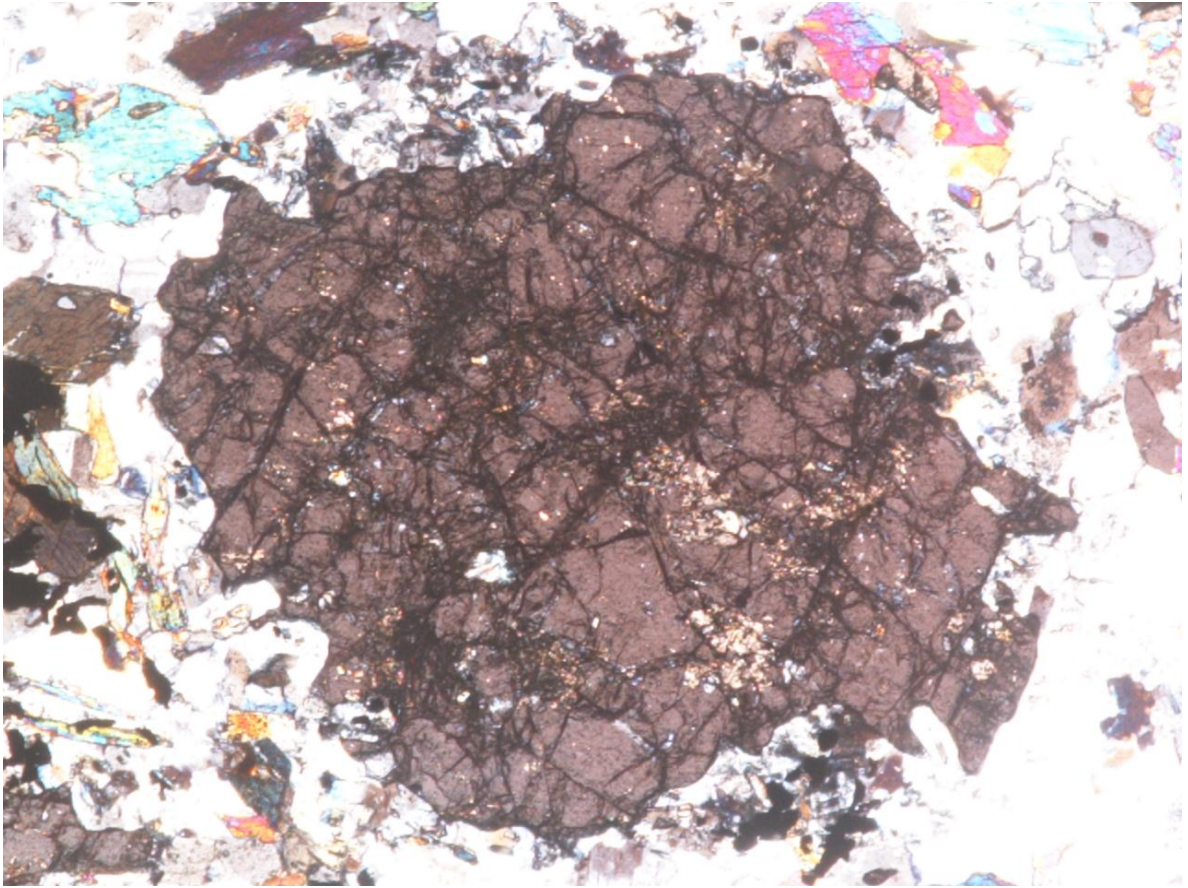
6.2 GRANATE $X_3Y_2(SiO_4)_3$

Fotografía 3. Granate en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ANF-6 (5X), de la colección del laboratorio de mineralogía óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 4. Granate en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ANF-6 (5X), de la colección del laboratorio de mineralogía óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: neuhédrico (110), poligonal, esquelético, inclusiones común

Exfoliación ausente; partición (110) en algunas ocasiones

Maclas: complejas, sectorial, en granates birrefringentes (Ca o Mn)

Color/Pleocroísmo: variable: incoloro, rosado, amarillo, verde

Relieve: alto, muy alto +

Birrefringencia: 0-0,008 (anóm)

6.3 ANDALUCITA Al_2SiO_5

Fotografía 5. Andalucita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada cor-10, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 6. Andalucita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada cor-10, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático, granular, anhédrico; inclusiones común

Exfoliación: (110) buena 89°, (100) pobre

Maclas: rara (101)

Color/Pleocroísmo: incoloro, rosado (Fe) o verde pálido (Mn)

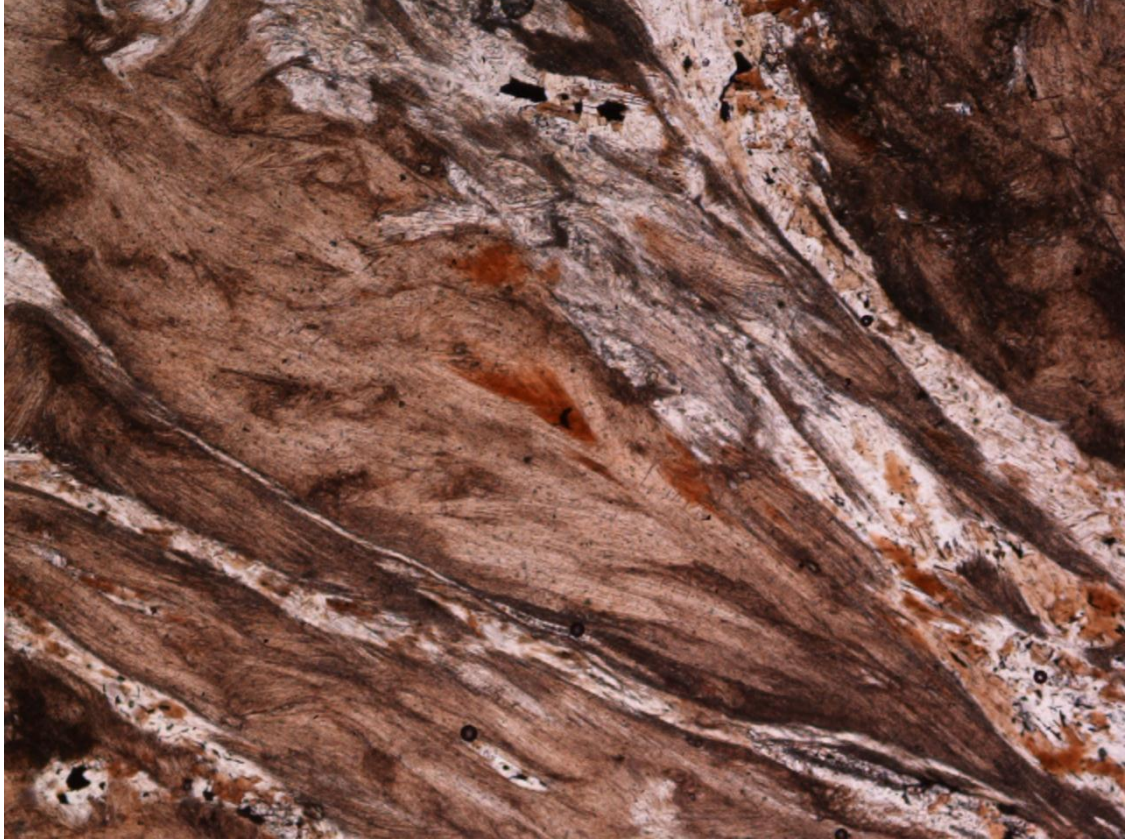
Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,009-0,012

Alteración: sericita; inversión a distena o sillimanita.

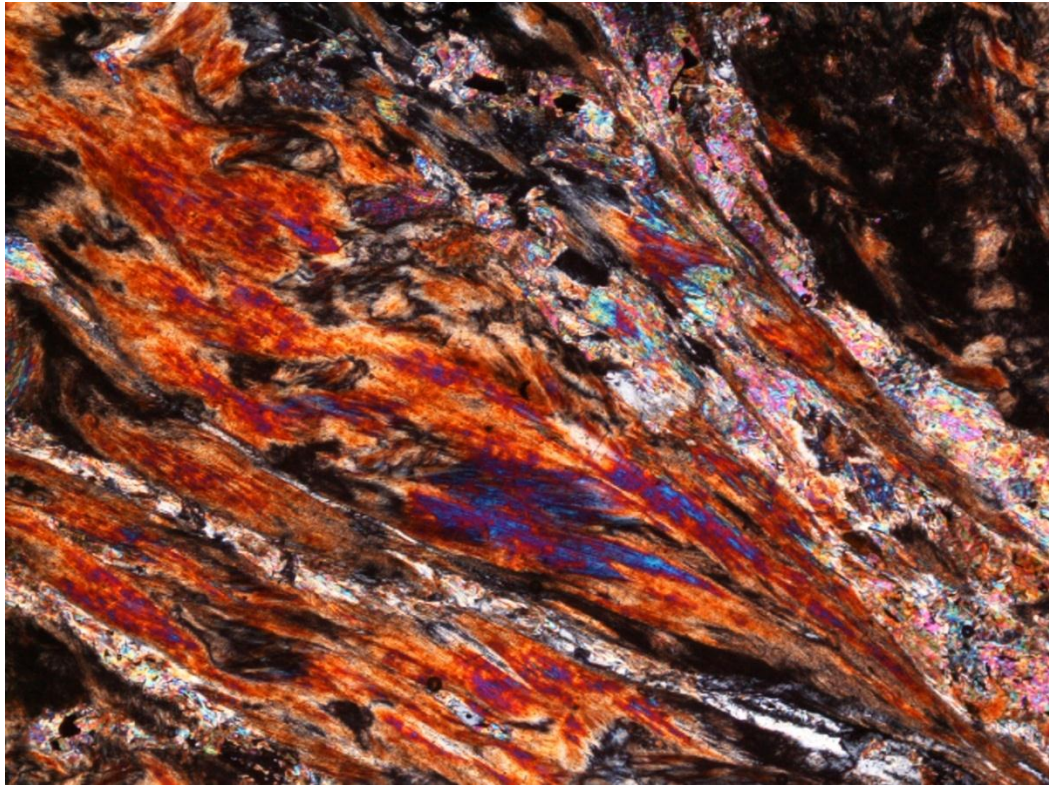
6.4 SILLIMANITA Al_2SiO_5

Fotografía 7. Sillimanita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada mimet-26, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 8. Sillimanita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada mimet-26, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático, fibroso (c) (fibrolita)

Exfoliación: (010) perfecta, diagonal en basales; partición transversal

Maclas: no

Color/Pleocroísmo: incoloro (en secc. gruesas puede ser marrón)

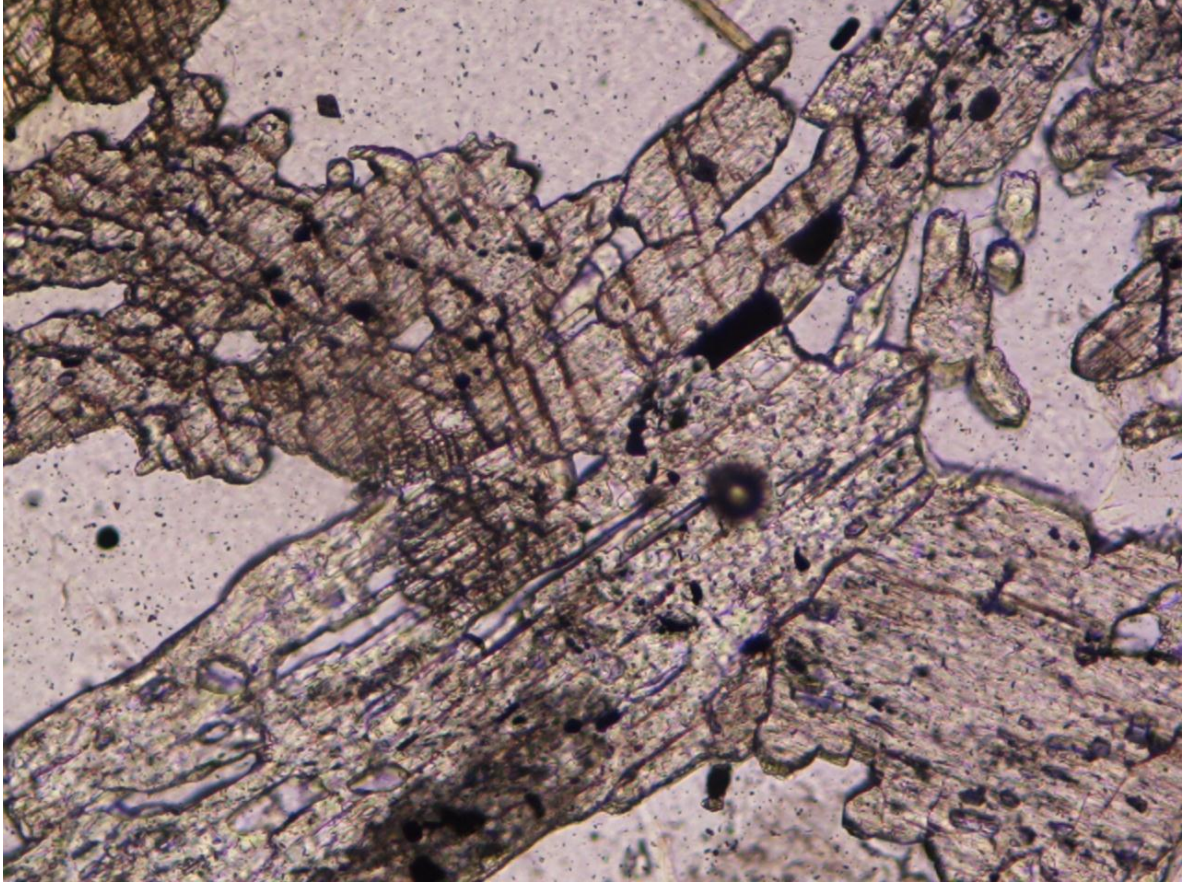
Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,018-0,022

Otros datos: Alteración: sericita, pirofilita, miner. arcilla

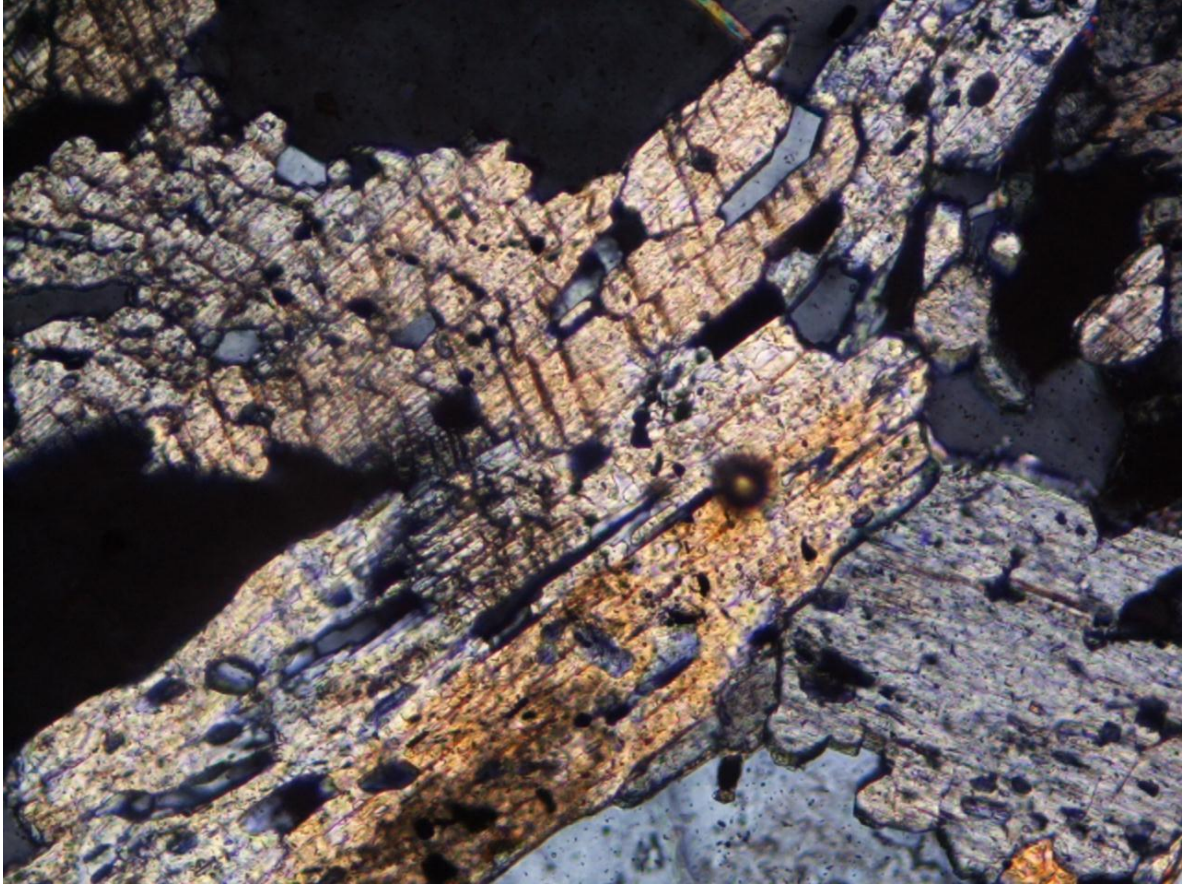
6.5 CIANITA (Distena) Al_2SiO_5

Fotografía 9. Cianita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 10. Cianita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático o columnar (c), tabular

Exfoliación: (100) perfecta, (010) buena; (001) partición basal

Maclas: común: (100) simple, múltiple; (001) múltiple, menos común

Color/Pleocroísmo: incoloro (raro azul pálido)

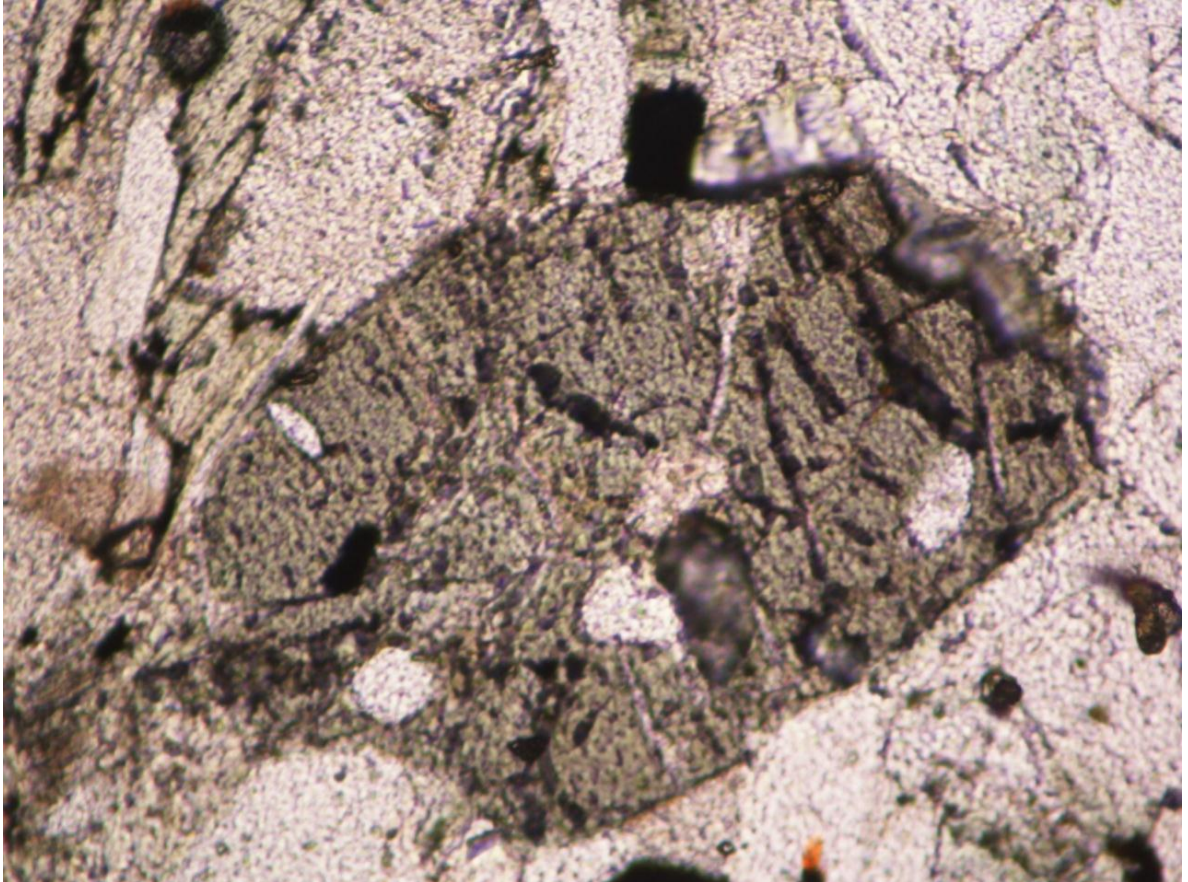
Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,012-0,016

Alteración: sericita, pirofilita, margarita. Invierte a andalucita o sillimanita.

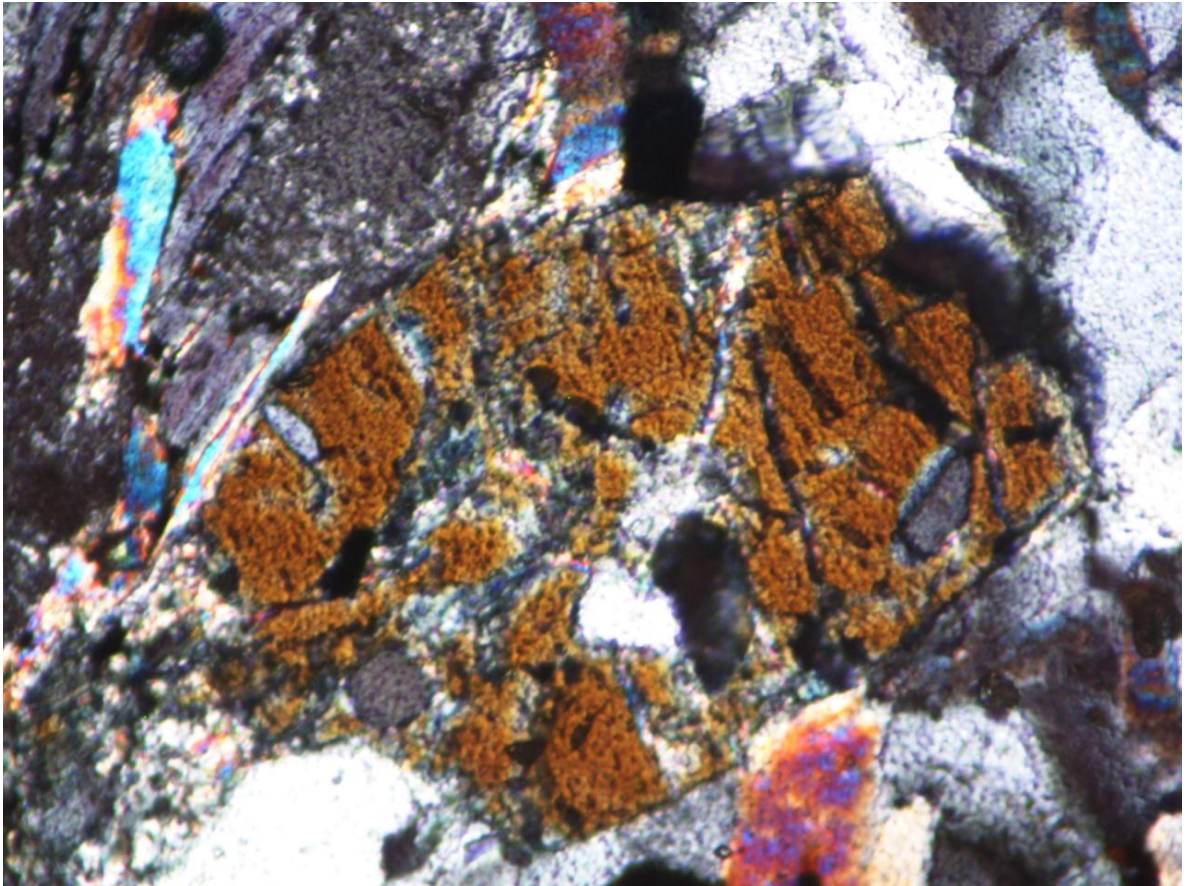
6.6 CLORITOIDE (Fe, Mg, Mn)Al₂SiO₅(OH)₂

Fotografía 11. Cloritoide en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CEB-3, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 12. Cloritoide en cruzados



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CEB-3, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: tabular (001), secciones alargadas (hk0); común inclusiones

Exfoliación: (001) perfecta, (110) pobre; partición (010)

Maclas: (001) simple o lamelar, paralela a exfoliación

Color/Pleocroísmo: incoloro (Mg) a verde, azulado (Fe,Mn)

Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,005-0,022

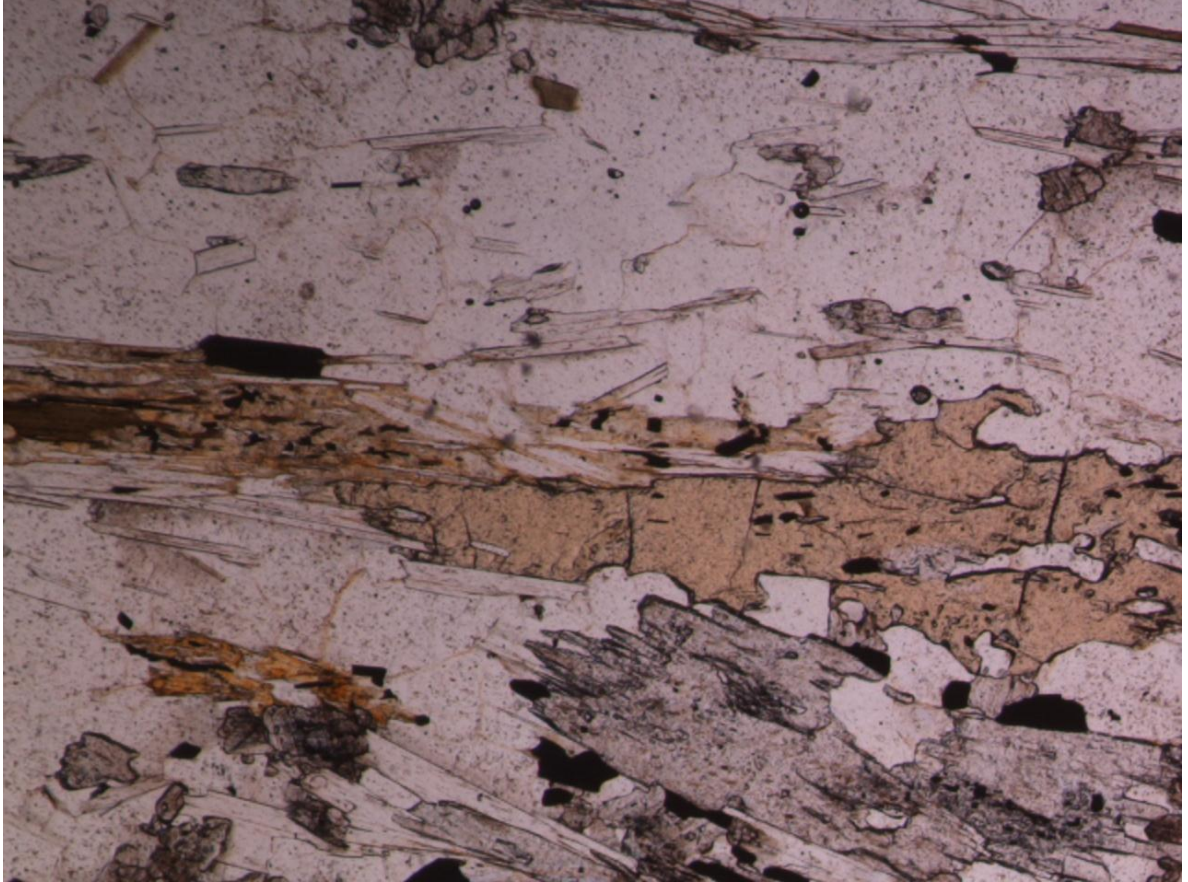
Otros datos: Generalm. Variedades monoclinicas (+) y triclinicas (-).

Zonación (a veces estructura reloj de arena); inclusiones común.

Alteración: clorita, sericita, oxi/hidróxidos de Fe.

