

## Características distintivas de los piroxenos más comunes

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>ENSTATITA - FERROSILITA</b> $MgSiO_3 - FeSiO_3$		O (+)(-)	0,007 - 0,020	$2V\gamma = 55-125^\circ$	Incoloro, verde a rosa pálido	$\gamma//c$ (recta)	Extinción recta, birrefringencia baja y ambiente geológico	Rocas básicas a ultrabásicas, granulitas y charnokitas
<b>PIGEONITA</b> $Ca_{0,25}(Mg,Fe)_{1,75}Si_2O_6$		M (+)	0,023 - 0,029	$2V\gamma = 0-30^\circ$	Incoloro	$\gamma^{\wedge}c = 37-44^\circ$	$2V\gamma$ bajo	Rocas volcánicas intermedias a básicas. En rocas plutónicas se invierte a ortopiroxeno.
<b>DIÓPSIDO - HEDENBERGITA</b> $CaMgSi_2O_6 - CaFeSi_2O_6$		M (+)	0,018 - 0,034	$2V\gamma = 50-62^\circ$	Incoloro (diópsido) a verde marrónáceo (hedenbergita)	$\gamma^{\wedge}c = 38-48^\circ$	Indistinguible de la augita, excepto por su ambiente geológico	Rocas metamórficas calcosilicatadas (Skarns)
<b>AUGITA</b> $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$		M (+)	0,024 - 0,030	$2V\gamma = 25-61^\circ$	Incoloro a verde pálido, marrón violáceo pálido (Ti-augita)	$\gamma^{\wedge}c = 35-48^\circ$	$2V\gamma >$ que el de la pigeonita y más coloreado	Rocas ígneas básicas a ultrabásicas y granulitas
<b>JADEITA</b> $NaAlSi_2O_6$		M (+)(-)	0,006 - 0,021	$2V\gamma = 60-96^\circ$	Incoloro	$\gamma^{\wedge}c = 32-55^\circ$	Birrefringencia relativamente baja y ambiente geológico	Rocas metamórficas de alta presión y baja temperatura con albita (y glaucofana)
<b>AEGIRINA</b> $NaFe^{3+}Si_2O_6$		M (-)	0,040 - 0,060	$2V\alpha = 60-70^\circ$	Verde a verde amarillento	$\alpha^{\wedge}c = 0-10^\circ$	Color, ángulo de extinción y elongación negativa	Rocas ígneas alcalinas con anfíboles alcalinos y feldespatoideos
<b>ESPODUMENA</b> $LiAlSi_2O_6$		M (+)	0,014 - 0,027	$2V\gamma = 58-68^\circ$	Incoloro	$\gamma^{\wedge}c = 20-26^\circ$	Ángulo de extinción relativamente bajo y ambiente geológico	Pegmatitas evolucionadas con otros minerales de litio (lepidolita)

NOTAS: Sistema: O = ortorrómbico, M = monoclinico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor

## Características distintivas de los anfíboles más comunes

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>ANTOFILITA</b> $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$		O (+)(-)	0,013 - 0,028	$2V\gamma = 58-90^\circ$ $2V\alpha = 65-90^\circ$	Incoloro a marrón amarillento pálido	$\gamma//c$ (recta)	Extinción recta y ambiente geológico	Rocas metamórficas de la facies anfibolita. Peridotitas serpentinizadas
<b>CUMMINGTONITA-GRUNERITA</b> $\text{Fe}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$		M (+)(-)	0,016 - 0,045	$2V\gamma = 65-96^\circ$	Incoloro a verde pálido	$\gamma^{\wedge}c = 10-21^\circ$	Extinción oblicua. Maclado lamelar múltiple sobre (100)	Metabasitas. "Iron formations" comúnmente asociada con hornblenda
<b>TREMOLITA-FERROACTINOLITA</b> $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - $\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$		M (-)	0,017 - 0,027	$2V\alpha = 62-86^\circ$	Incoloro a verde	$\gamma^{\wedge}c = 10-28^\circ$	Birrefringencia más baja que la cummingtonita, signo óptico negativo y maclas menos frecuentes	Rocas metamórficas calcosilicatadas. Como producto de alteración de piroxenos
<b>HORNBLENDA</b> $(\text{Ca,Na})_{2-3}(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$		M (-)(+)	0,014 - 0,034	$2V\alpha = 15-124^\circ$	Marrón a verde amarillento o azulado	$\gamma^{\wedge}c = 12-34^\circ$	No es fácil de distinguir de la actinolita, pero el color más intenso y el ángulo de extinción más alto pueden servir para la determinación	Rocas ígneas intermedias a básicas y anfibolitas
<b>KAERSUTITA</b> $(\text{Na,K})\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_4(\text{Ti,Fe}^{3+})(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{O,OH,F})_2$		M (-)	0,020 - 0,080	$2V\alpha = 66-82^\circ$	Marrón amarillento a marrón rojizo	$\gamma^{\wedge}c = 0-19^\circ$	Color y pleocroísmo, ambiente geológico	Rocas volcánicas alcalinas
<b>GLAUCOFANA-RIEBECKITA</b> $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$		M (+)(-)	0,006 - 0,029	$2V\alpha = 10-45^\circ$ (Glauc.) $2V\gamma = 0-135^\circ$ (Rieb.)	Incoloro a azul lavanda (Glauc.) Verde amarillento a azul profundo-negro (Rieb.)	$\gamma^{\wedge}c = 4-14^\circ$ $\alpha^{\wedge}c = 0-22^\circ$	Color y pleocroísmo, ambiente geológico. En la riebeckita la elongación es negativa	La glaucofana en rocas metamórficas de alta presión y baja temperatura. La riebeckita en rocas ígneas alcalinas
<b>ARFVEDSONITA</b> $\text{NaNa}_2\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$		M (+)(-)	0,005 - 0,012	$2V\alpha = 8-87^\circ$	Verde amarillento a azul oscuro	$\alpha^{\wedge}c = 0-50^\circ$	Color, elongación negativa, plano óptico perpendicular a (010). Generalmente el ángulo de extinción es más alto que en la riebeckita	Rocas ígneas alcalinas