6.7 ESTAUIROLITA $(\text{Fe,Mg})_2\text{Al}_9(\text{Si,Al})_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Fotografía 13. Estauirolita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 14. Estauroлита en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático corto (c), secc. basal rómbica, poikiloblástico, anhédrico

Exfoliación: (010) pobre, muy poco visible

Maclas: rara en lámina delgada, (023) y (232) penetración

Color/Pleocroísmo: amarillo dorado. Pleocroísmo moderado

Z=amarillo dorado, Y=amarillo pálido, X=inoloro

Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,011-0,014

Otros datos:Alteración: sericita, clorita.

Zonación; inclusiones comunes.

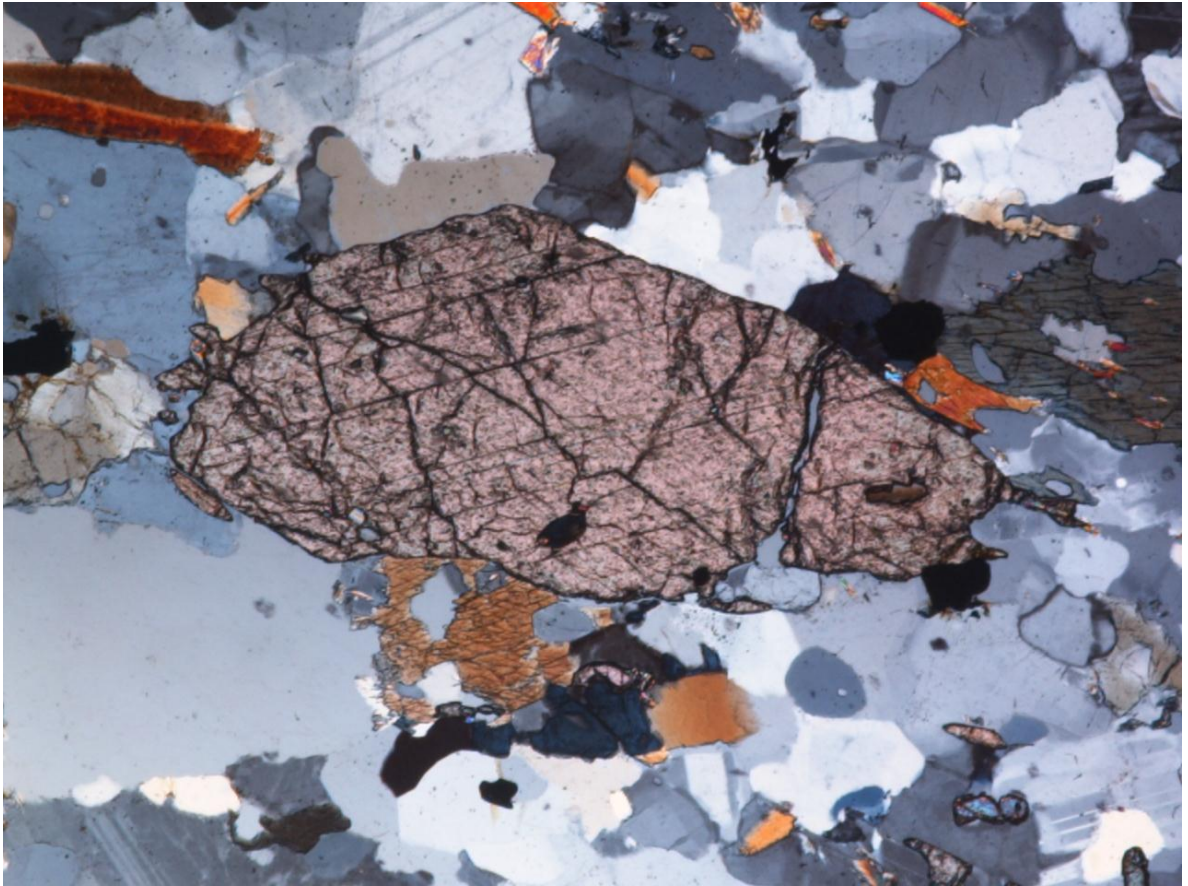
6.8 TITANITA CaTiSiO_5 O ESFENA

Fotografía 15. Titanita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada NE-9, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 16. Titanita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada NE-9, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: romboidal, lenticular, tabular (001)

Exfoliación: (110) buena, poco visible; partición

Maclas: común (100) simple, rara (221) lamelar

Color/Pleocroísmo: marrón pálido, amarillo, incoloro. Pleocr. Débil a **moderado**,

Relieve: extremo +

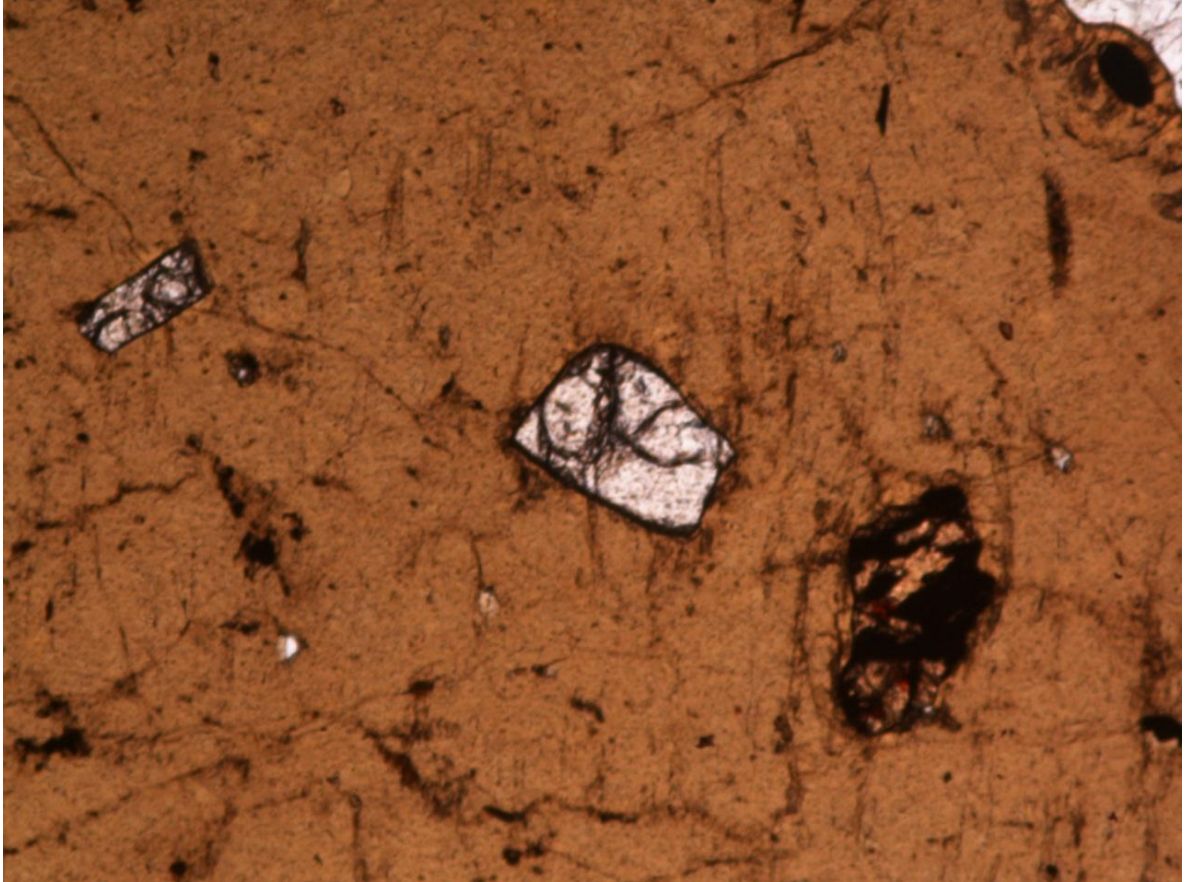
Birrefringencia: 0,100-0,192

Otros datos: Alteración: leucoxeno (anatasa, rutilo).

Esfena (nombre desaconsejado)

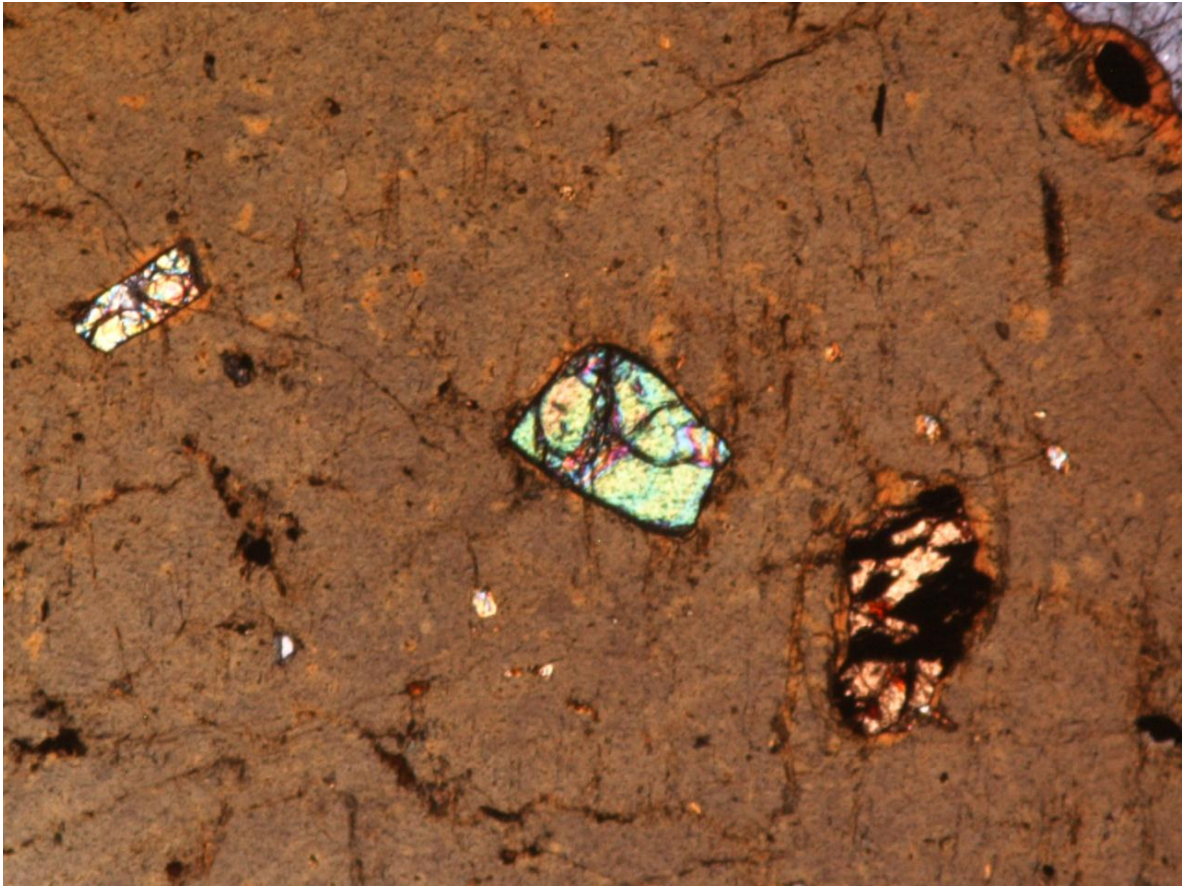
6.9 CIRCÓN $ZrSiO_4$

Fotografía 17. Circón en paralelo. Circón incluido en allanita.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 18. Circón en cruzados. Circón incluido en allanita.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: redondeado, prismático corto (c)

Exfoliación: (110) pobre, muy poco visible

Maclas: rara (111)

Color/Pleocroísmo: incoloro, marrón muy pálido. Pleocroísmo ausente o muy débil,

Relieve: extremo +

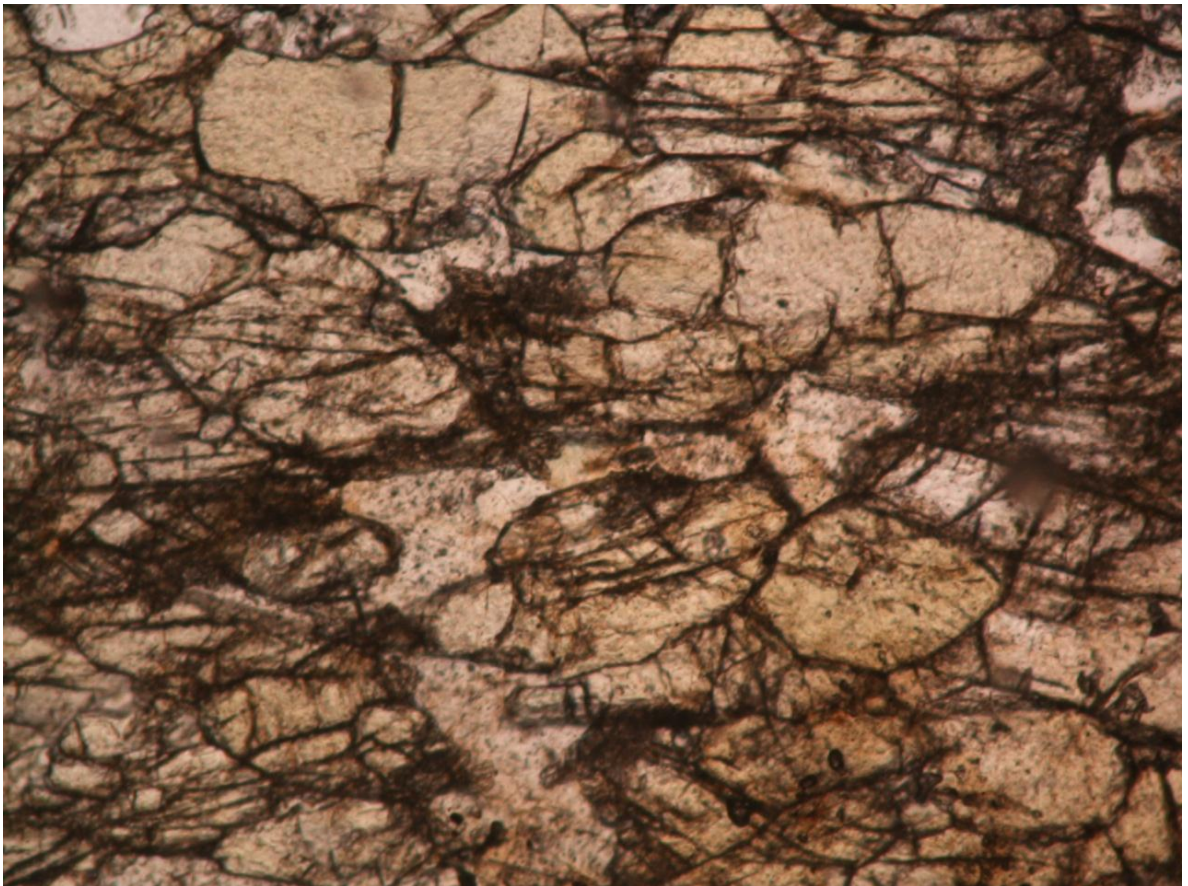
Birrefringencia: 0,042...0,065

Otros datos: Generalmente. tamaño pequeño. Metamórfico: puede ser biáxico y la birrefringencia disminuye en función del grado de metamorfización.

7. SOROSILICATOS

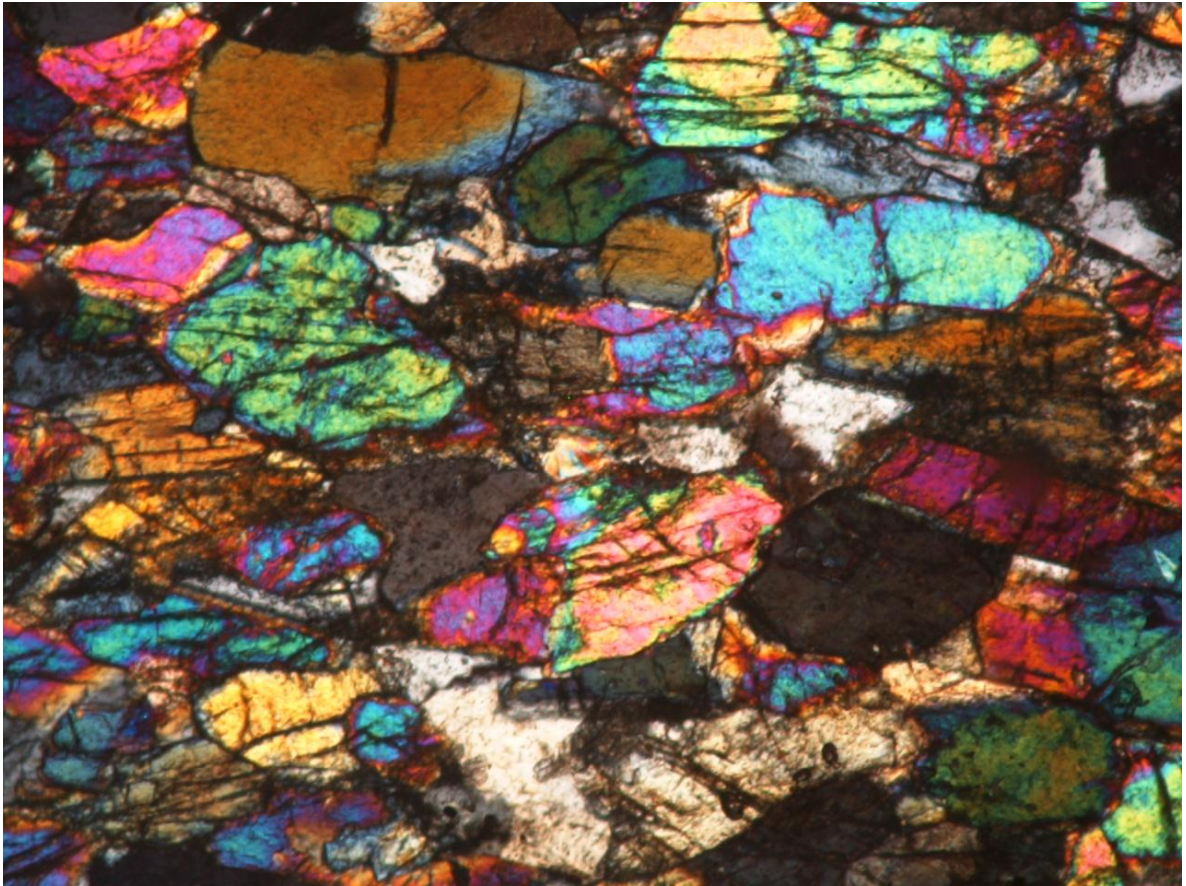
7.1 EPIDOTA $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$

Fotografía 19. Epidota en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-21, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 20. Epidota en cruzado.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-21, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático (b), granular, lenticular

Exfoliación: (001) perfecta

Maclas: (100) lamelar, no común

Color/Pleocroísmo: incoloro, amarillo, (verdoso). Y(verde amarillo) >Z(amarillo verdoso) >X(casi incoloro)

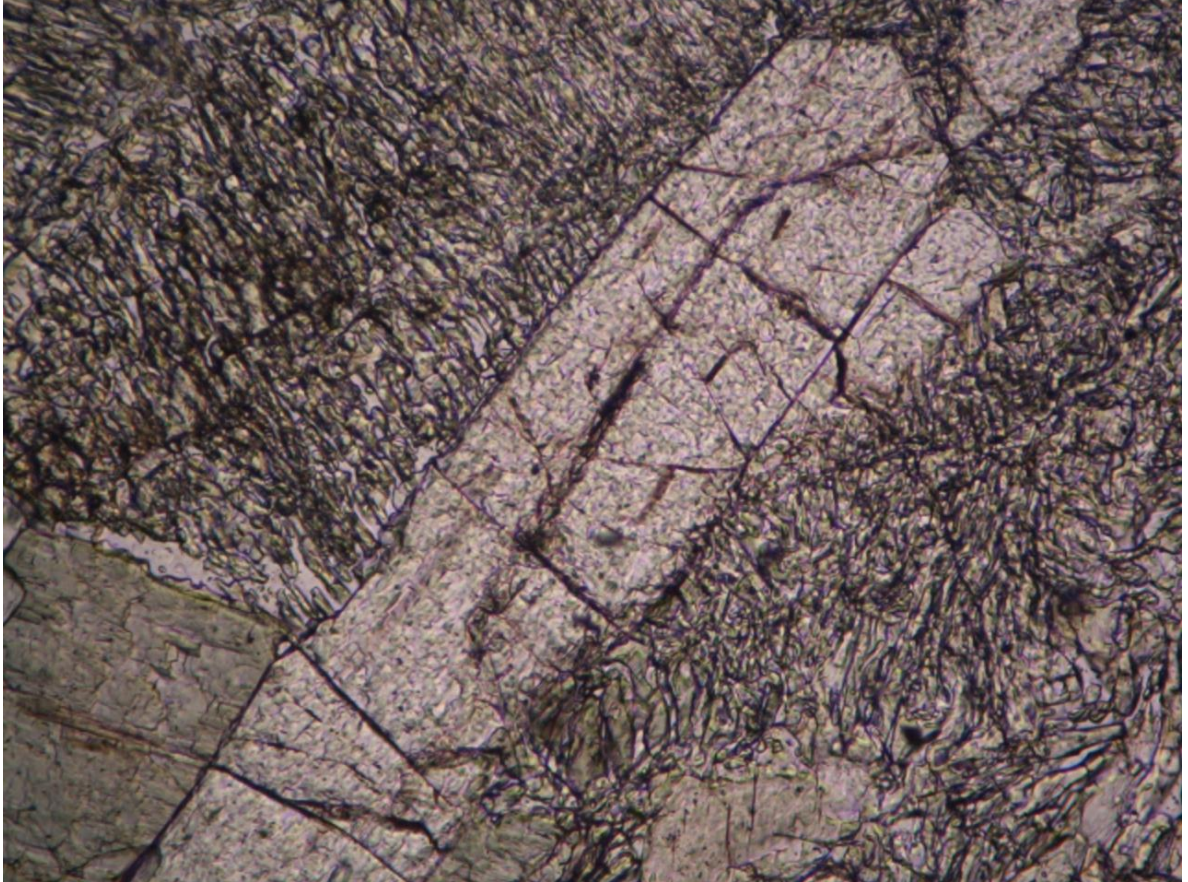
Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,015-0,051

Otros datos: Zonación común. Distribución arlequinada de colores de interferencia. Extinción generalm. paralela en secciones alargadas. No alterable.

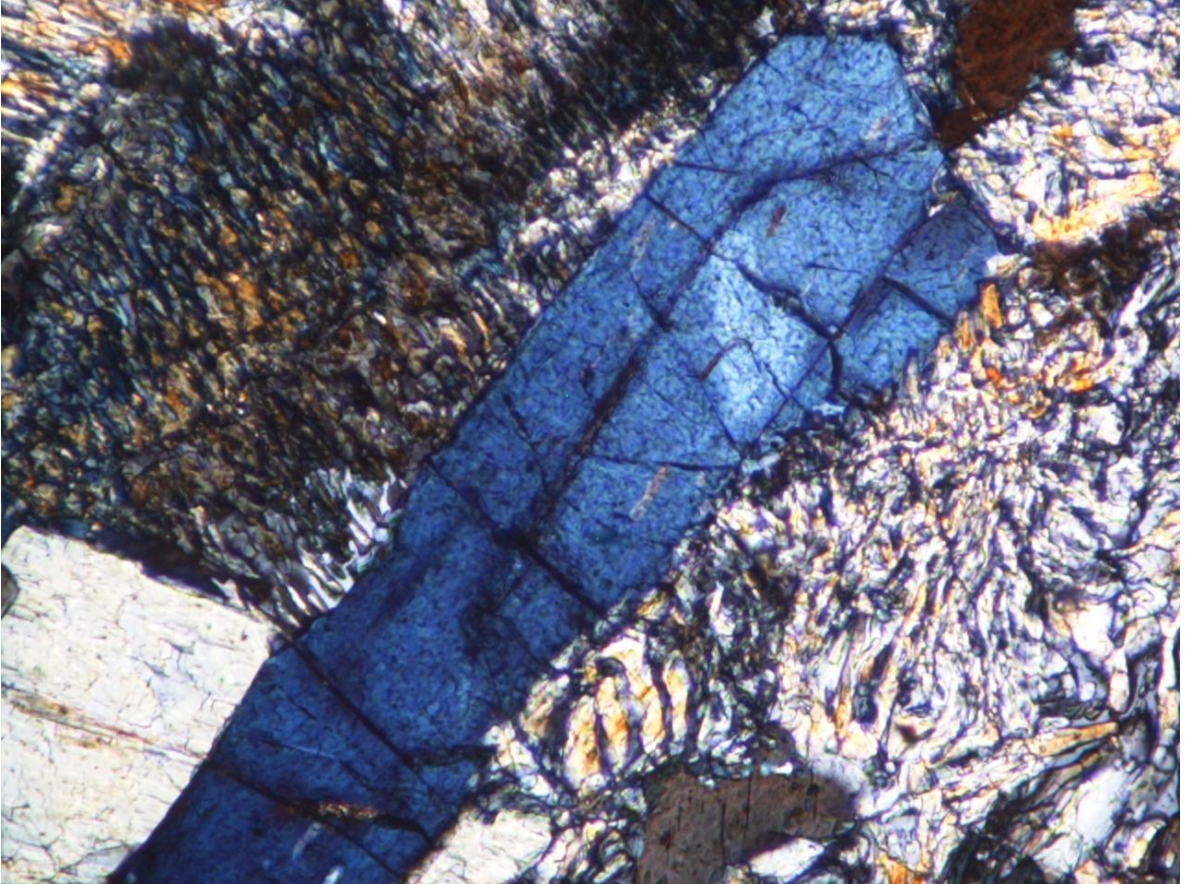
7.2 ZOISITA $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O} \cdot \text{AlOH}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)$

Fotografía 21. Zoisita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CL-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 22. Zoisita en cruzados



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CL-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Frecuentemente en cristales xenomorfos. Puede aparecer como cristales alargados con exfoliaciones-particiones perpendiculares a la dirección mayor

Color: Incoloro

Pleocroismo: No presenta

Maclas: No presenta

Exfoliación: Perfecta según {100}, imperfecta según {001}

Relieve: Alto +

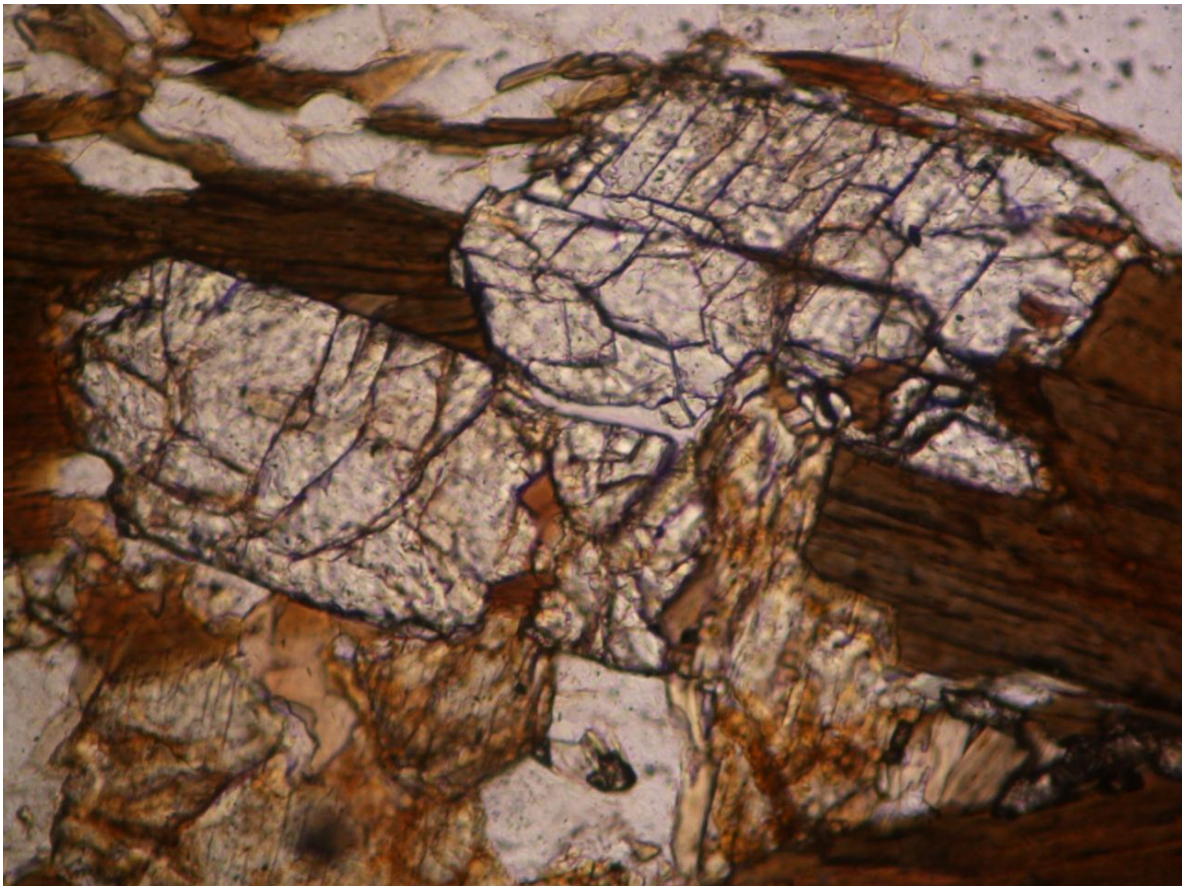
Birrefringencia: 0,005 a 0,020 (Baja-Media)

Asociación: Rocas en facies anfibolita-epidota procedentes del metamorfismo de rocas ricas en carbonatos pobres en Mg, margas y areniscas calcáreas o de rocas

ígneas básicas. En esquistos con glaucofana. Como producto de alteración de minerales ricos en Ca

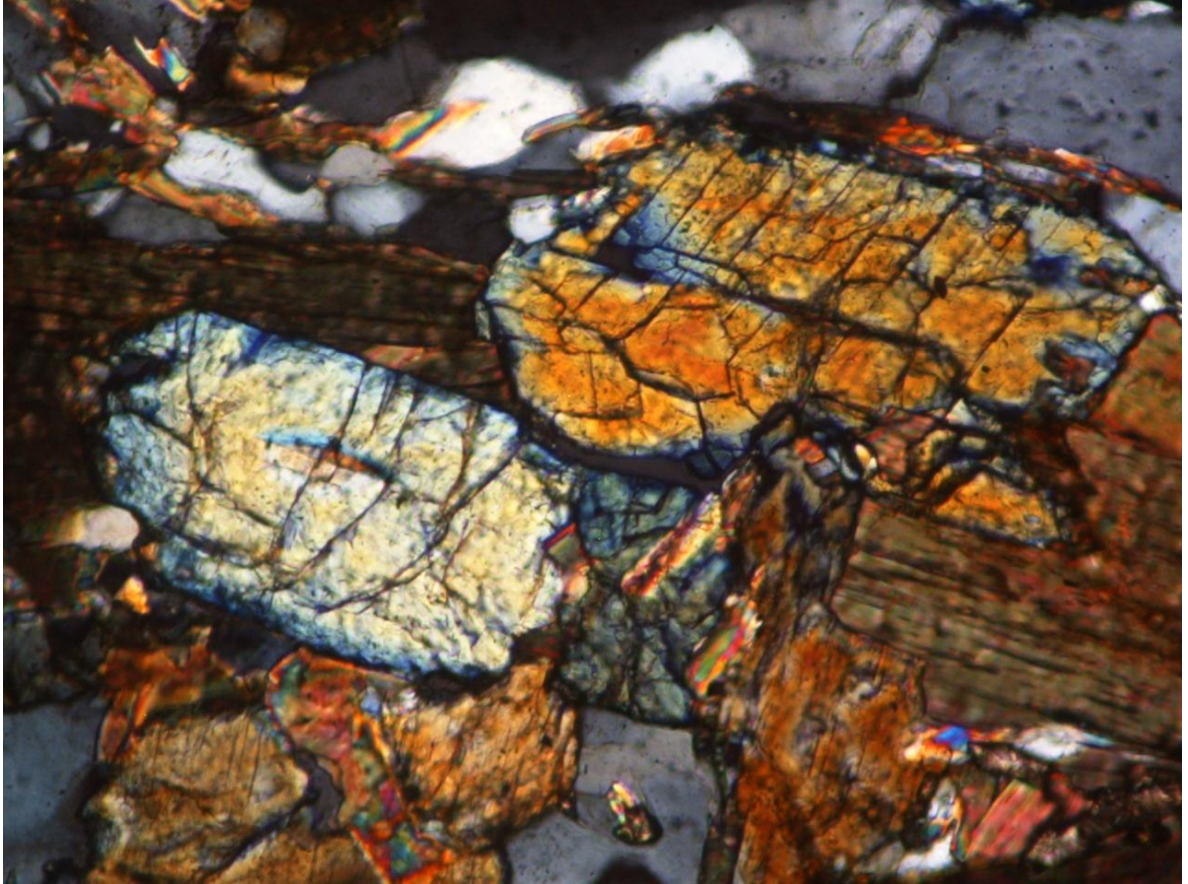
7.3 CLINOZOISITA $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O} \cdot \text{AlOH}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)$

Fotografía 23. Clinozoisita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada NE-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 24. Clinozoisita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada NE-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Frecuentemente xenomorfo en granos o agregados granulares, puede presentar formas prismáticas alargadas

Color: Incoloro (ligeramente coloreado en amarillo o verde con el incremento de Fe)

Pleocroísmo: Poco marcado en las variedades coloreadas

Maclas: Puede aparecer un maclado lamelar según {100}

Exfoliación: Perfecta según {001}, usualmente invisible en {100}

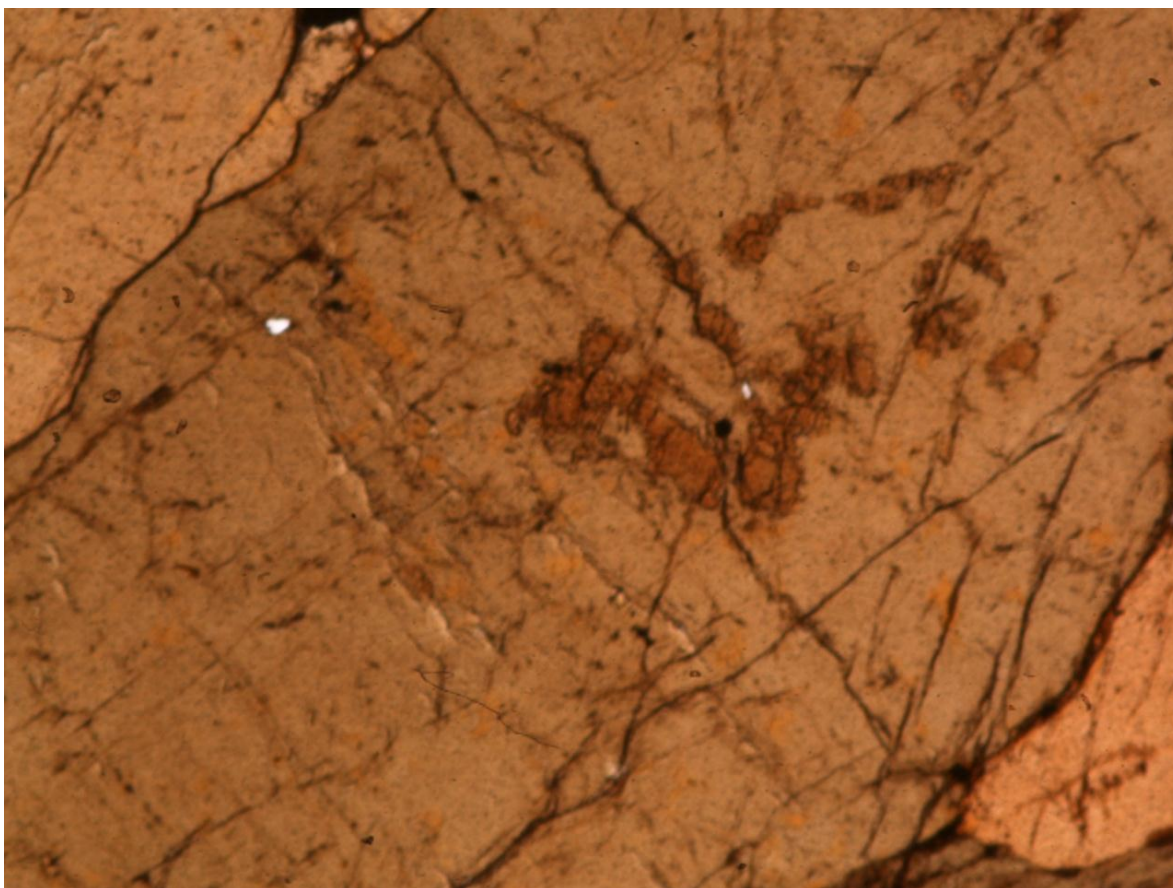
Relieve: Alto +

Birrefringencia: 0,004 a 0,012 (Baja-Media)

ASOCIACIÓN: Metamorfismo regional en facies anfibolita-epidota o en rocas con metamorfismo de contacto. Calizas metamórficas con granates, diópsido, anfíboles. También en la fracción pesada de rocas sedimentarias

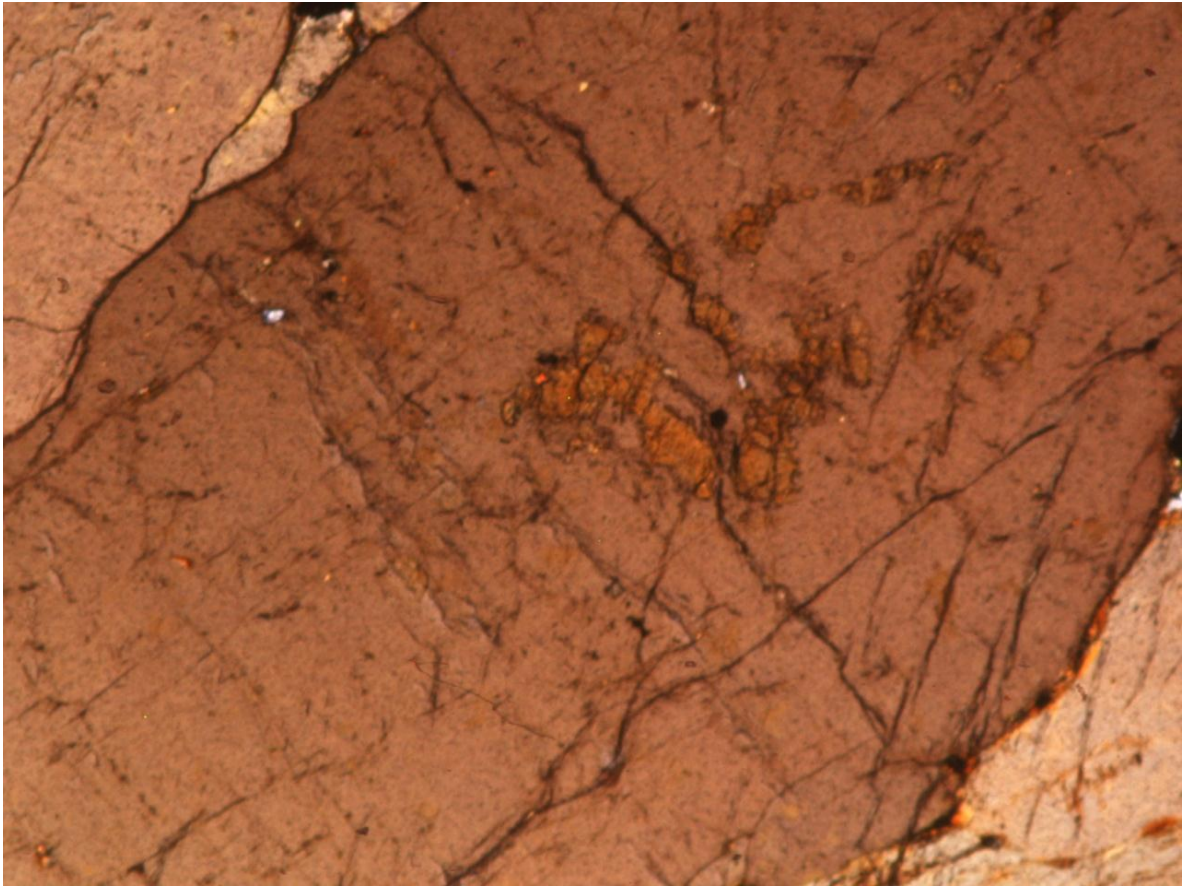
7.4 ALLANITA $(Ca,Ce,La)_2(Fe^{2+},Fe^{3+})(Al_2,Fe^{3+})O(Si_2O_7)(SiO_4)(OH)$

Fotografía 25.Allanita en paralelo



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 26. Allanita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada MIMET-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Con tendencia al idiomorfismo

Color: Incoloro-gris, verde, usualmente con tonalidades claras de marrón, frecuentemente zonado

Pleocroismo: Suave en las variedades coloreadas

Maclas: Poco frecuentes según {100} y {001}

Exfoliación: Perfecta según {100}, imperfecta según {001}, pobre según {110}

Relieve: Alto +

Birrefringencia: 0,013 a 0,036 (Baja-Alta)

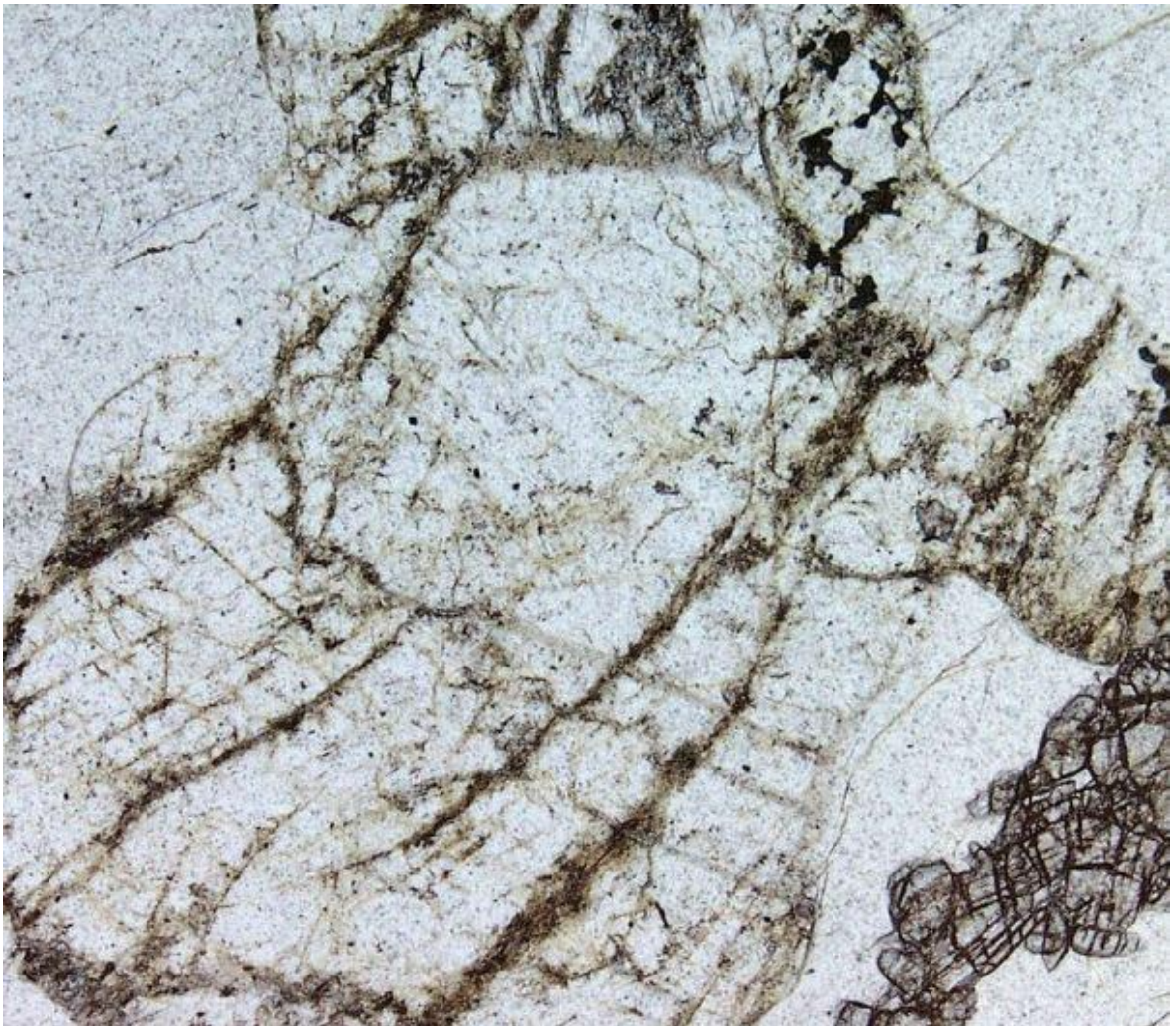
Otros datos: Zonaciones de color frecuentes. Algunas allanitas metamórficas son isótropas con ($n=1,54-1,72$) y pueden dar aureolas pleocroicas en la biotita. Las

propiedades presentan rangos amplios de valores debido a las diferentes composiciones químicas, a los procesos metamórficos y de alteración e hidratación

8. CICLOSILICATOS

8.1 CORDIERITA $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$

Fotografía 27. Cordierita en paralelos



Fuente: <http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral>

Fotografía 28. Cordierita en cruzados.



Fuente: Tomado de://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral

Hábito: anhédrico, pseudohexagonal, granular, columnar corto (c).

Exfoliación: (100) moderada, (001) y (010) pobres; poco visibles

Maclas: común (110) o (130) simple, lamelar, cíclica

Color/Pleocroísmo: incoloro (raro amarillo, azulado, violeta pálidos)

Relieve: bajo +/-

Birrefringencia: 0,008-0,018

Maclas: sectorial o similar a plagioclasa.

Alteración: (pinita), clorita, sericita, serpentina, óxidos.

Halos pleocróicos en torno a zircón o apatito.

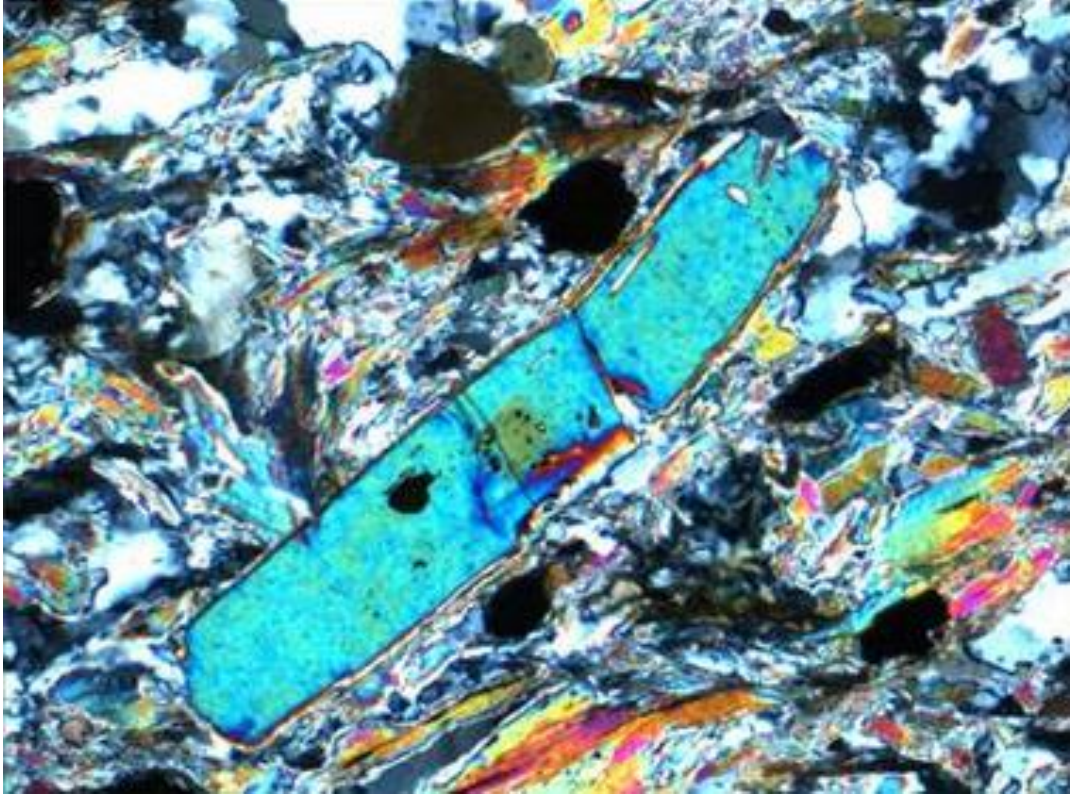
8.2 TURMALINA $\text{Na}(\text{Mg,Fe,Al,Li})_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

Fotografía 29. Turmalina en paralelos.



Fuente: http://www.ugr.es/~velilla/imagenes/Atlas_Ciclo-Sorosilicatos/schorl.JPG

Fotografía 30. Turmalina en cruzados.



Fuente: http://www.ugr.es/~velilla/imagenes/Atlas_Ciclo-Sorosilicatos/schorl.JPG

Hábito: prismático o columnar (c), secc. basal hexagonal, granular

Exfoliación: muy pobres (11-20) y (10-11); partición (0001)

Maclas: rara

Color/Pleocroísmo: verde, marrón, azul, incoloro, rosado; zonación muy común.

Pleocroísmo muy fuerte en turmalinas coloreadas, $O \gg E$

Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,017...0,035

Otros datos: CHORLO (Fe): verde, marrón, azul; 0,025-0,035.

DRAVITA (Mg): marrón, amarillo, incoloro; 0,021-0,029.

ELBAITA (Li): incoloro o rosado; 0,017-0,021.

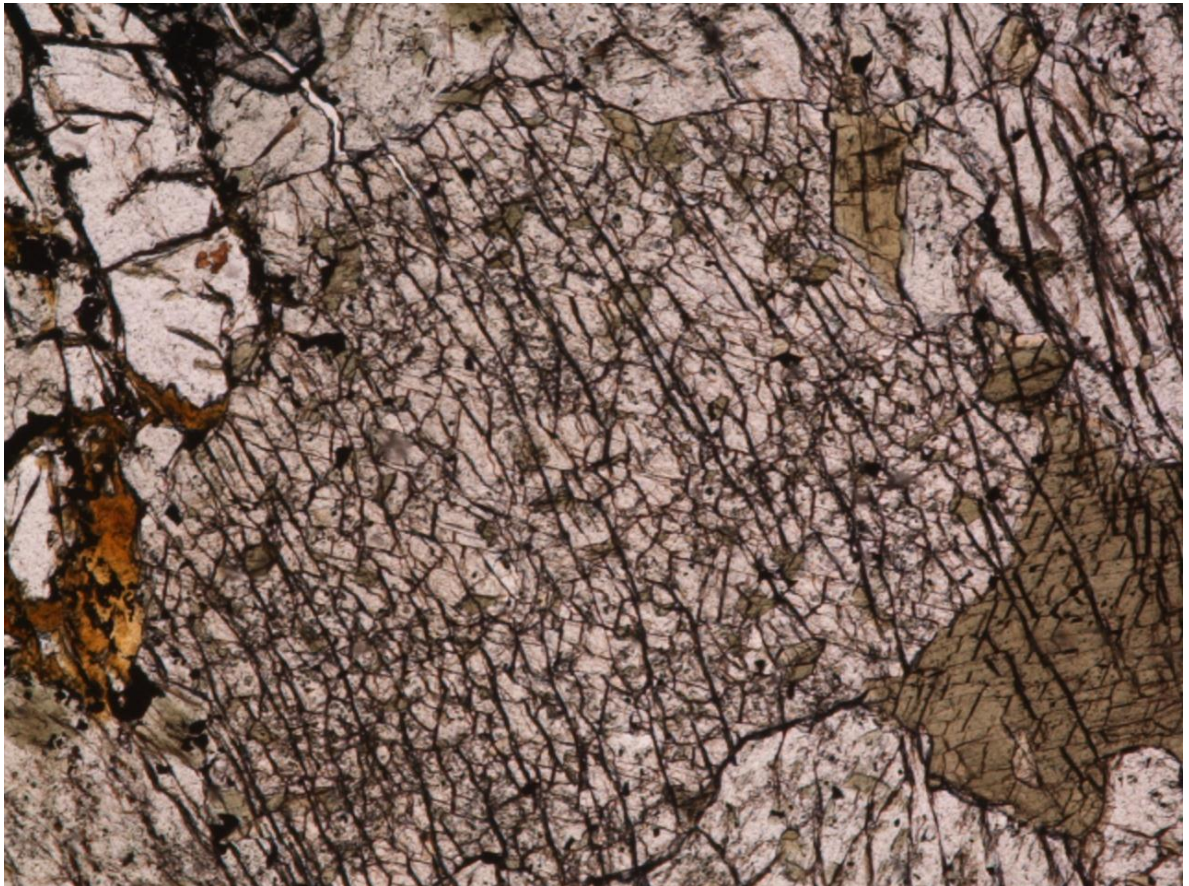
Alteración: micas, clorita Fe-Mg, cookeita.

9. INOSILICATOS

9.1 PIROXENOS

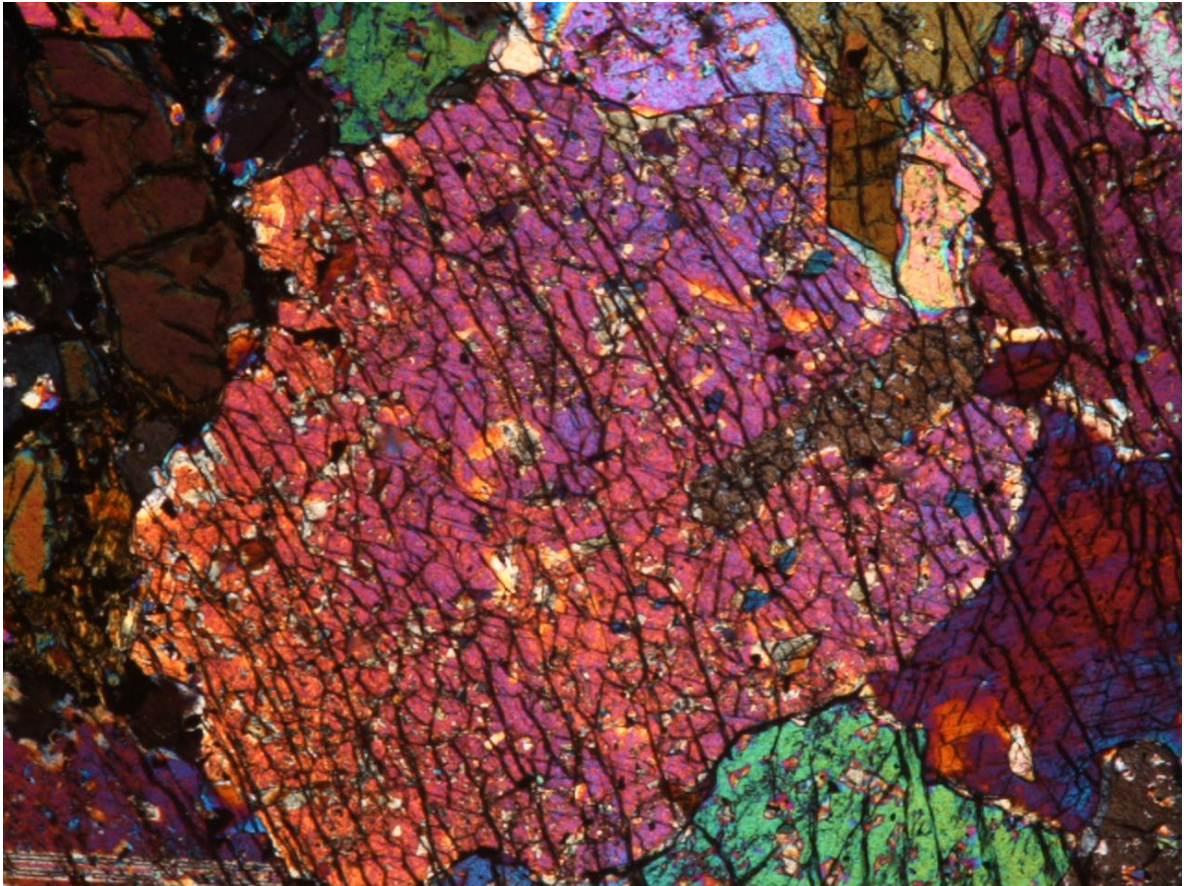
9.1.1 Augita ($\text{Ca,Mg,Fe}_2(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$)

Fotografía 31. Augita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 32. Augita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático corto (c), granular, base cuadrada u octogonal

Exfoliación: (110) buena 87°; partición (100) y (010)

Maclas: común: (100) simple o múltiple, (001) múltiple

Color/Pleocroísmo: incoloro, verde pálido o gris; rosado o marrón (rica en Ti).