NOTAS: Sistema: M = monoclínico, O = ortorrómbico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor

## Características distintivas de los filosilicatos más comunes

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>BIOTITA</b> $K(Fe,Mg)_3(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2$		M (-)	0,028 - 0,070	$2V\alpha = 0-25^\circ$	Marrón amarillento o verdoso a marrón rojizo	$\gamma//a$ , recta (en ojo de perdiz)	Color y 2V bajo	Rocas metamórficas y granitoides
<b>FLOGOPITA</b> $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2$		M (-)	0,028 - 0,049	$2V\alpha = 0-15^\circ$	Incoloro a amarillo pálido, marrón amarillento	$\gamma//a$ , recta (en ojo de perdiz)	Color, menor 2V que la moscovita, pleocroísmo más suave que la biotita, ambiente geológico	Mármoles dolomíticos y rocas ultrabásicas alteradas
<b>MOSCOVITA</b> $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		M (-)	0,035 - 0,049	$2V\alpha = 28-47^\circ$	Incoloro	$\beta//a$ , recta (en ojo de perdiz)	Color de interferencia, extinción	Rocas metamórficas, rocas graníticas peralumínicas y pegmatitas
<b>LEPIDOLITA</b> $K(Li,Al)_{2-3}(AlSi_3O_{10})(O,OH,F)_2$		M (-)	0,018 - 0,038	$2V\alpha = 0-58^\circ$	Incoloro a rosa pálido	$\gamma//a$ , recta (en ojo de perdiz)	Birrefringencia menor que la moscovita y color, ambiente geológico	Pegmatitas con minerales de litio
<b>MARGARITA</b> $CaAl_2(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$		M (-)	0,010 - 0,014	$2V\alpha = 40-67^\circ$	Incoloro	$\alpha$ o $\gamma//a$ (recta)	Birrefringencia baja, ambiente geológico	Rocas metamórficas aluminicas y micaesquistos
<b>PIROFILITA</b> $Al_2SiO_4O_{10}(OH)_2$		M, Tric. (-)	0,044 - 0,062	$2V\alpha = 53-62^\circ$	Incoloro	$\beta//a$ (recta)	2V mayor que la moscovita	Rocas metamórficas ricas en aluminio (grado muy bajo). Producto de alteración hidrotermal de minerales aluminicos
<b>TALCO</b> $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$		M (-)	0,040 - 0,050	$2V\alpha = 0-30^\circ$	Incoloro	$\beta//a$ (recta)	2V menor que la pirofilita y la moscovita, ambiente geológico	Metabasitas de grado bajo, metamorfismo de dolomías silíceas. Como producto de alteración de rocas ultrabásicas
<b>CLORITA (grupo)</b> $(Mg,Fe,Al,Li,Mn,Ni)_{4-6}(Si,Al,B,Fe)_4O_{10}(OH,O)_8$		M (+)(-)	0,000 - 0,020	$2V\alpha$ o $\gamma = 0-60^\circ$	Vede claro a incoloro	$\alpha$ o $\gamma//a$ (recta)	2V bajo, color, birrefringencia baja (los colores de interferencia anómalos, multiazul-violeta o marrón son frecuentes)	Rocas metamórficas de grado bajo. Como producto de alteración de minerales ferromagnesianos. Venas hidrotermales