Pleocr. débil a moderado

Relieve: alto +

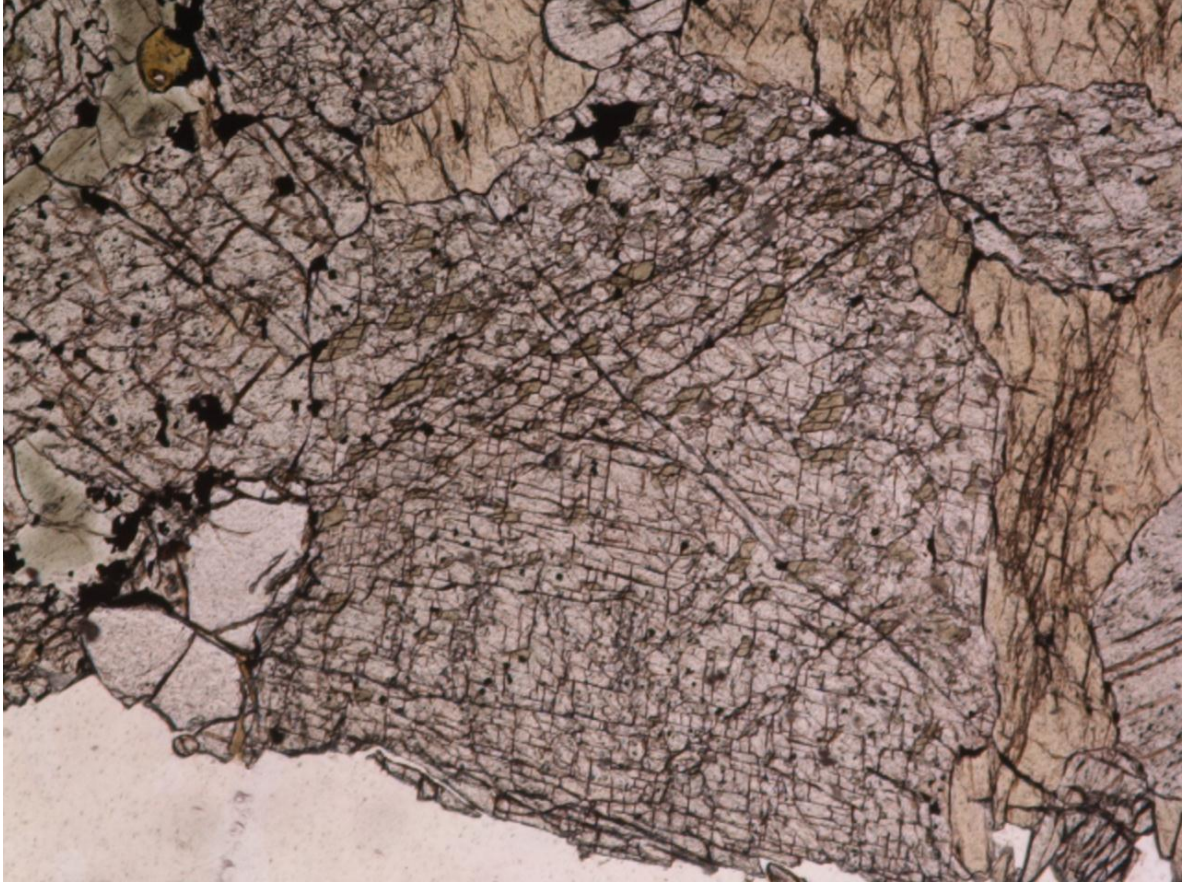
Birrefringencia: 0,018-0,033

Otros datos: Zonación común. Alteración: clorita, anfíbol, (epidota, calcita). Augita

Ti: dispersión fuerte, zonación reloj de arena.

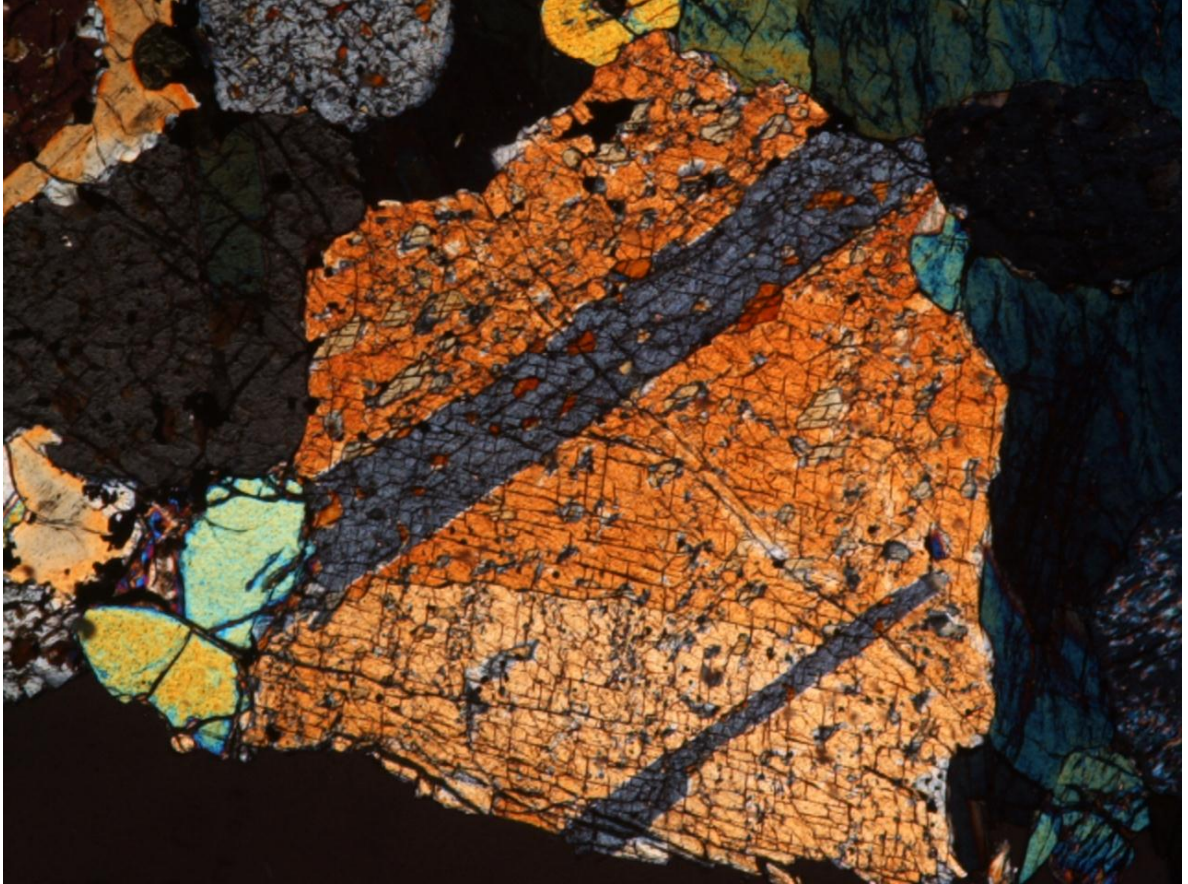
9.1.2 Diopsido-Hedenbergita: $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$

Fotografía 33. Diópsido en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 34. Diópsido en cruzados. Presenta macla de Carlsbad



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático (c), granular, base cuadrada u octogonal

Exfoliación: (110) buena 87°; partición (100), (010) y (001)

Maclas: (100), (001) común, simple o múltiple

Color/Pleocroísmo: Dióp: incoloro; Hed: verde pálido. Pleocr. Hed: X=>Z=>Y (en tonos verdes)

Relieve: alto +

Birrefringencia: 0,024...0,031

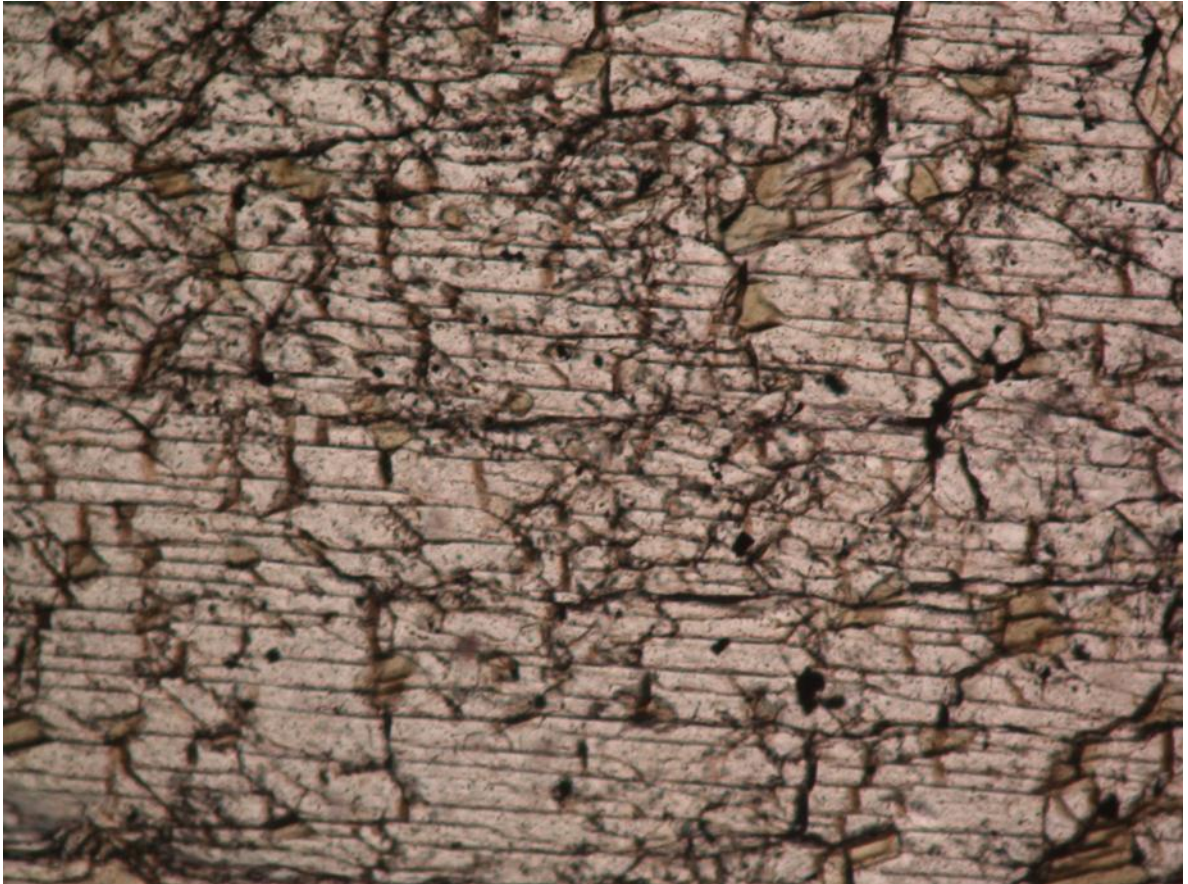
Otros datos: Alteración: común anfíbol (tremolita, actinolita).

Diópsido (Cr): color azulado y verdoso.

9.2 ORTOPIROXENOS

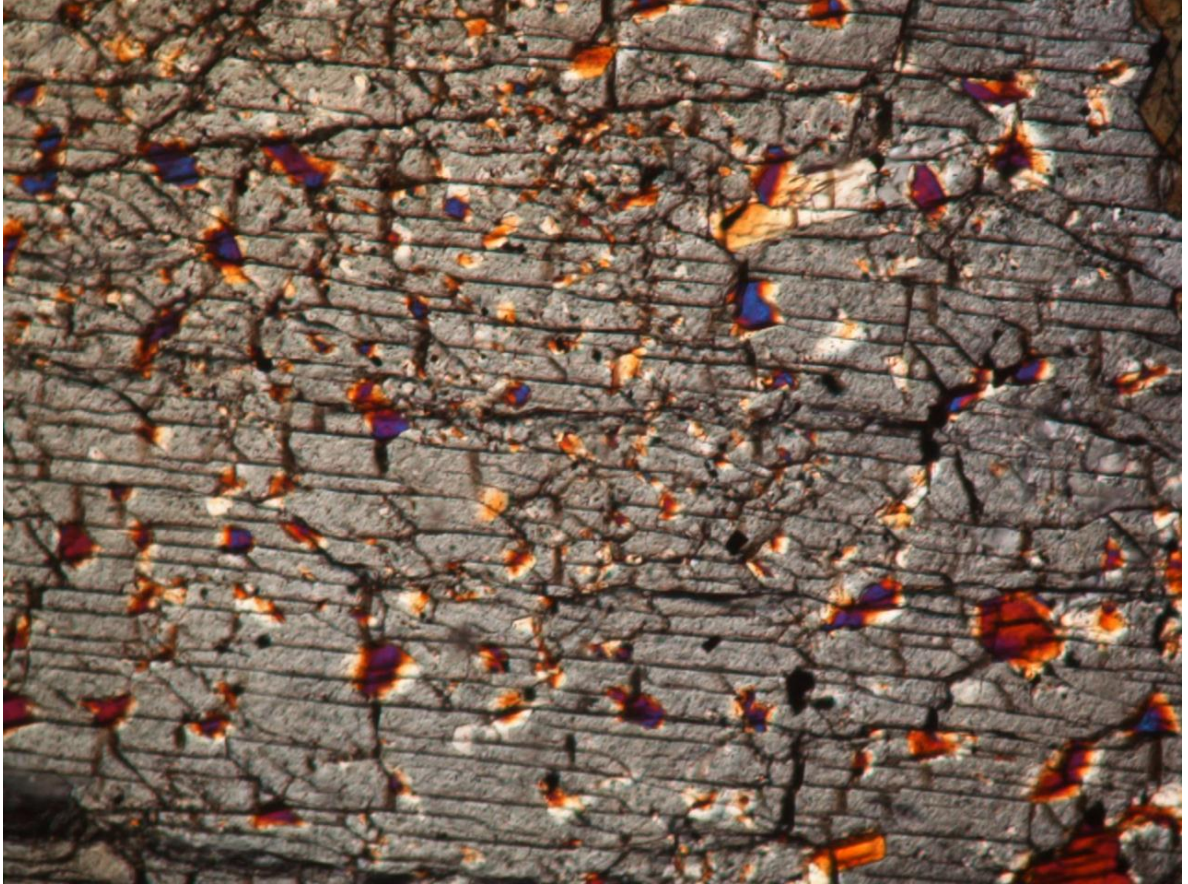
9.2.1 Enstatita-Ferrosilita $MgSiO_3-FeSiO_3$

Fotografía 35. Enstatita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 36. Enstatita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático corto (c), granular, base cuadrada u octogonal

Exfoliación: (210) buena 88°; partición (100), (010)

Maclas: común (100) simple, lamelar

Color/Pleocroísmo: (Mg): incoloro; (Fe): rosa pálido, verde pálido. Pleocr. variable: X=rosa, Y=amarillento marrón, Z=verde

Relieve: alto +

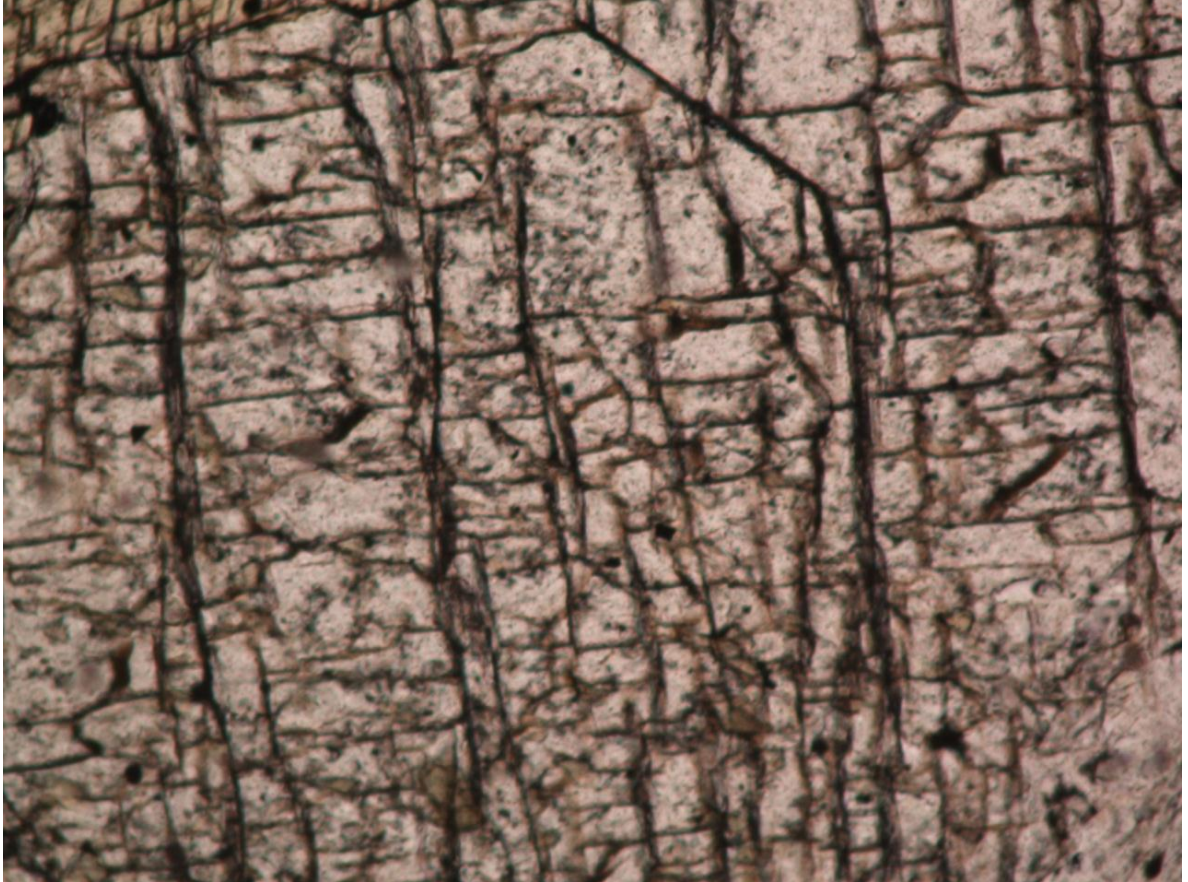
Birrefringencia: 0,007-0,020

Otros datos: Láminas de exsolución de Cpx común (100). Zonación en rocas volcánicas.

Alteración: serpentina, talco, clorita, anfíbol.

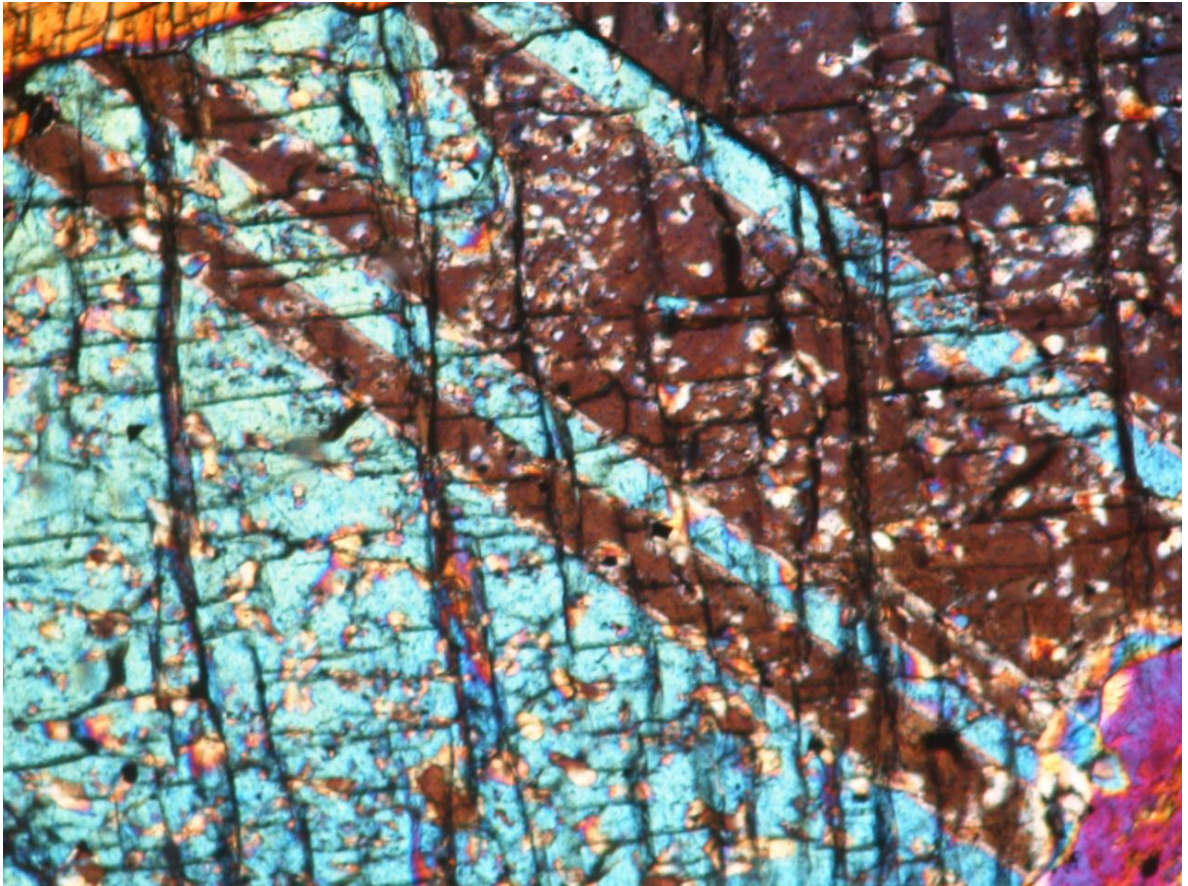
9.2.2 Egirina

Fotografía 37. Egirina en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 38. Egirina en cruzados. Macla de Carlsbad.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada IRC-16, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Generalmente prismas cortos, alargados según el eje c, en orientaciones perpendiculares a éste, la sección presenta forma octogonal (o cuadrada)

Color: Fuertemente coloreado verde oliva-marrón o verde-amarillento

Pleocroismo: Intenso de verde oliva (pardo) a verde claro-amarillento. La acmita es una variedad con pleocroísmo en tonos marrones

Maclas: Frecuente según (100), simple, repetida un número pequeño de veces, en ocasiones polisintética

Exfoliación: Dos buena paralelas a {110}, partición en {100}

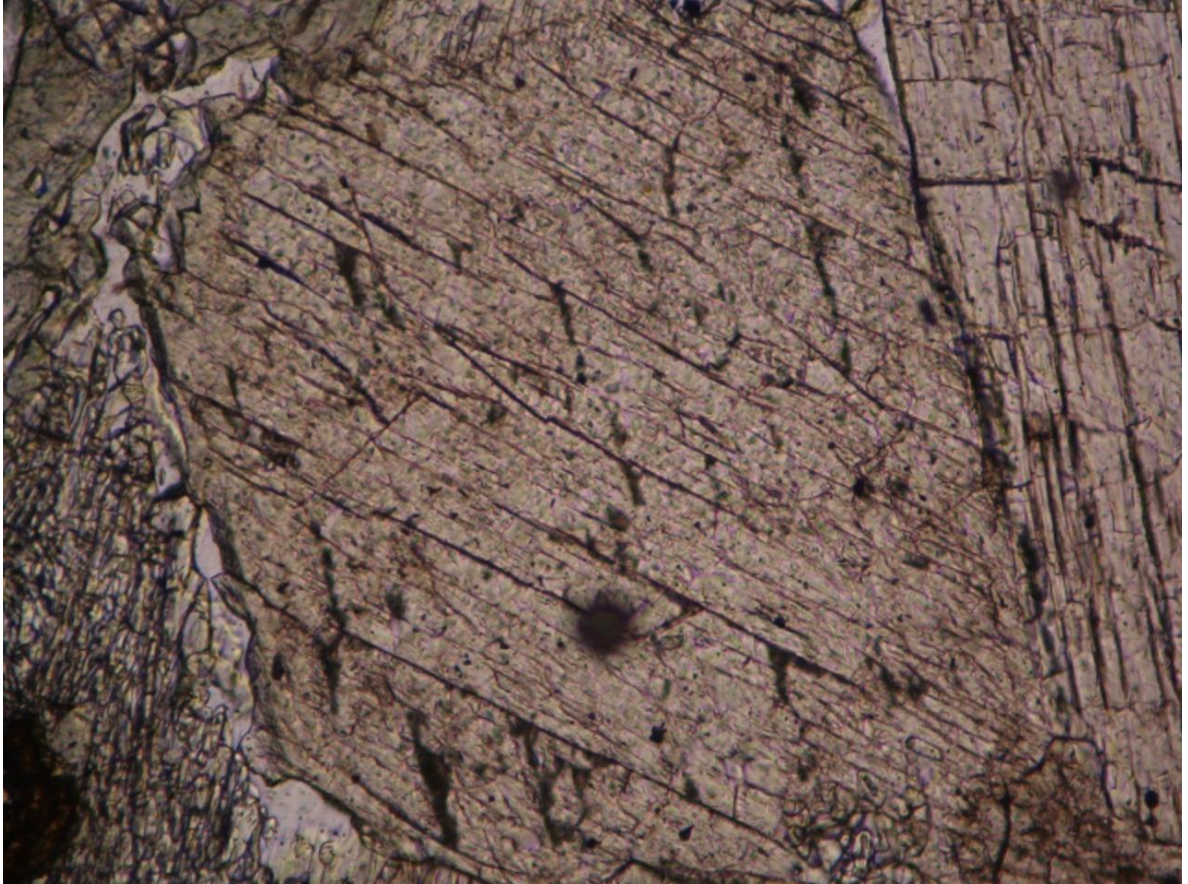
Relieve: Alto +

Birrefringencia: 0,040 a 0,060 (Muy alta)

Asociación: Rocas ricas en Na y pobres en sílice como fonolitas y sienitas nefelínicas

9.2.3 Hiperstena

Fotografía 39. Hiperstena en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ECL-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 40. Hiperstena en cruzados.

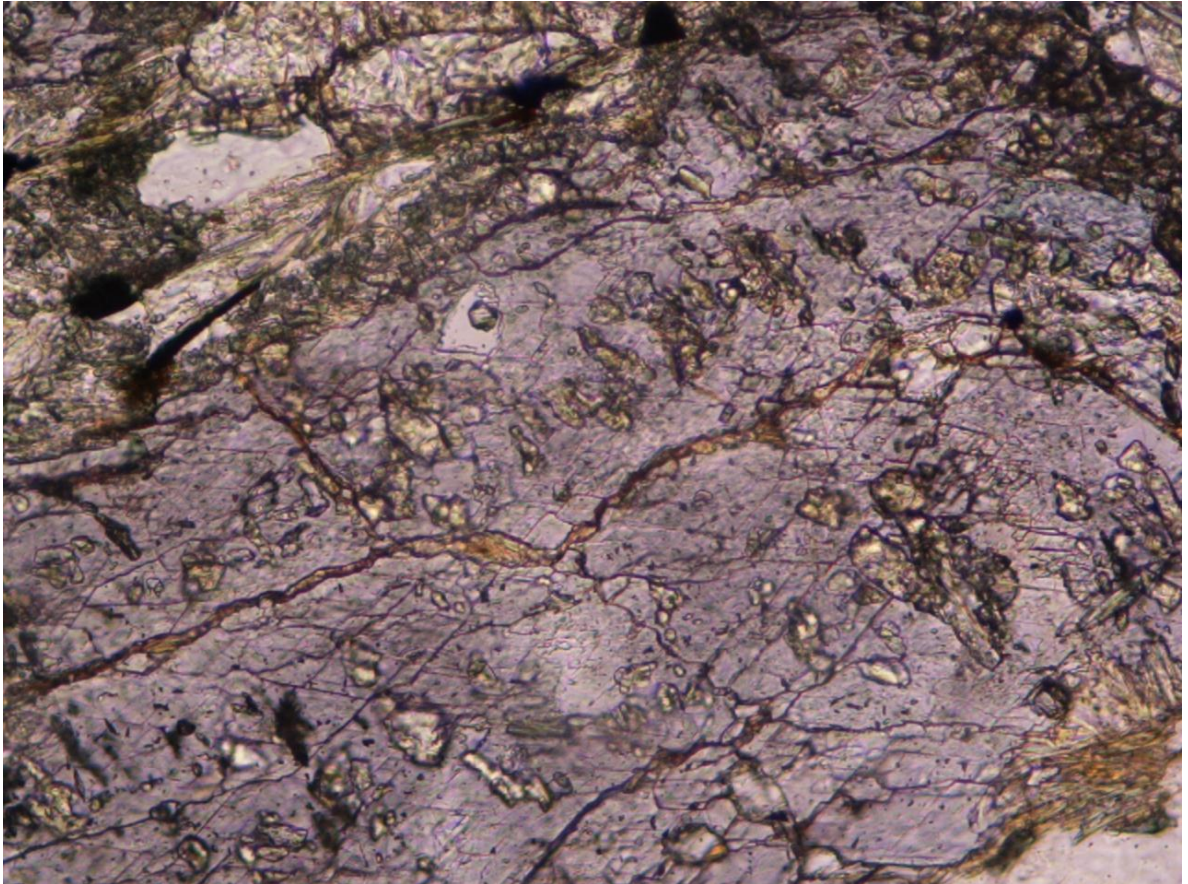


Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ECL-2, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

9.3 ANFIBOLES

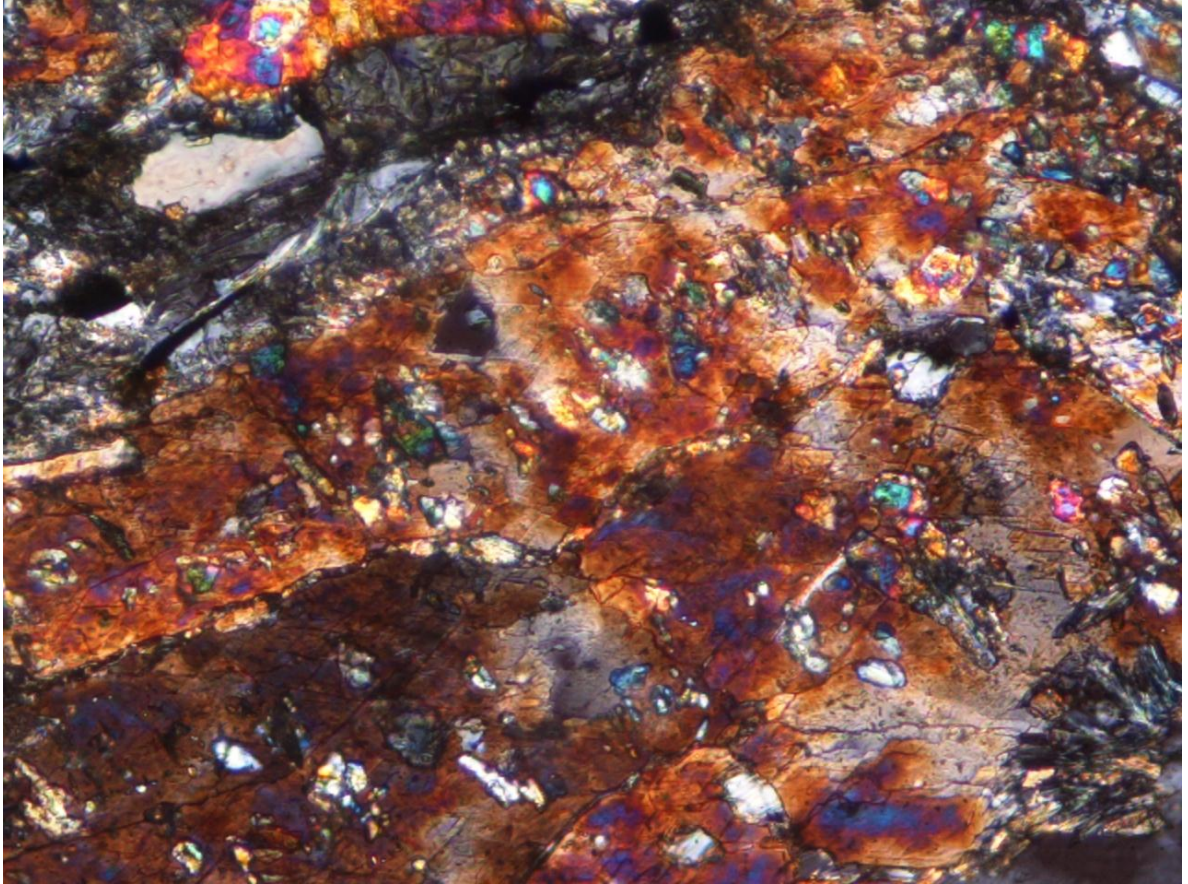
9.3.1 Glaucofana $\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Fotografía 41. Glaucofana en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-39, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 42. Glaucofana en cruzado.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-39, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático alargado, columnar, acicular (c), base romboidal

Exfoliación: (110) perfecta 56°

Maclas: (100) simple o lamelar

Color/Pleocroísmo: azul, azul violeta a incoloro. Pleocr. Z=azul, Y=violeta, X=amarillo (incoloro)

Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,008-0,023

Otros datos: Alteración: actinolita.

También especie ferro-glaucofana

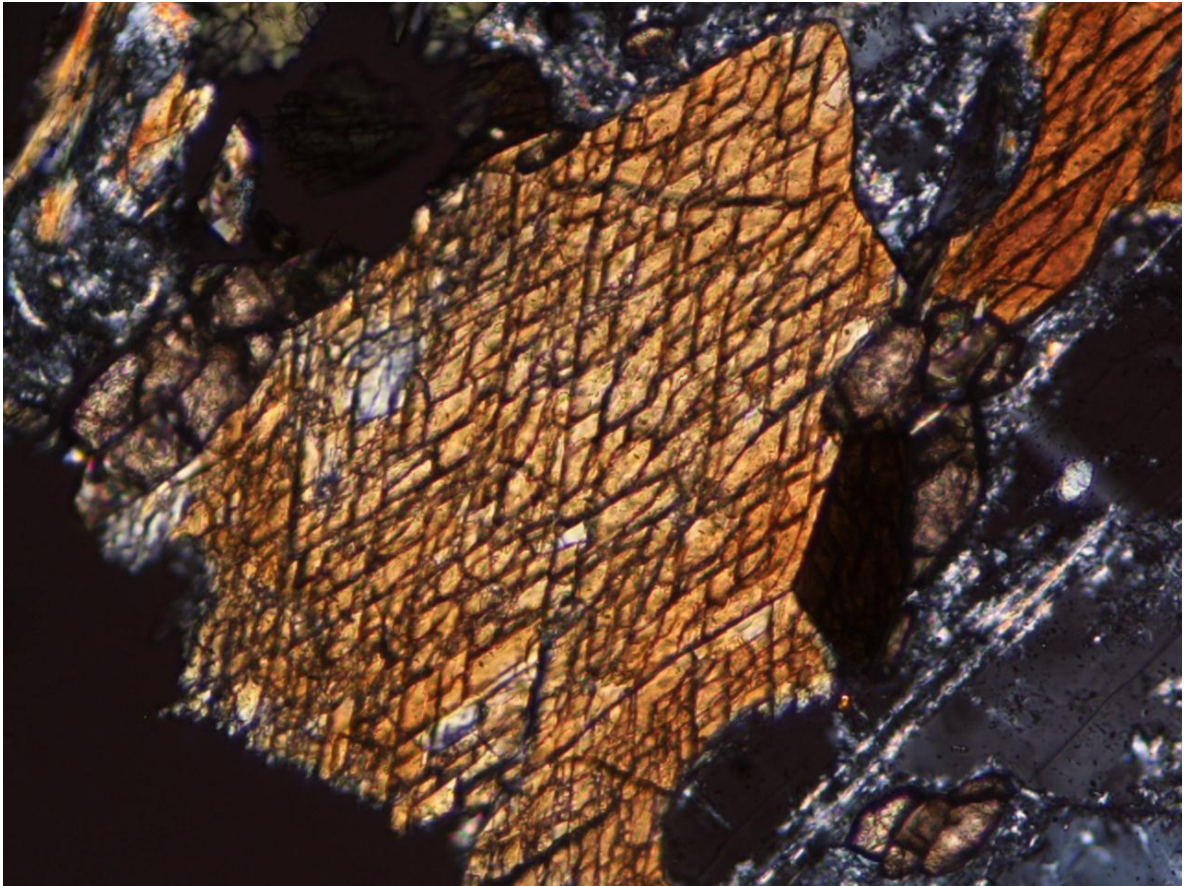
9.3.2 Hornblenda $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Fotografía 43. Hornblenda en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 44. Hornblenda en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático (c), secc. basal romboidal o hexagonal, anhédrico

Exfoliación: (110) perfecta 56°; partición (100) y (001)

Maclas: común (100) simple o lamelar

Color/Pleocroísmo: verde, verde azulado, marrón, amarillo marrón. Pleocr. moderado, $Z > Y > X$

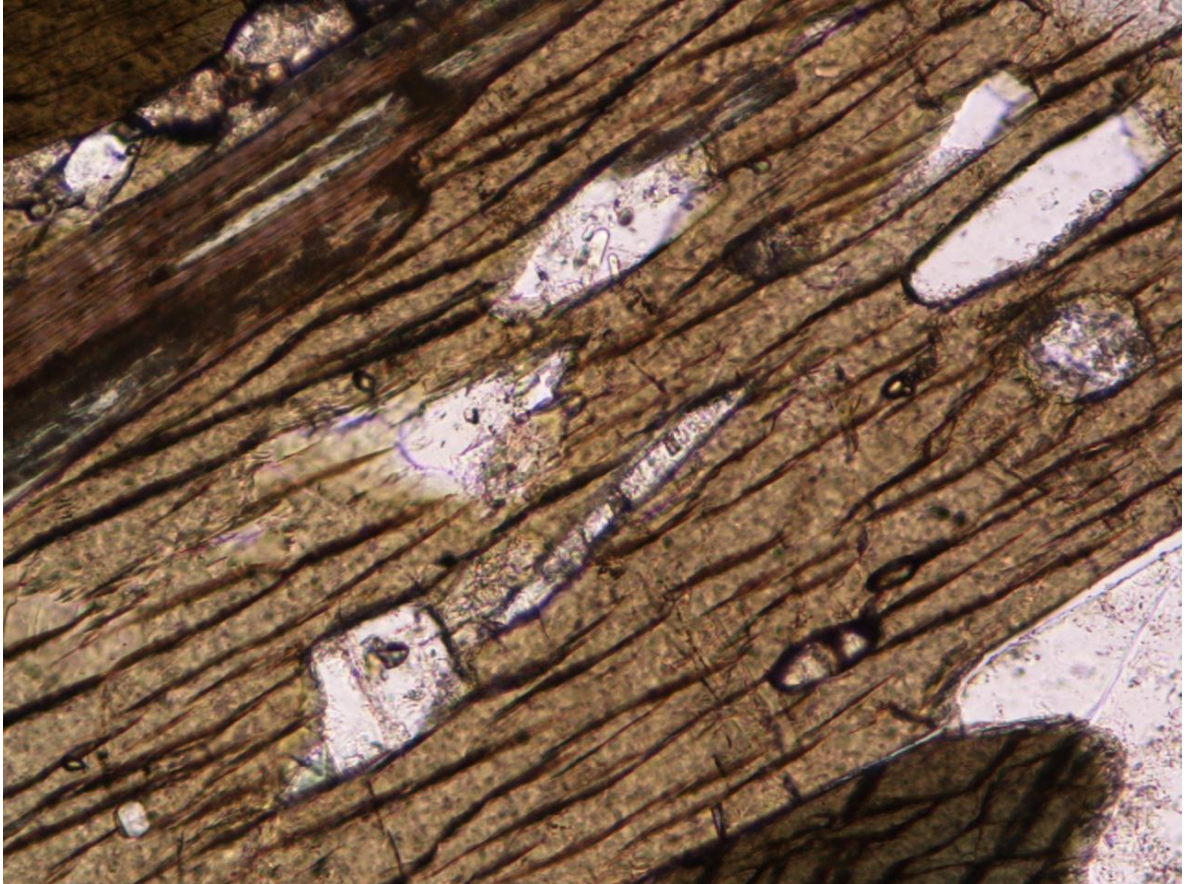
Relieve: + medio/alto

Birrefringencia: 0,02

Otros datos: Alteración: biotita, clorita, epidota, calcita. 2V: generalm. 65-85 (-), Mg-PARGASITA=56-90 (+), HASTINGSITA 2V casi hasta 0.

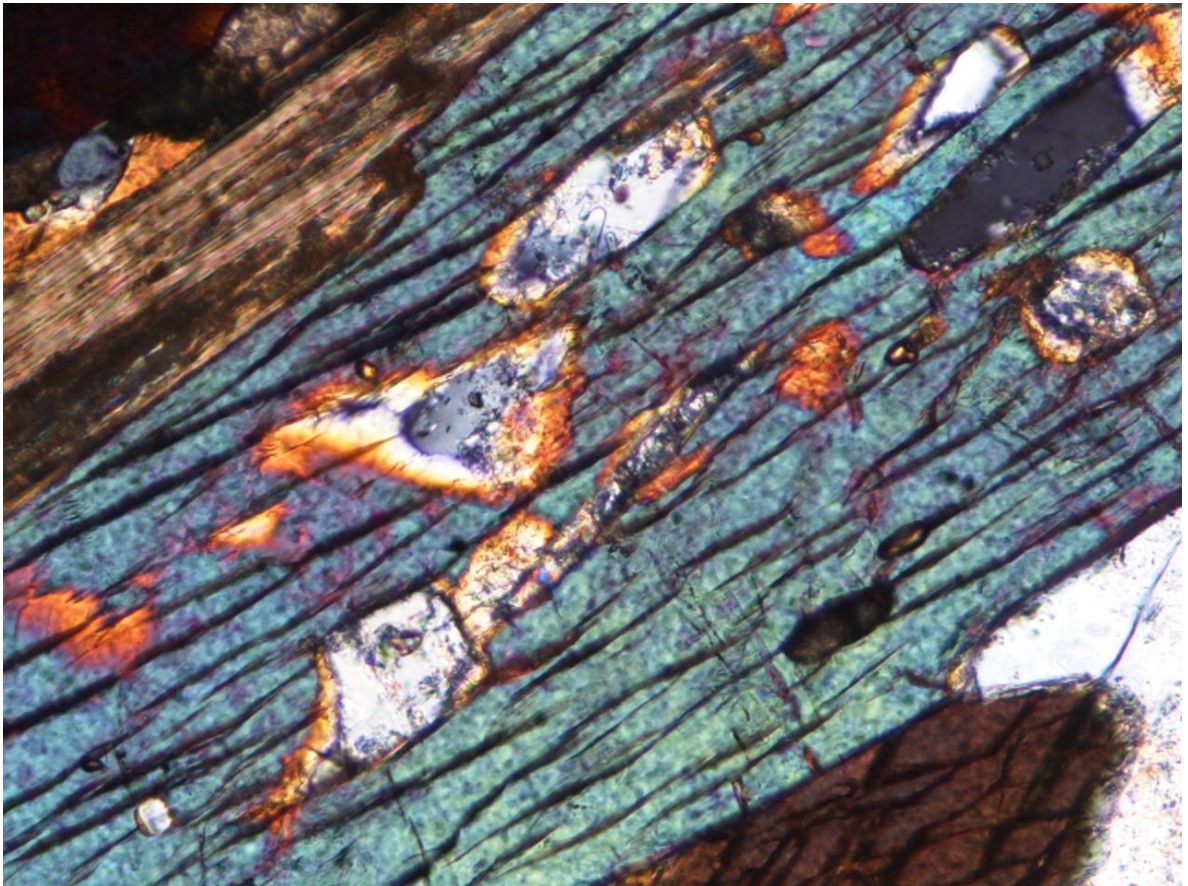
9.3.3 Cummingtonita

Fotografía 45. Cummingtonita en paralelo. Se observan inclusiones de apatito.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 46. Cumingtonita en cruzados. Se observan inclusiones de apatito.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Prismas alargados o casi fibrosos con secciones normales al eje c mostrando dos sistemas de exfoliación finos y regulares formando 55-56°. Los granos pueden aparecer como agregados fibrosos o radiales. La amosita es la variedad asbestiforme

Color: De incoloro (cumingtonita) a verde amarillo o marrón muy claro (grunerita)

Pleocroismo: Generalmente no pleocroico

Maclas: Frecuente $\{100\}$, simple, repetida un número pequeño de veces o polisintética

Exfoliación: Perfecta $\{110\}$ $(110)^{(1-10)}$

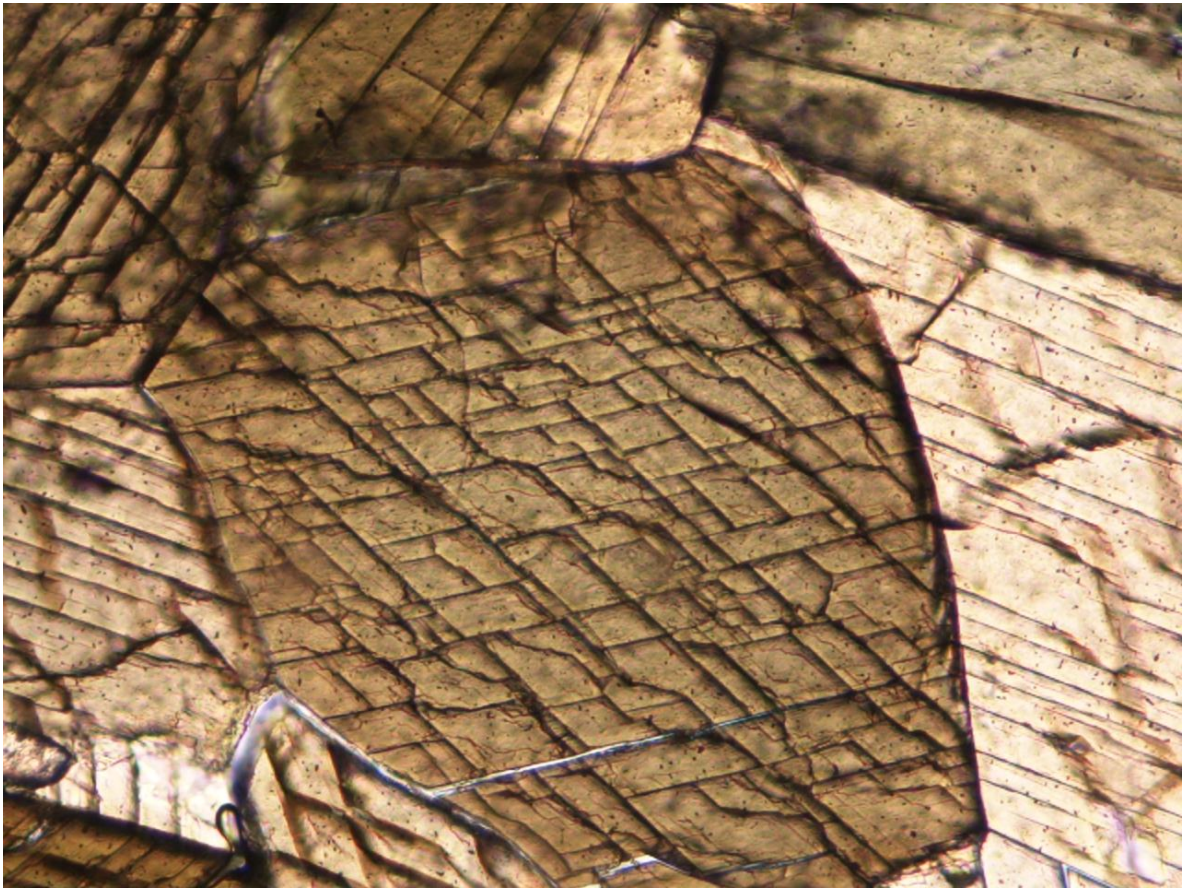
Relieve: Medio + a Alto +

Birrefringencia: 0,016 a 0,045 (Muy alta)

Otros datos: Las propiedades varían en función del contenido en Fe. La cummingtonita B(+ -), la grunerita B(-)

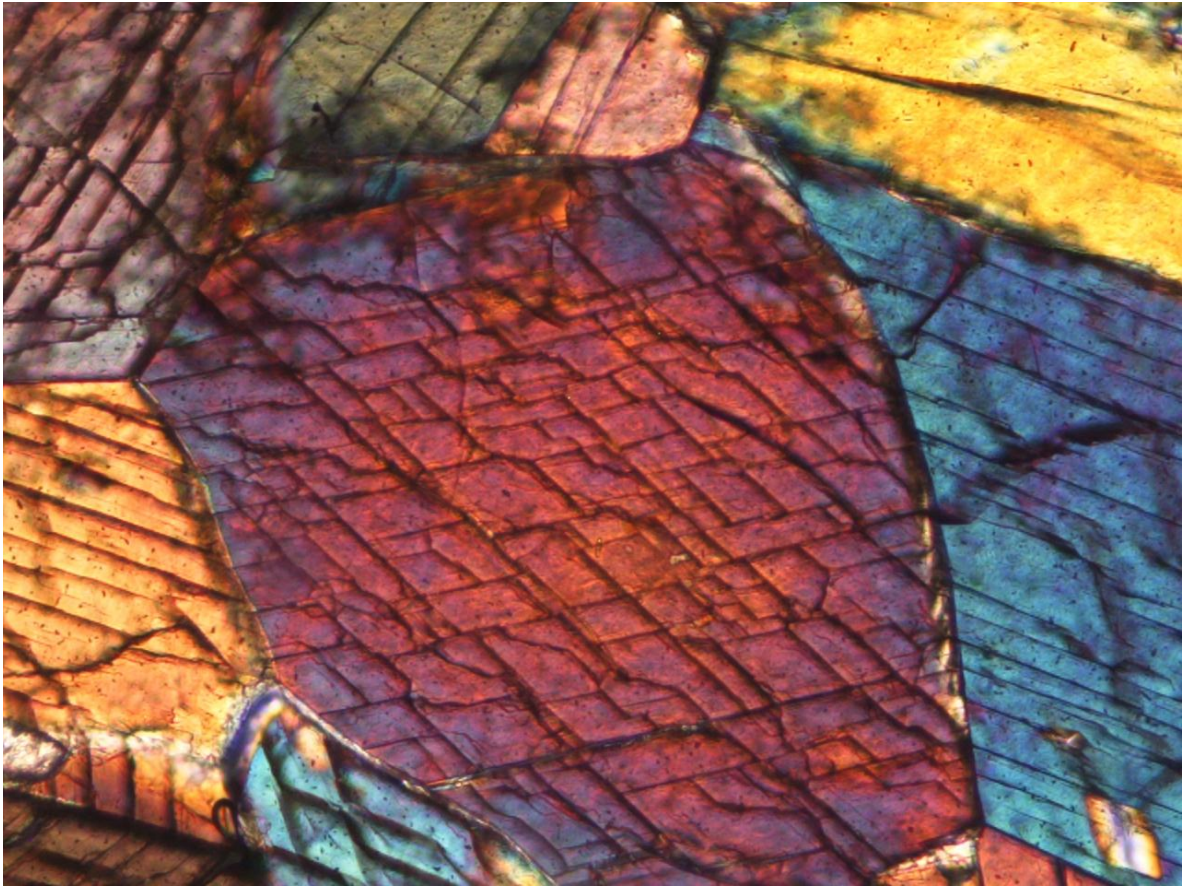
9.3.4 Actinolita-Tremolita

Fotografía 47. Actinolita-Tremolita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 48. Actinolita-Tremolita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada anf-5, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Prismas alargados casi fibrosos. En secciones normales al eje c muestran dos sistemas de exfoliación finos y regulares formando 55-56°

Color: De incoloro (tremolita) a verde claro (actinolita)

Pleocroísmo: Las actinolitas presentan pleocroísmo neto

Maclas: Frecuente simple y lamelar según {100}, rara según {001} finamente polisintética

Exfoliación: Perfecta {110} (110)⁽¹⁻¹⁰⁾=56°

Relieve: Medio + a Alto +

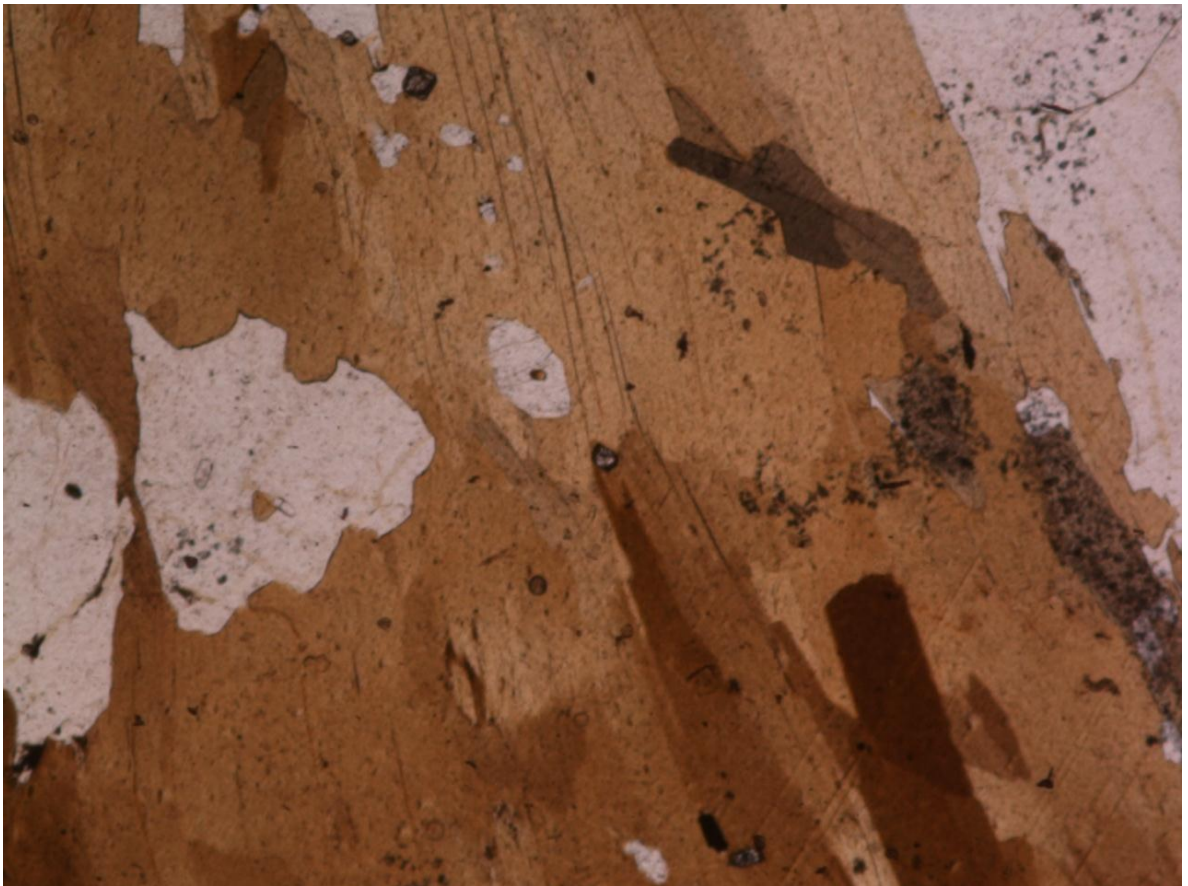
Birrefringencia: 0,017 a 0,027 (Media-Alta)

Otros datos: El término actinolita se emplea para las composiciones intermedias de la serie (Mg/(Mg+Fe) de 90 a 50). Propiedades varían en función del contenido en Fe (los índices de refracción aumentan y el ángulo de extinción disminuye). Pueden producirse por uralitización de piroxenos. Se alteran a clorita, epidota, calcita y talco

10. FILOSILICATOS

10.1 BIOTITA $K(Fe,Mg)_3(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$

Fotografía 49. Biotita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada f-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 50. Biotita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada f-1, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: laminar y tabular (001), ps.hexagonal, prismático (hk0)

Exfoliación: (001) perfecta

Maclas: (001), raramente visible

Color/Pleocroísmo: marrón, verde, rojo. Pleocroísmo fuerte: Z=Y(marrón, verde, rojizo) >X(amarillo,verde,marrón)

Relieve: medio +

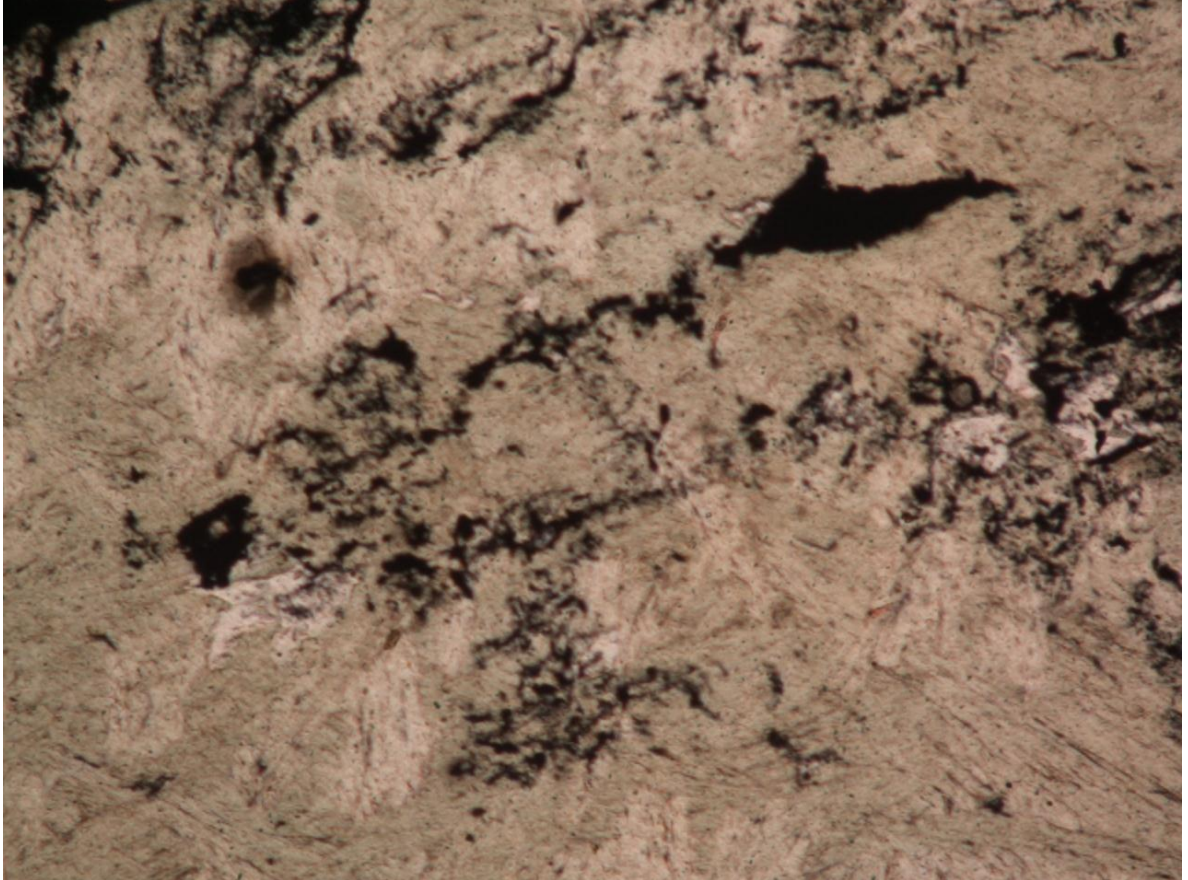
Birrefringencia: 0,040-0,080

Otros datos: Extinción moteada y subrecta. Halos negros en torno a zircón. 2V generalm. <10. Ti confiere tonos rojizos.

Alteración: vermiculita, clorita, moscovita, óxidos, etc.

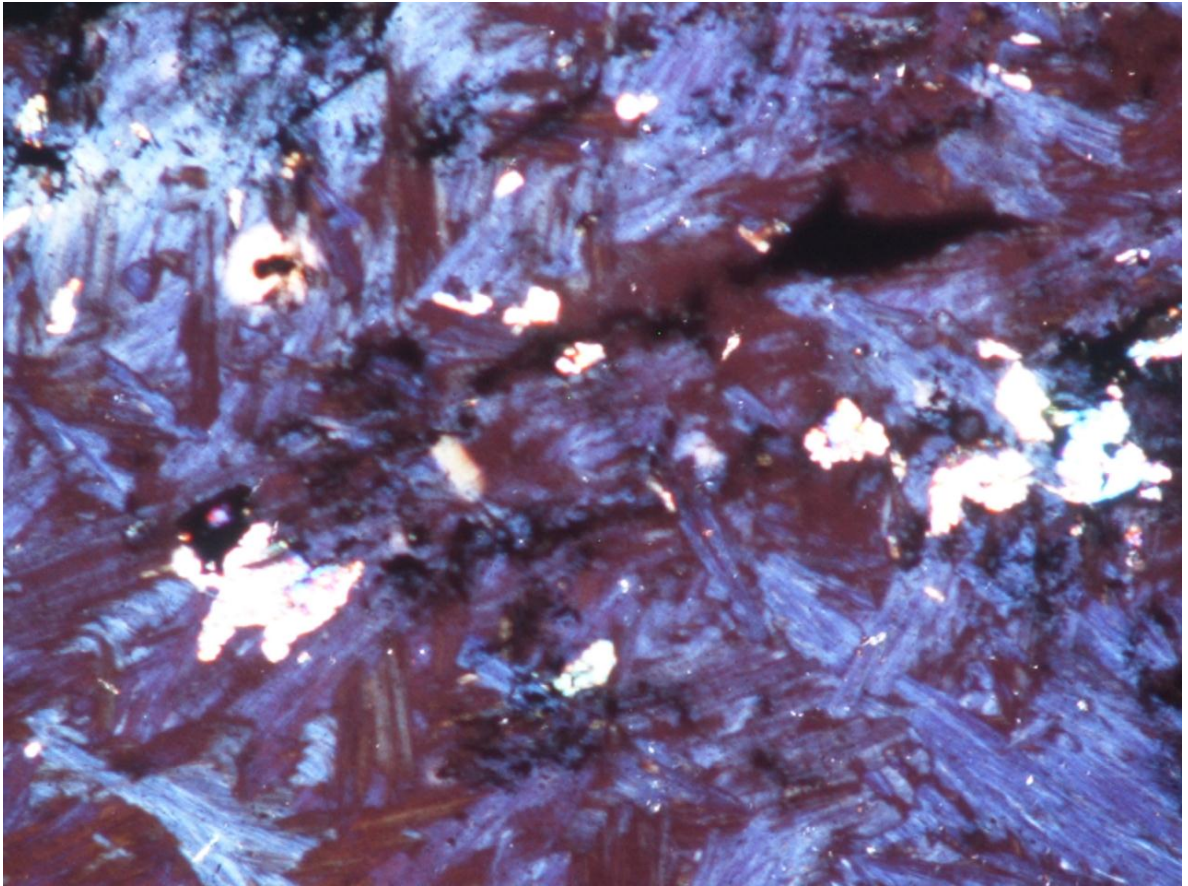
10.2 CLORITA $(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$

Fotografía 51. Clorita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada COR-10, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 52. Clorita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada COR-10, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: laminar y tabular (001), agregados fibrosos, masivo

Exfoliación: (001) perfecta

Maclas: (001) plano de composición

Color/Pleocroísmo: incoloro, verde. Pleocroísmo débil o moderado $Z=Y>X$ ó $X=Y>Z$

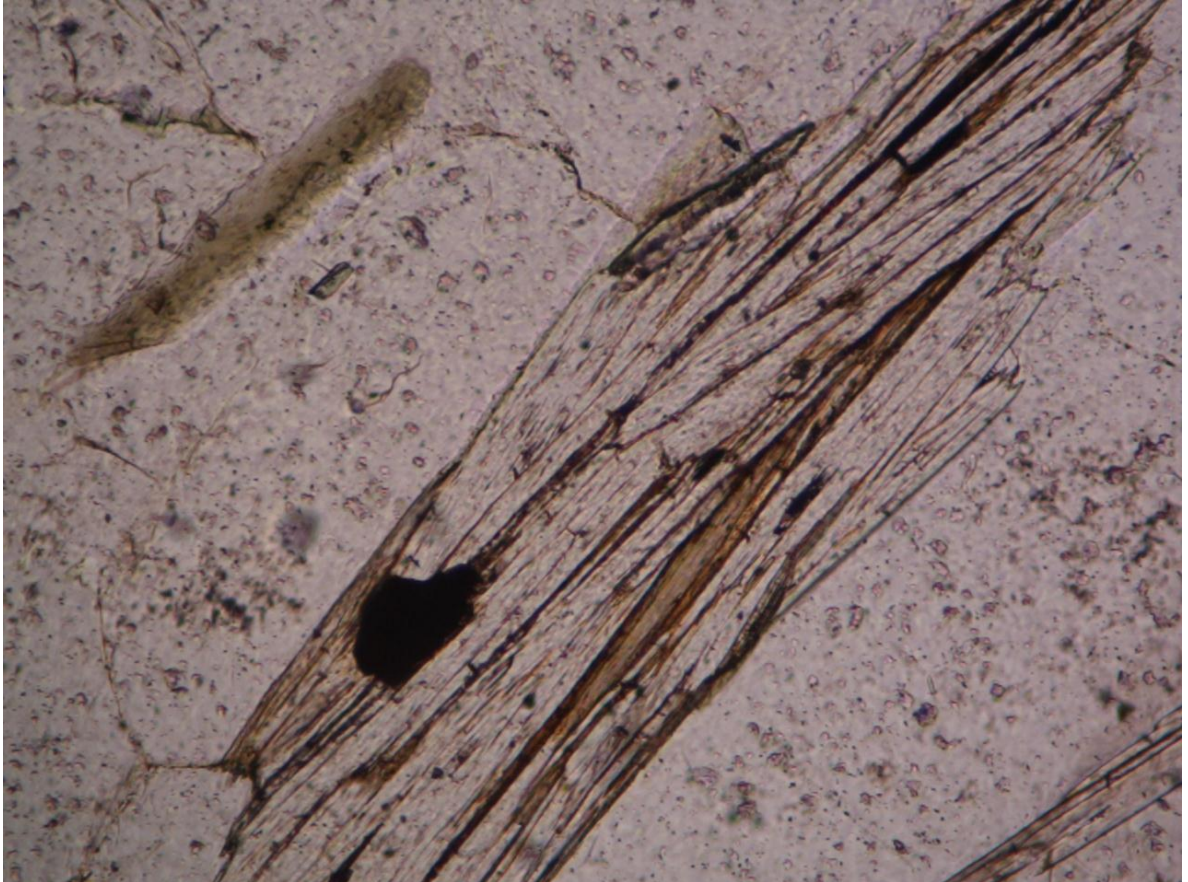
Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,00-0,02

Otros datos: Clinocloro (Mg): (+), elong (-). Chamosita (Fe): (-), elong (+). Nimita (Ni): (-), elong (+), pleocroísmo más fuerte en verde, $2V\sim 15$, $birr\sim 0,010$. Clorita (Cr): violeta-rosada. Color interf. anóm.: marrón (Mg), azul o violeta (Fe).

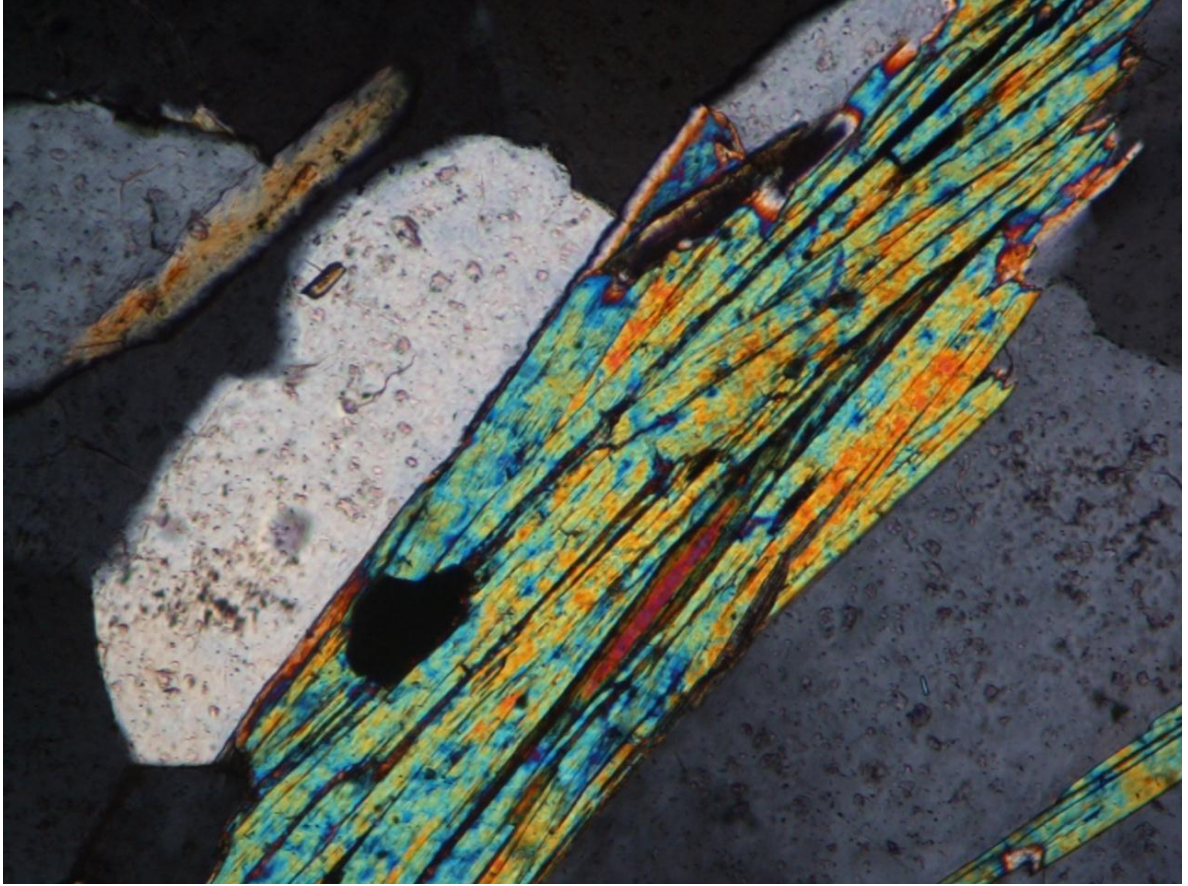
10.3 MOSCOVITA $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$

Fotografía 53. Moscovita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 54. Moscovita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-44, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: laminar y tabular (001), prismático y acicular (hk0)

Exfoliación: (001) perfecta

Maclas: (001)

Color/Pleocroísmo: incoloro, (raro verde muy pálido, Cr)

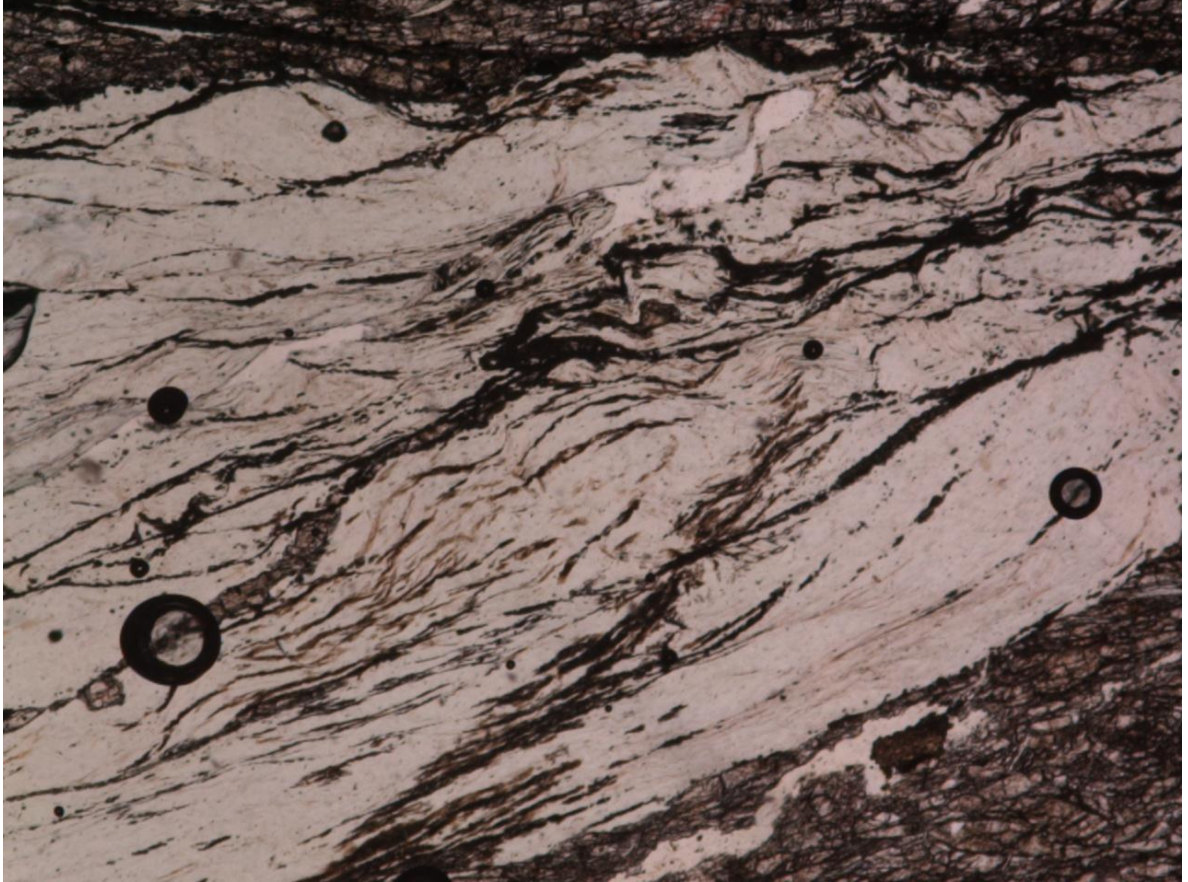
Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,036...0,049

Otros datos: Distinguible de paragonita mediante difracción de rayos X. Extinción moteada. SERICITA: mica blanca de grano fino. FENGITA (Moscovita con Si:Al>3:1): mayor N y birrefringencia. FUCHSITA (Cr): X=incoloro, Y=verde, Z=verde oscuro.

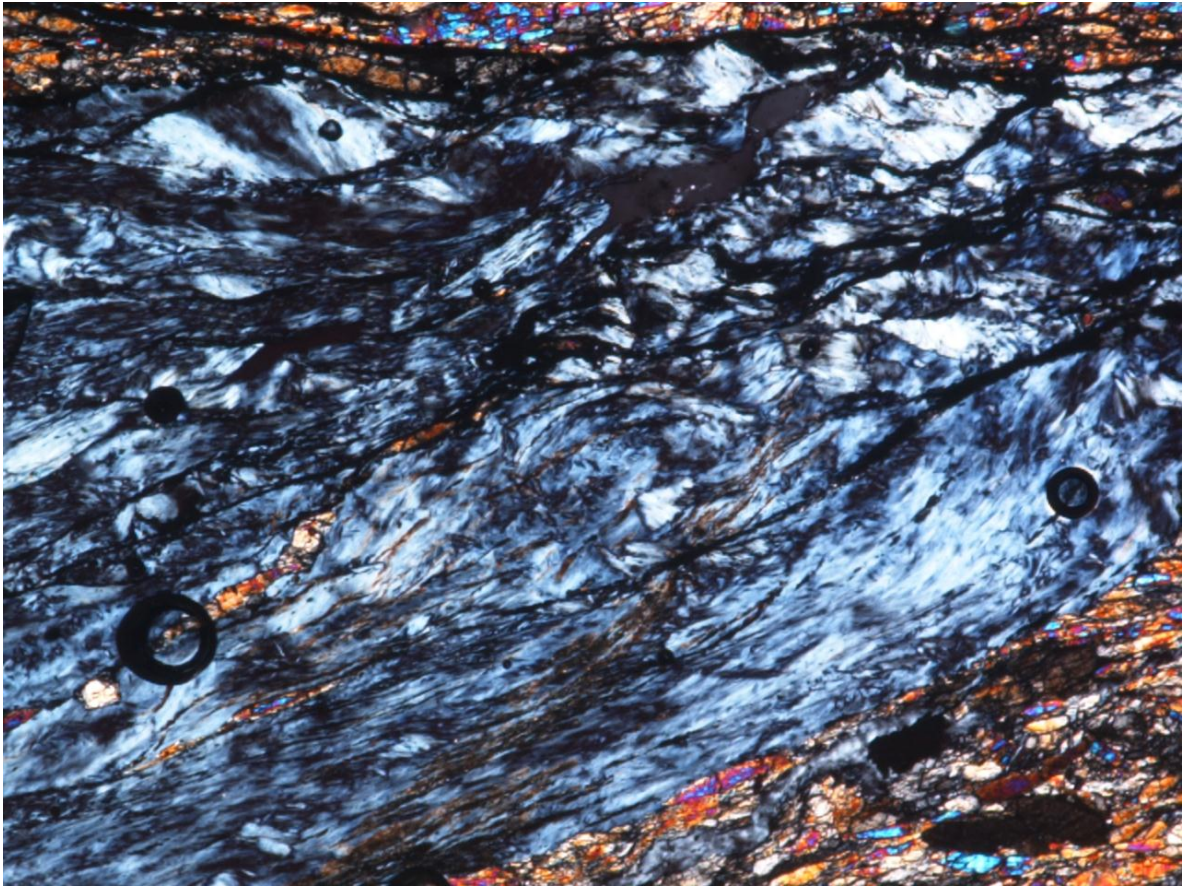
10.4 SERPENTINA $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ Crisotilo-Antigorita-Lizardita

Fotografía 55. Serpentina en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-8, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 56. Serpentina en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada esq-8, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: finas placas o laminar; fibroso

Exfoliación: (001) perfecta

Maclas: rara en antigorita

Color/Pleocroísmo: incoloro a verde pálido. Pleocroísmo débil $Z>Y=X$

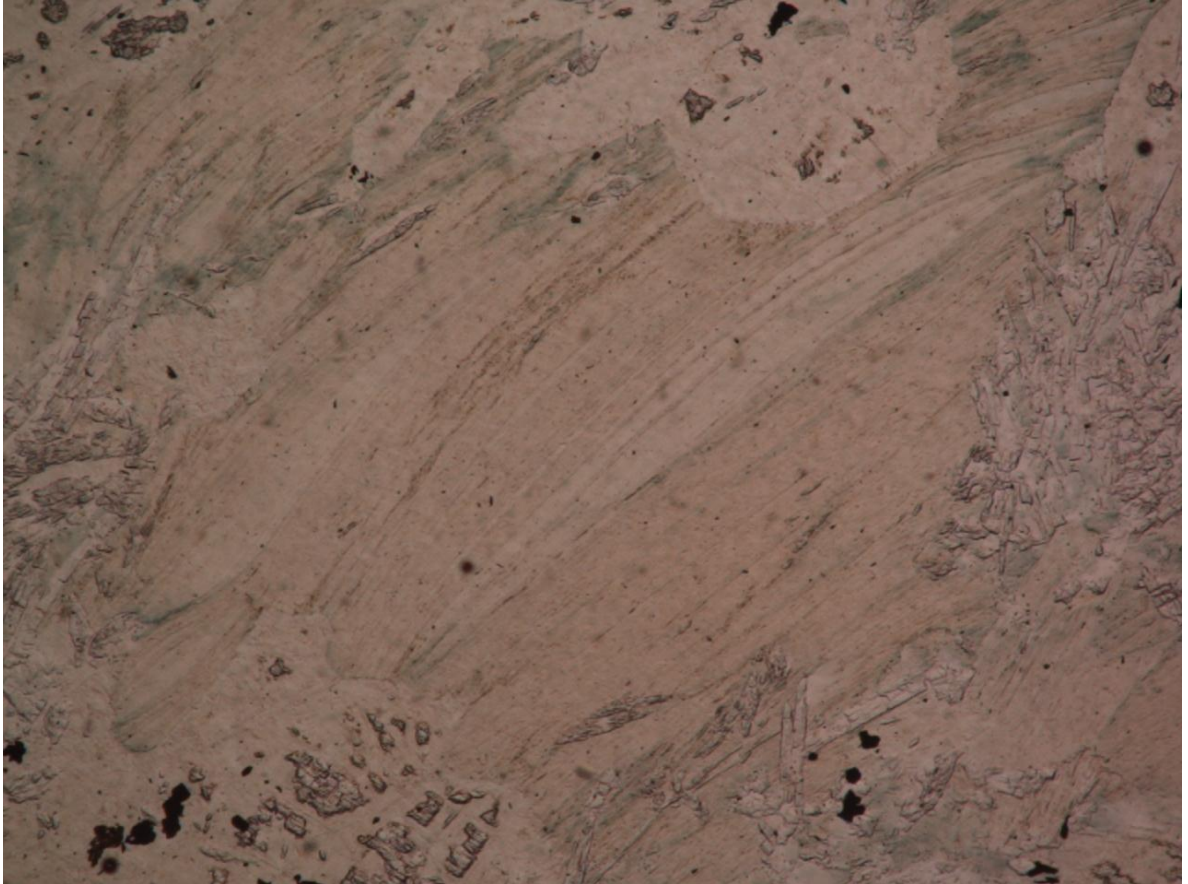
Relieve: bajo +

Birrefringencia: 0,004-0,017

Otros datos: Birrefringencia: Liz=0,006-0,008; Antig=0,004-0,007; Cris=0,013-0,017. Pueden estar conjuntamente los polimorfos. Extinción moteada. Distinción entre polimorfos mediante difracción de rayos X

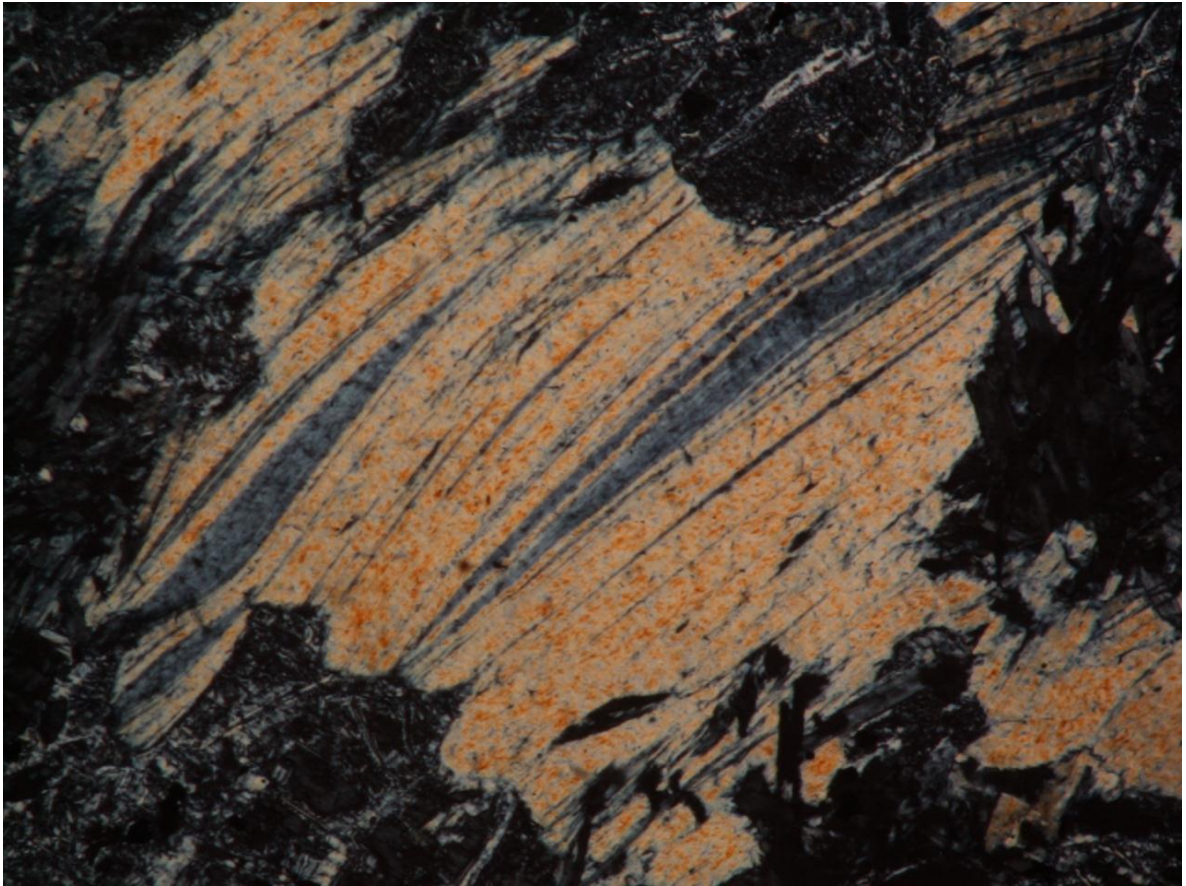
10.5 FLOGOPITA

Fotografía 57. Flogopita en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada UM-6, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 58. Flogopita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada UM-6, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Secciones alargadas (tabulares), con exfoliación muy fina y regular paralela al alargamiento. La sección paralela a {001} no muestra exfoliación

Color: De marrón claro a incoloro (más claro que la biotita)

Pleocroismo: Marronáceo - incoloro

Maclas: Con plano de composición {001} y {110}, no distinguibles en lámina delgada

Exfoliación: Perfecta según {001} y excesivamente fácil

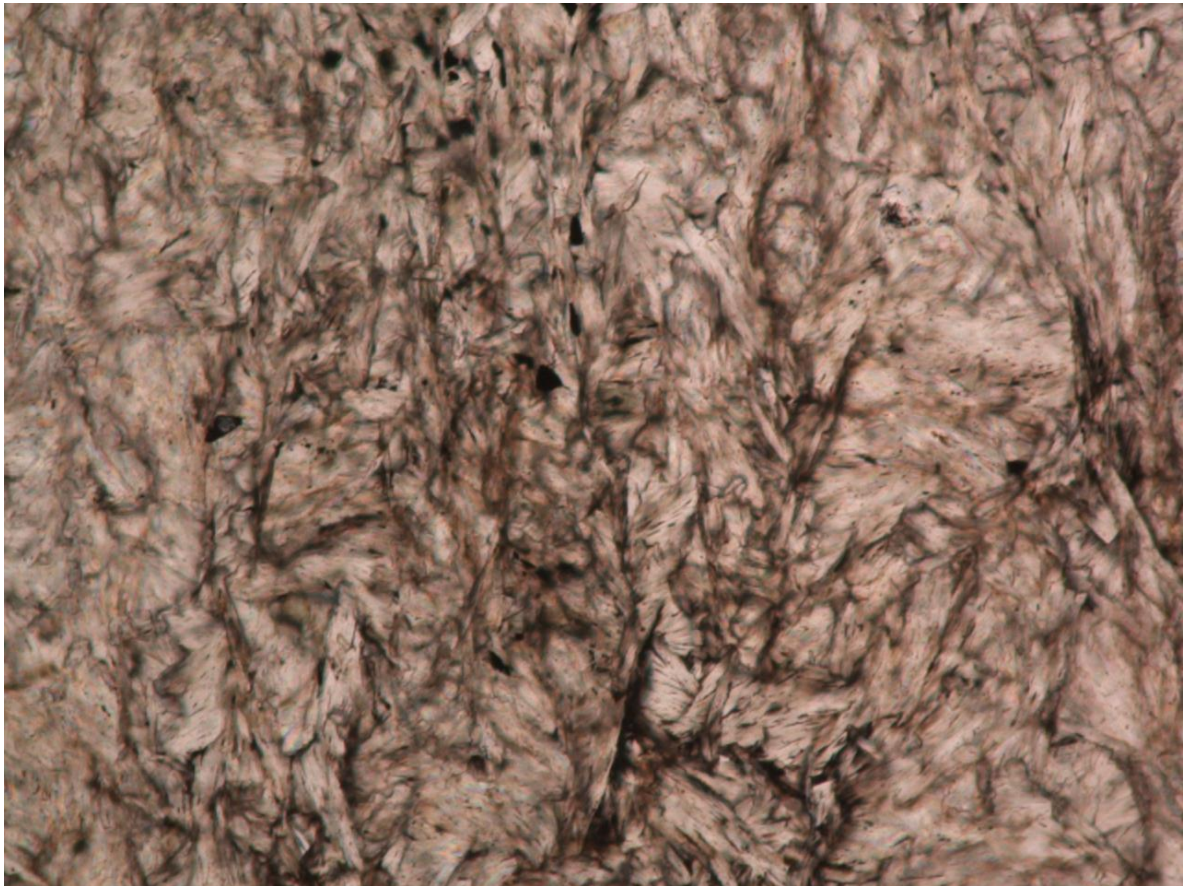
Relieve: Bajo - a Medio +

Birrefringencia: 0,028 a 0,049 (Alta)

Otros datos: Forma una serie con la biotita (términos más ricos en Fe). Extinción moteada (en ojo de perdiz). Figuras de interferencia, casi uniáxicas, muy netas en secciones paralelas a (001). Las variedades incoloras se diferencian de la moscovita por la figura de interferencia

10.6 TALCO

Fotografía 59. Talco en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ESQ-14, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 60. Talco en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada ESQ-14, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Similar al resto de las micas, generalmente de grano fino o muy fino

Color: Incoloro

Pleocroísmo: no se observa

Maclas: Generalmente no observado

Exfoliación: Basal perfecta {001}

Relieve: Bajo + a Medio +

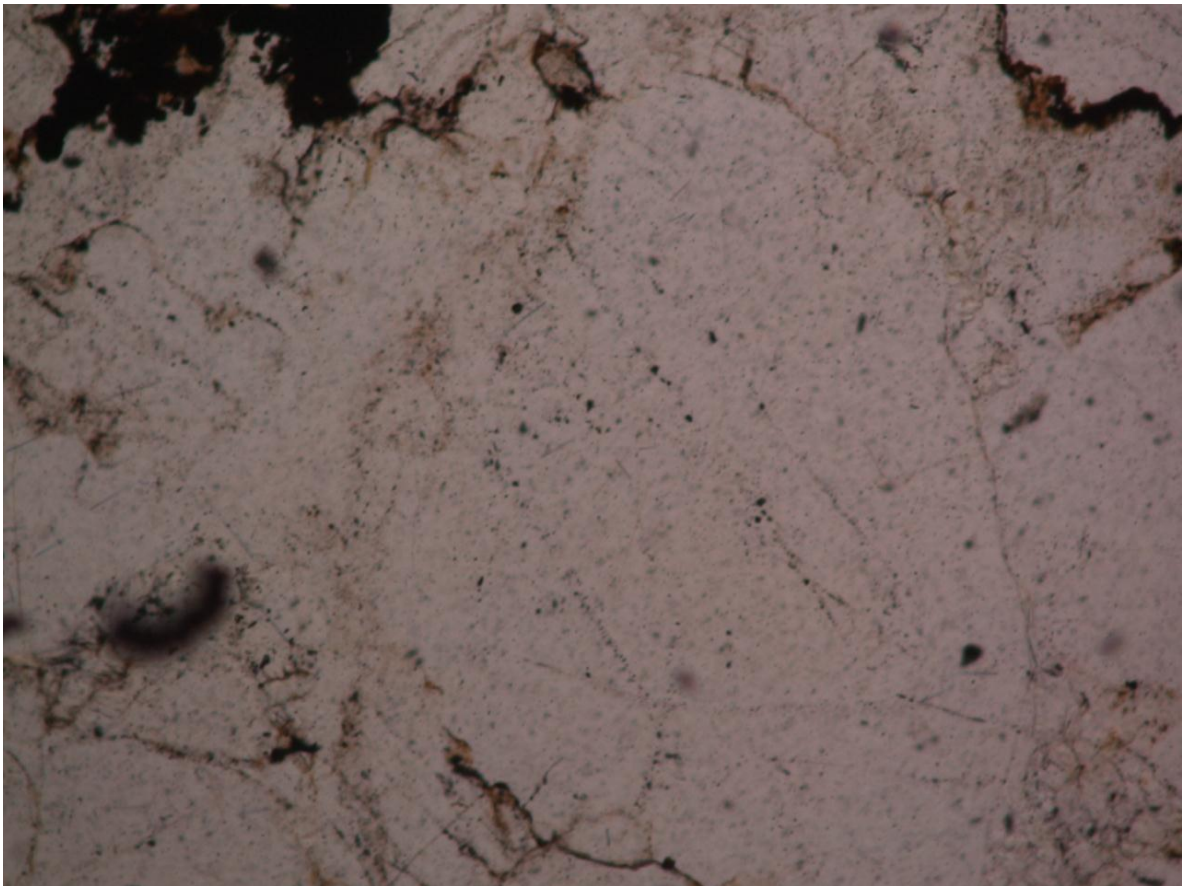
Birrefringencia: 0,050 (Muy alta)

Otros datos: En general en agregados de tamaño de grano muy fino

11. TECTOSILICATOS

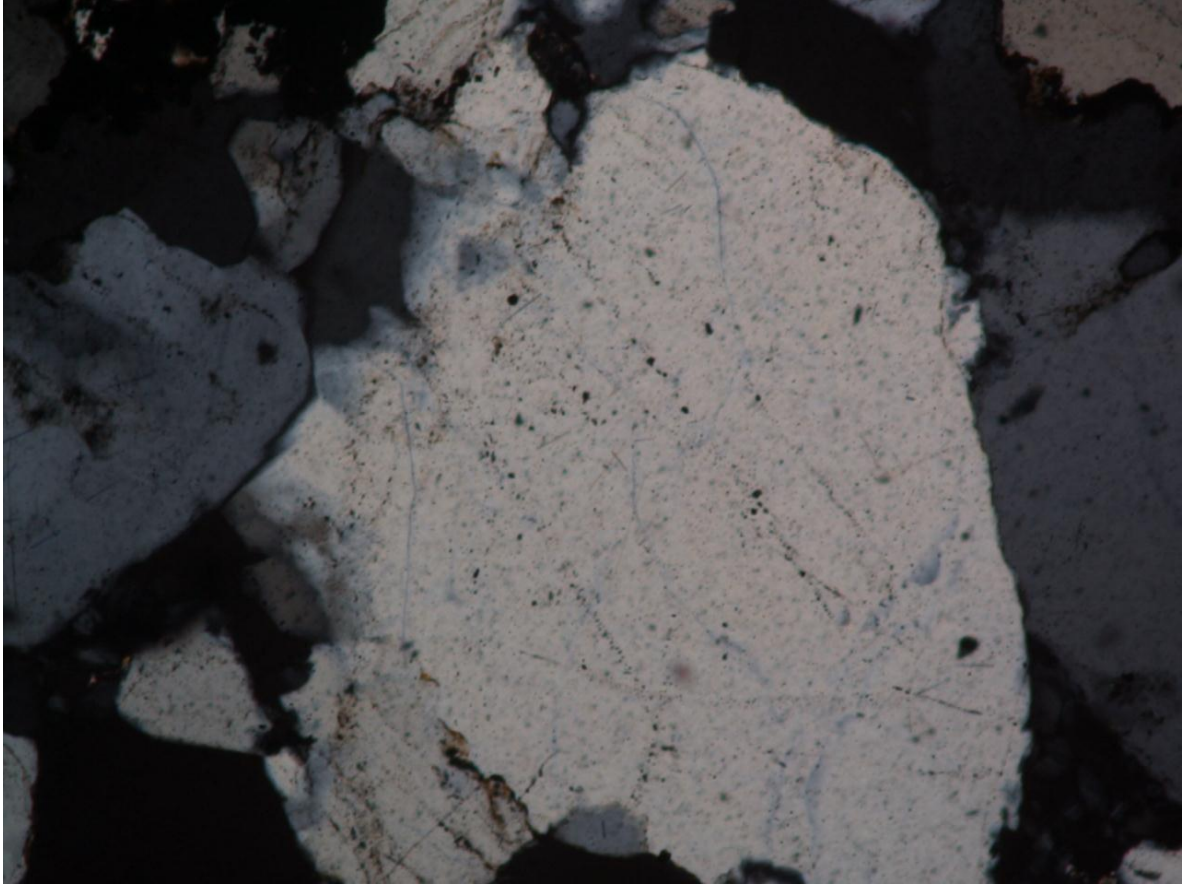
11.1 CUARZO SiO₂

Fotografía 61. Cuarzo en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CUAR-19, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 62. Cuarzo en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada CUAR-19, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: granular, subhédrico, irregular, fibroso (var. calcedonia)

Exfoliación: ausente

Maclas: comunes, raramente observables en lámina delgada

Color/Pleocroísmo: incoloro

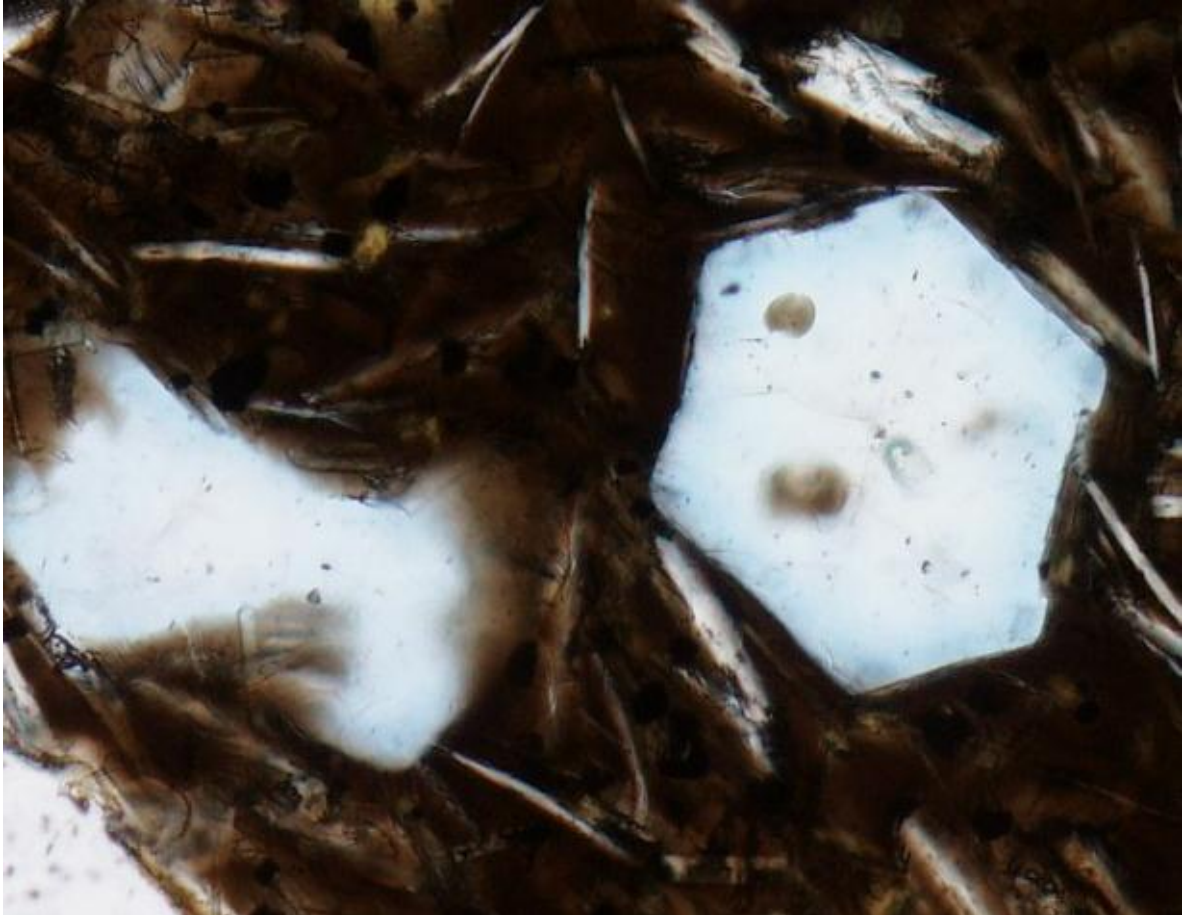
Relieve: bajo +/-

Birrefringencia: 0,009

Otros datos: Extinción ondulante común. Variedades: de grano fino o fibroso (CALCEDONIA), ágata (calcedonia bandeada), "Chert" (masivo o bandeado en roca), Jaspe (masivo, rojizo por oxi/hidróxidos)

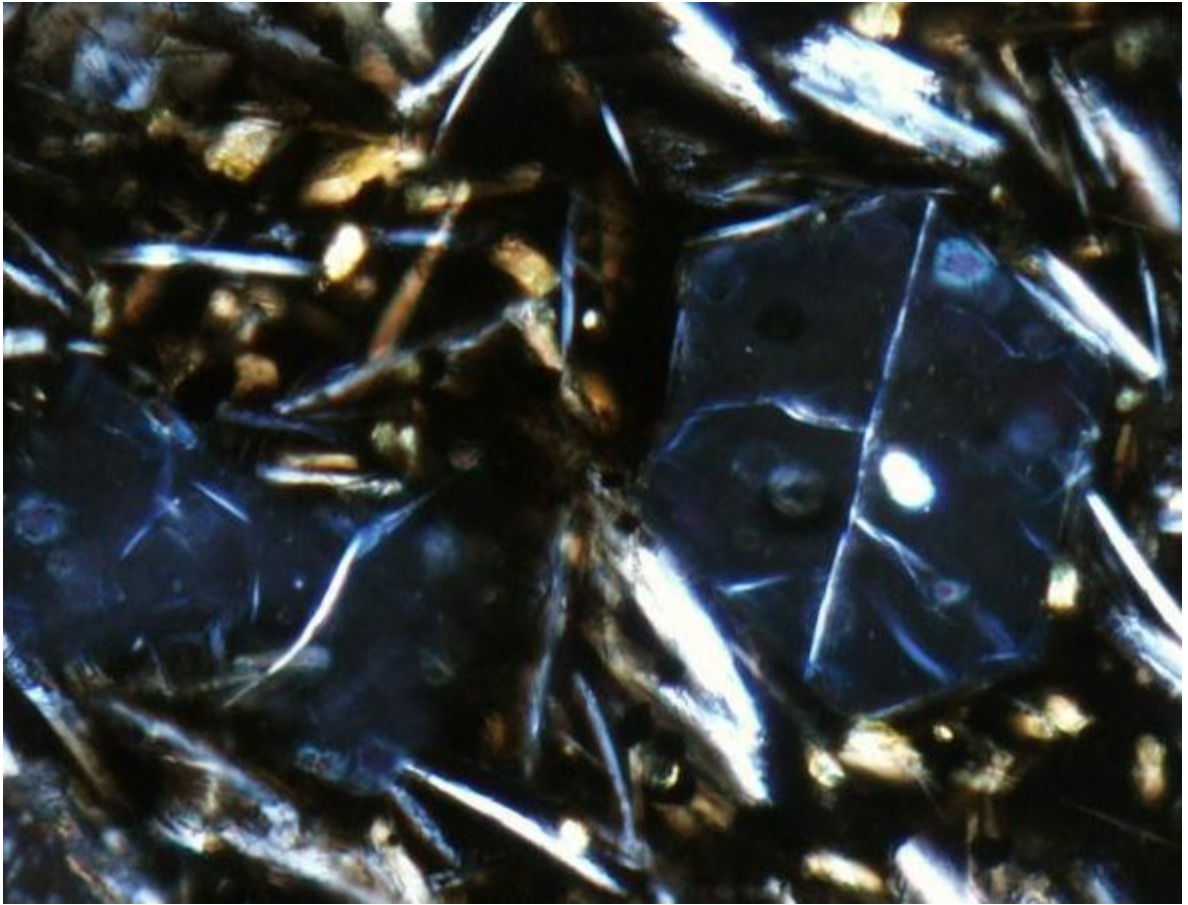
11.2 HAUYNA $(\text{Na,Ca})_4\text{-8Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4,\text{Cl})_{1-2}$

Fotografía 63. Hauyna en paralelos.



Fuente: www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/hauy.htm

Fotografía 64. Hauyna en cruzados.



Fuente: www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticameneral/paginas/hauy.htm

Hábito: granular, poligonal (dodecaédrico), anhédrico

Exfoliación: (110) pobre, poco visible

Maclas: (111) observable sólo en la forma externa

Color/Pleocroísmo: incoloro o azul pálido (Haüyna), azul (Lazurita)

Relieve: bajo -

Birrefringencia: 0

Otros datos: Pueden tener débil birrefringencia. Zonación de inclusiones.

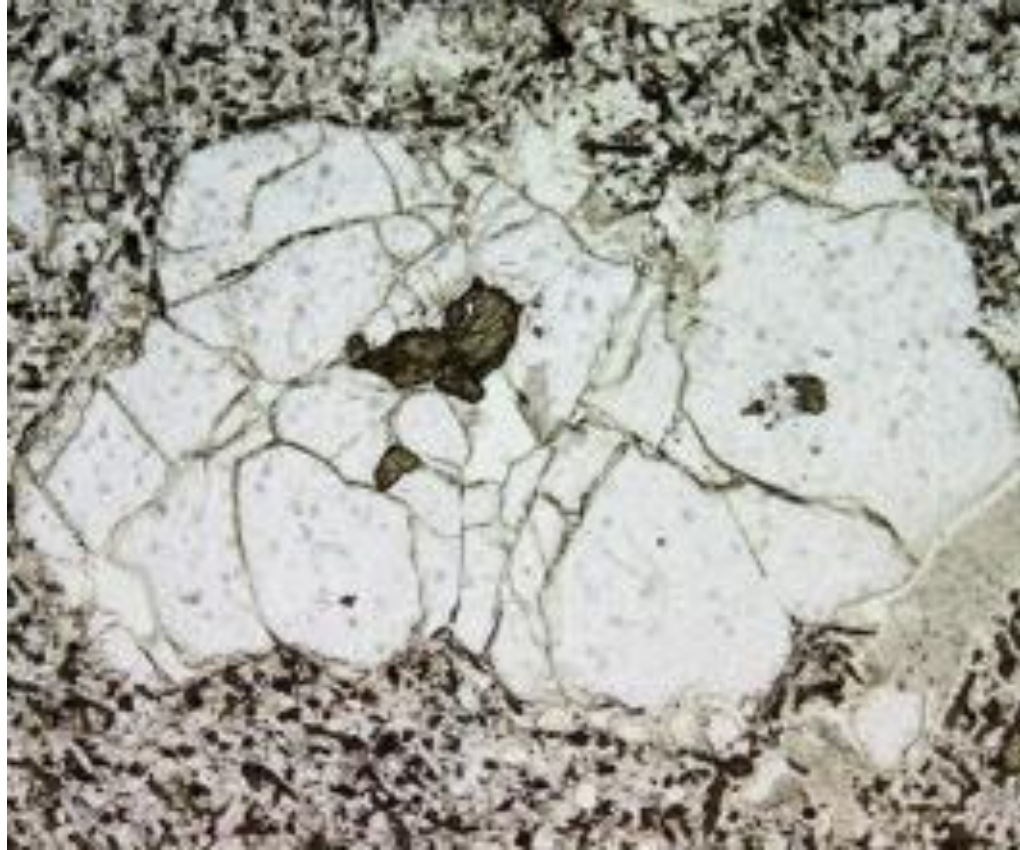
Haüyna: $N=1,496-1,508$; Lazurita (aprox. Haüyna con S): $N=1,500-1,522$.

Alteración: zeolitas, cancrinita, miner. arcilla.

Grupo de la Sodalita.

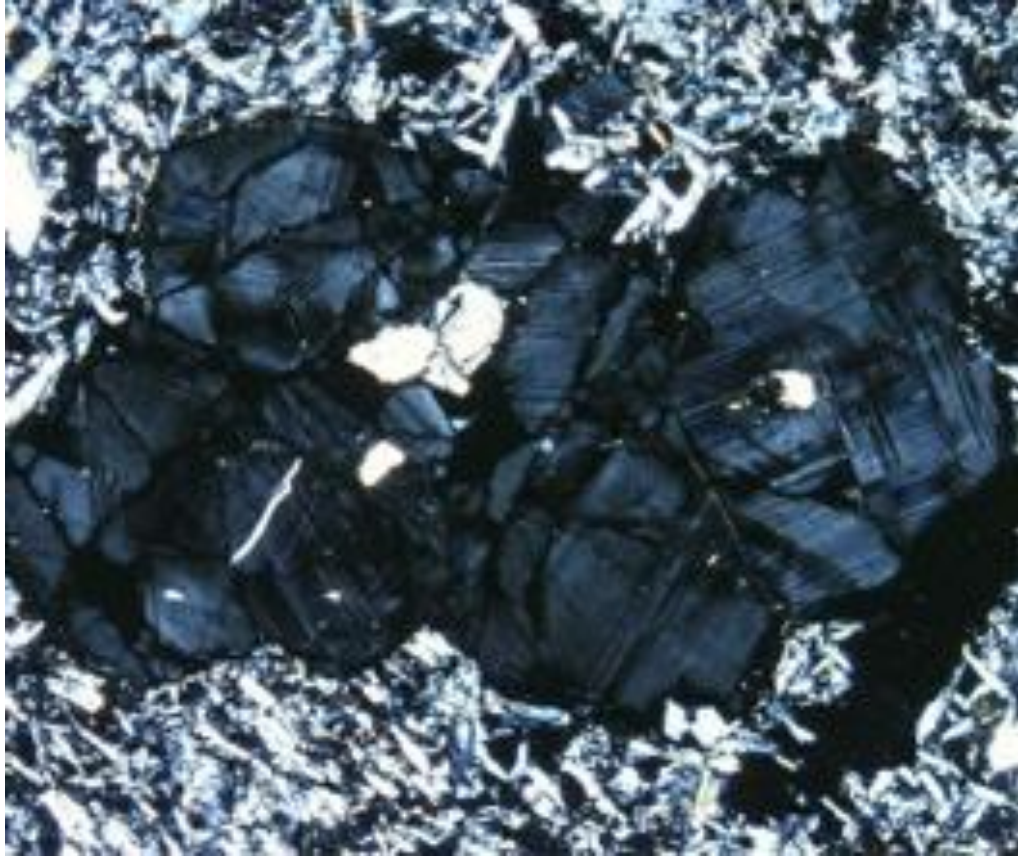
11.3 LEUCITA KAlSi_2O_6

Fotografía 65. Nefelina



Fuente: <http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/leucita.htm>

Fotografía 66. Nefelina



Fuente: <http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/leucita.htm>

Hábito: poligonal (trapezoedro) a casi circular, también anhédrico en matriz

Exfoliación: no

Maclas: muy común, (110) polisintética y compleja

Color/Pleocroísmo: incoloro

Relieve: bajo -

Birrefringencia: 0,000-0,001

Otros datos: Puede tener 2V muy pequeño.

Alteración: nefelina, FdK, analcima, miner. arcilla.

11.4 NEFELINA (K,Na)AlSiO₄

Fotografía 67 Ortoclasa



Fuente: <http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/nefel.htm>

Fotografía 68. Ortoclasa



Fuente: <http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/nefel.htm>

Hábito anhédrico, prismático corto hexagonal, intersticial.

Exfoliación: (10-10) y (0001) pobres, poco visibles

Maclas: muy común, (110) polisintética y compleja

Color/Pleocroísmo: incoloro

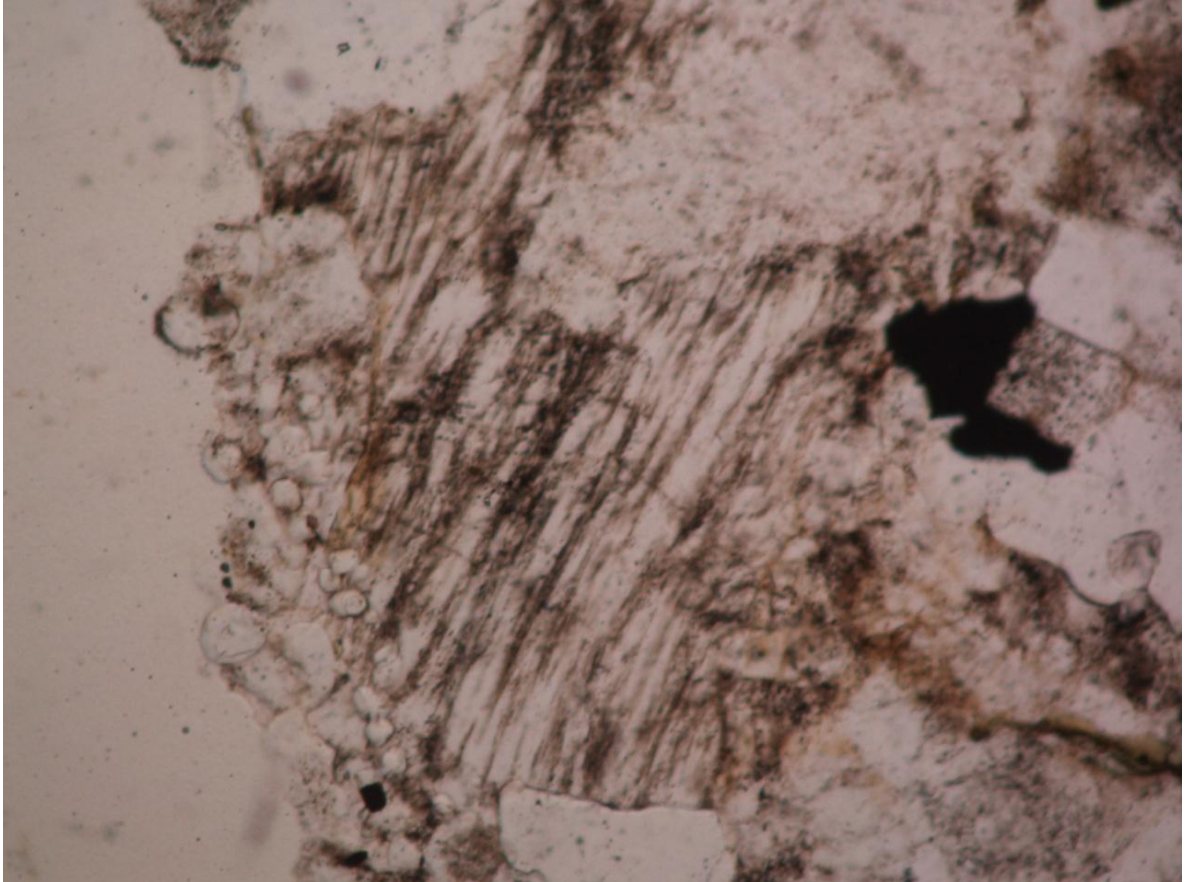
Relieve: bajo -

Birrefringencia: 0,003-0,006

Otros datos: Alteración: miner. arcilla, analcima, cancrinita, zeolitas. Distinción nefelina-kalsilita mediante rayos X o tinción.

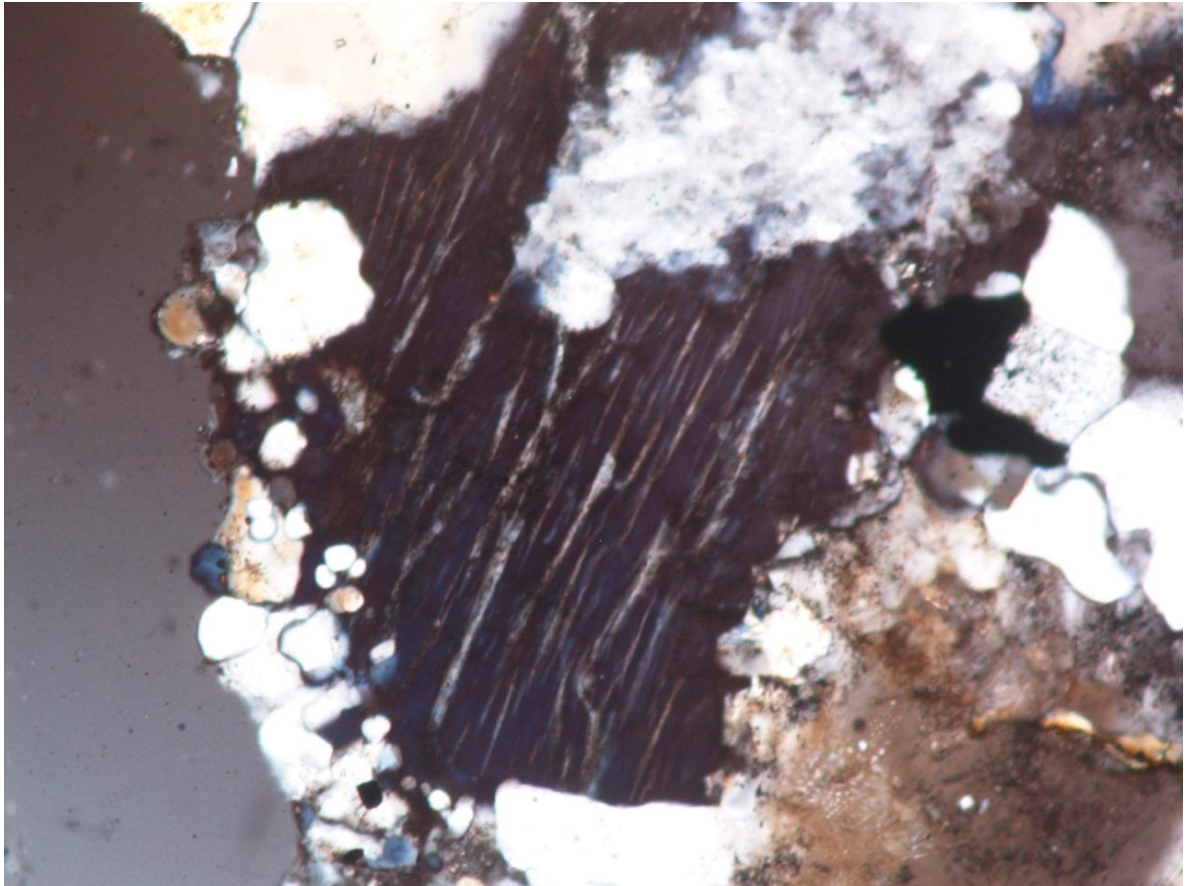
11.5 ORTOCLASA KAlSi_3O_8

Fotografía 69. Ortoclasa en paralelo.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada I-3, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 70. Ortoclasa en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada I-3, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: gen. anhédrico; cristales tabulares (010) y alargados (c,a)

Exfoliación: (001) perfecta, (010) buena, forman 90°

Maclas: común carlsbad (010) simple; también (021) y (001); nunca polisintética

Color/Pleocroísmo: incoloro (aspecto turbio por alteración)

Relieve: bajo -

Birrefringencia: 0,006

Otros datos: Extinción: común. II a (010) y máximo 13° según (001).

Algunas veces pertítica, común. criptopertítica.

Alteración: caolinita, sericita.

ADULARIA: variedad de ortoclasa, prismático (c), baja T.

11.6 PLAGIOCLASA Albita-Anortita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Fotografía 71. Plagioclasa en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada LAI-03, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 72. Plagioclasa en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada LAI-03, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: tabular (010), prismático (a,c), anhédrico

Exfoliación: (001) perfecta, (010) buena, forman 94° , (110) pobre

Maclas: polisintética albita (010) y periclina (h0l), carlsbad (010) simple

Color/Pleocroísmo: incoloro (aspecto turbio por alteración)

Relieve: bajo -/+

Birrefringencia: 0,007-0,013

Otros datos: Zonación común. Maclado puede faltar en rocas metamórficas. 2V: series de baja $T=75-90$; series de alta $T=50-90$. Alteración: depende de la composición; montmorillonita, sericita, escapolita, prehnita, zeolitas, calcita, etc.

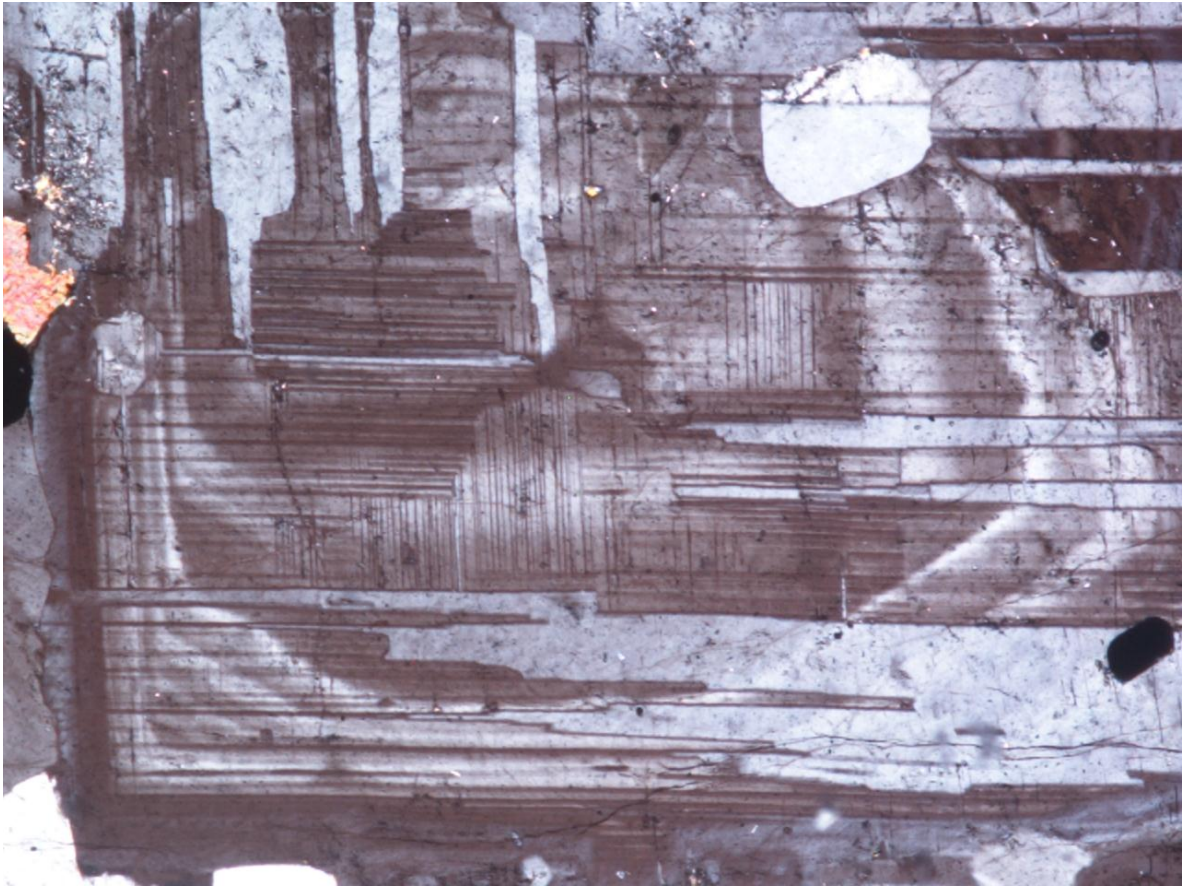
11.7 MICROCLINA

Fotografía 73. Microclina en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada PAR, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 74. Microclina en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada PAR, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Generalmente xenomorfo, aunque puede dar lugar a cristales tabulares (010) y cristales alargados paralelos al eje c o al eje a. Pertitas frecuentes

Color: Incoloro (pueden tener aspecto turbio por alteración)

Pleocroísmo: no se observa

Maclas: Maclas polisintéticas de la albita (010) y de la periclina (h0l) con un ángulo de 100° , formando un enrejado muy característico. Macla de Carlsbad frecuente, otras maclas posibles son Baveno y Manebach

Exfoliación: Perfecta en (001) y más irregular (010)

Relieve: Bajo -

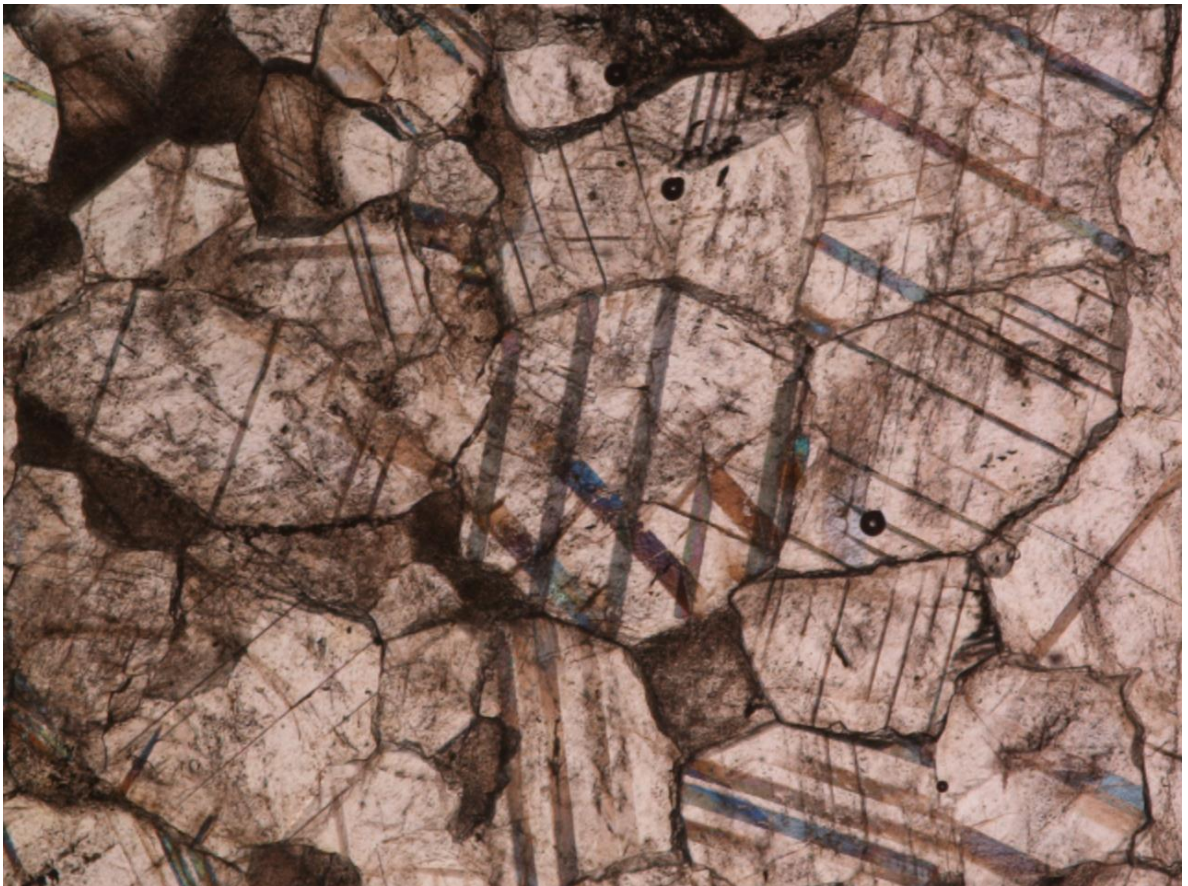
Birrefringencia: 0,007 (Muy baja)

Otros Datos: Comúnmente perfitica (exsoluciones de plagioclasa). Alteración a sericita (cristales muy pequeños de minerales de la arcilla, a veces ultramicroscópicos, dando aspecto sucio)

12. NO SILICATOS

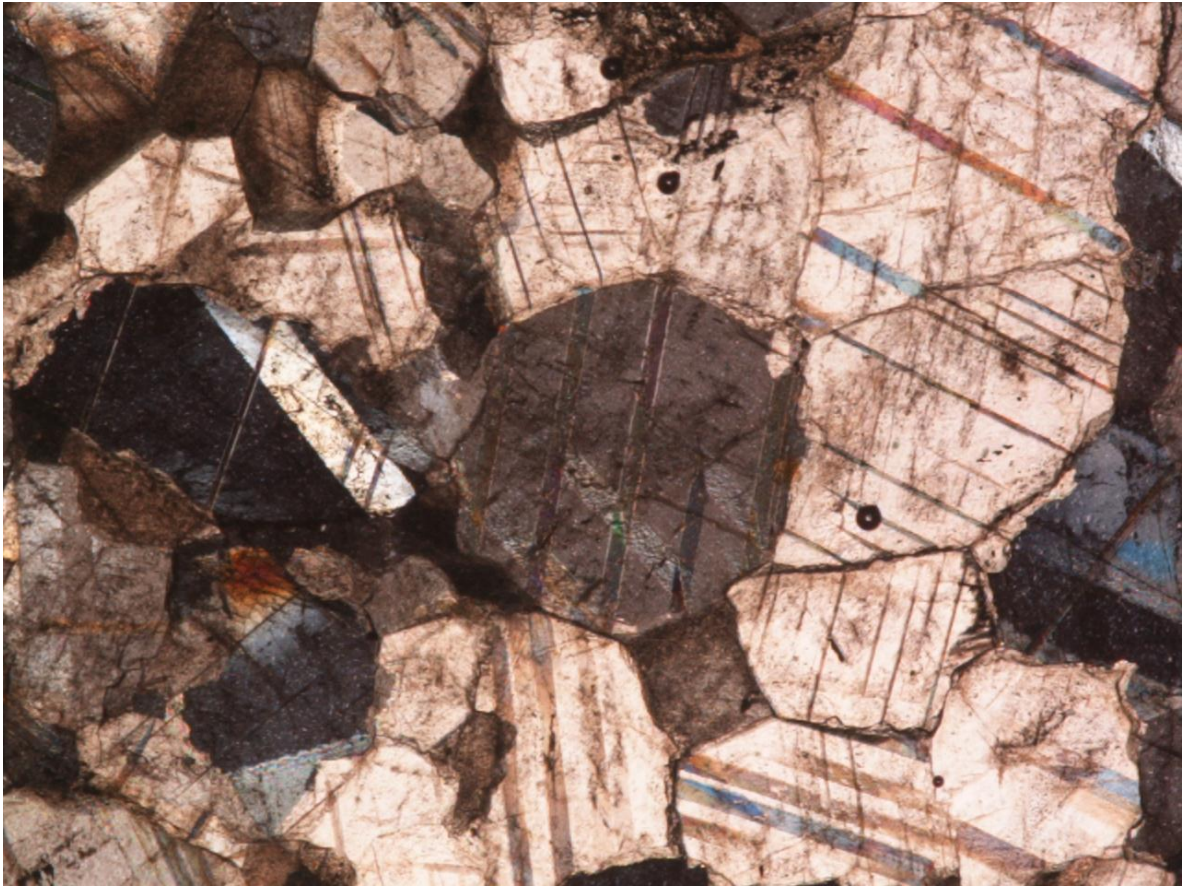
12.1 CALCITA

Fotografía 75. Calcita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada COR-9, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 76. Calcita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada COR-9, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: muy variable: granular, romboedro, masivo, esferulítico, etc.

Exfoliación: (10-11) romboédrica perfecta

Maclas: (01-12) lamelar muy común; (0001) lamelar común

Color/Pleocroísmo: incoloro (irisaciones)

Relieve: bajo-medio -/+

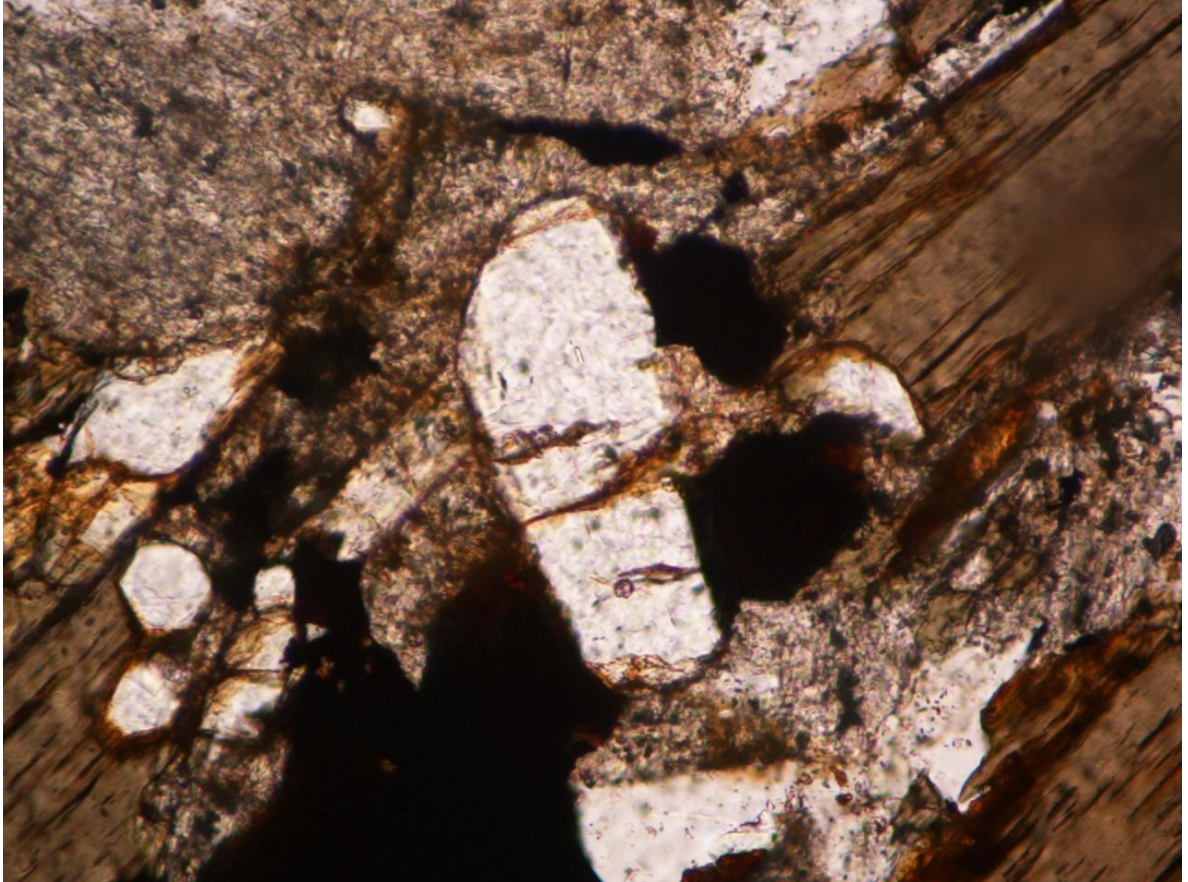
Birrefringencia: 0,172-0,19

Extinción simétrica según exfoliación.

Maclas (01-12) dan estrías II a borde y diagonal mayor del rombo de exfoliación y forman ángulo $>55^\circ$ con E' .

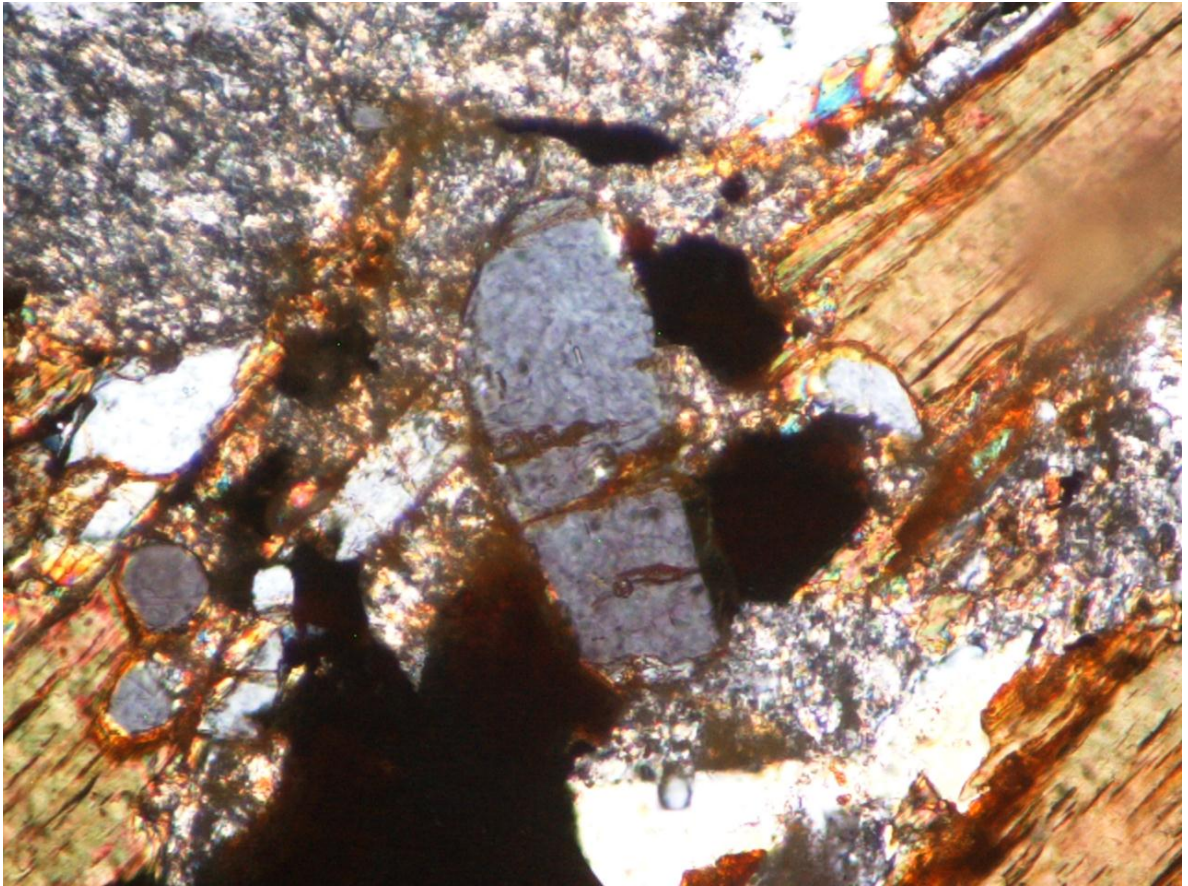
12.2 APATITO

Fotografía 77. Apatito en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada campo-2004, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 78. Apatito en cruzados



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada campo-2004, de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Hábito: prismático (c), basal hexagonal

Exfoliación: (0001) y (10-10) pobres

Maclas: rara

Color/Pleocroísmo: incoloro (raro amarillento). Pleocroísmo ausente o débil, $E > O$

Relieve: medio +

Birrefringencia: 0,001-0,007

Otros datos: Birrefringencia mínima en flúor-apatito y máxima en hidroxí-apatito.

COLOFANA: variedad criptocrist., puede aparecer isótropa.

12.3 FLUORITA

Fotografía 79. Fluorita en paralelos.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada FLUORITE de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Fotografía 80. Fluorita en cruzados.



Fuente: Microfotografía tomada de la sección delgada FLUORITE de la colección de óptica de la Universidad Industrial de Santander.

Habito: Con formas cúbicas que pueden estar modificadas por caras del octaedro o del dodecaedro, en granos xenomorfos

Color: Usualmente incoloro-gris, pero puede ser verde, azul-violeta

Pleocroísmo: No presenta

Maclas: Frecuentes, pero invisibles en lámina delgada

Exfoliación: Perfecto en las cuatro orientaciones $\{111\}$

Relieve: Medio -

Birrefringencia: 0 (ISÓTROPO)

Otros datos: El color puede aparecer con distribuciones irregulares (manchas o dando bandas paralelas a las caras del cristal).

13. CONCLUSIONES

Se elaboró un Atlas de Mineralogía Óptica con los principales minerales formadores de roca, el cual será útil como herramienta de ayuda para los estudiantes de la asignatura Mineralogía II.

La escuela de Geología cuenta con un amplio catálogo de muestras para el desarrollo de los laboratorios de mineralogía óptica.

Las muestras presentes en la colección del laboratorio de Óptica, posibilitaron la elaboración de la App del Atlas de mineralogía Óptica.

Hay minerales de los cuales no se encuentran suficientes muestras representativas para el desarrollo de las destrezas en su identificación.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, A.E., MACKENZIE W.S., GUILFORD C. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman, London, 1996 104p

ARRIBAS – MOCOROA Ma E, DE LA PEÑA BLASCO, J. A., MARFIL PERÉZ R., VARAS-MURIEL M. J., LOPEZ-ACEVEDO F.J., ESTRADA-ALIBERAS,R, Atlas digital de microscópio óptico de rocas sedimentarias. Disponible em earribas@geo.ucm.es

GIL CRESPO P., Atlas de Mineralogía Óptica, Universidad del país Vasco España. 2009

MACKENZIE, W., ADAMS A.F., . Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada. Mansson S.A., Barcelona, 1997 214p

MELGAREJO J., ALFONSO P., CAMPRUBI A., FONTAN F., MAZA S., VASQUEZ C. Atlas de asociaciones minerales en lamina delgada. Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 1997 1076p

PERKINS D., and HENKE, K. Minerales in Thin section, Prentice Hall. 2002 125

VELILLA N. Atlas de Minerales Constituyentes de Roca, Universidad de Granada

VELILLA, N. Mineralia: una base de datos de las propiedades ópticas de los minerales que forman rocas. Boletín Sociedad Española de Mineralogía, 1995