NOTAS: Sistema: M = monoclinico, Tric. = Triclinico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\beta = Y$  = índice intermedio,  $\alpha = X$  = índice menor

## Características distintivas de los silicatos típicos de rocas metamórficas

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>ANDALUCITA</b> $Al_2SiO_5$		O (-)	0,009 - 0,013	$2V\alpha = 73 - 86^\circ$	Incoloro o rosa	$a//c$ (recta)	Birrefringencia baja, elongación negativa y signo óptico positivo	Rocas metamórficas de baja y media temperatura (de baja presión), granitos peralumínicos y y pegmatitas
<b>SILLIMANITA</b> $Al_2SiO_5$		O (+)	0,018 - 0,022	$2V\gamma = 21 - 30^\circ$	Incoloro	$\gamma//c$ (recta)	Birrefringencia alta, elongación positiva y signo óptico positivo	Rocas metamórficas de grado alto
<b>CIANITA (DISTENA)</b> $Al_2SiO_5$		Tric. (-)	0,012 - 0,016	$2V\alpha = 78 - 83^\circ$	Incoloro a azul pálido	$\alpha^c(100)=27-32^\circ$ $\alpha^c(010)=5-8^\circ$	Extinción oblicua, birrefringencia menor que la sillimanita, color	Rocas metamórficas de media alta presión
<b>GRANATE (Grupo)</b> $A_3B_2(SiO_4)_3$ A= Mg, Fe, Mn, Ca y B= Al, Fe, Cr		C	isótropo		Incoloro o ligeramente coloreado (crema-rosa, amarillo, verde o marrón)		Isotropía y relieve, ambiente geológico Algunas variedades (grosularia-andradita) pueden presentar una ligera anisotropía	Rocas metamórficas (esquistos y gneises, eclogitas, skarns), como accesorio en rocas ígneas (pegmatitas y granitos)
<b>CORDIERITA</b> $(Mg,Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$		O (-)	0,005 - 0,017	$2V\alpha = 35 - 106^\circ$	Incoloro	$a//c$ (recta)	Alteración característica (a pinnita), halos pleocroicos en inclusiones de circón o apatito	Rocas metamórficas de contacto, gneises son sillimanita-granate, granitos peralumínicos
<b>ESTAUROLITA</b> $Fe_2Al_3O_6(SiO_4)_4(O,OH)_2$		M (+)	0,011 - 0,014	$2V\gamma = 80 - 90^\circ$	Incoloro a amarillo	$\gamma \approx //c$ (recta)	Color, extinción recta birrefringencia moderada y 2V alto	Rocas metamórficas de grado medio (esquistos pelíticos)
<b>CLORITOIDE</b> $(Fe^{2+},Mg, Mn)_2(Al,Fe^{3+})Al_3O_2(SiO_4)_2(OH)_4$		M, Tric. (+)(-)	0,005 - 0,022	$2V\gamma = 37 - 124^\circ$	Incoloro a verde o azulado	$\gamma^c = 2-30^\circ$	Color, elongación negativa, maclado lamelar frecuente	Rocas metamórficas de grado bajo a medio

NOTAS: Sistema: O = ortorrómbico, Tric. = Triclínico, C = cúbico, M = monoclinico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor

## Características distintivas de los silicatos de metamorfismo

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>ZOISITA</b> $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_7 \cdot \text{AlOH}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)$		O (+)	0,003 - 0,008	$2V\gamma = 0-69^\circ$	Incoloro	$\gamma // c$ (recta)	Birrefringencia muy baja con colores de interferencia blancos y grises de 1er orden o azules (anómalos)	Rocas metamórficas de grado medio con plagioclasa, anfíbol, granate,...
<b>CLINOZOISITA</b> $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_7 \cdot \text{AlOH}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)$		M (+)	0,005 - 0,015	$2V\gamma = 14-90^\circ$	Incoloro	$\alpha^c = 0-7^\circ$	Colores de interferencia azul pálido a amarillo pálido	Rocas metamórficas de grado bajo y como producto de alteración de plagioclasas
<b>EPIDOTA</b> $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_7 \cdot (\text{Al, Fe}^{3+})(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{OH})$		M (-)	0,025 - 0,051	$2V\alpha = 64-90^\circ$	Incoloro, verde amarillento, amarillo	$\alpha^c = 0-11^\circ$	Colores de interferencia anómalamente fuertes	Rocas metamórficas de grado bajo-medio y como producto de alteración de plagioclasas
<b>PREHNITA</b> $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$		O (+)	0,020 - 0,035	$2V\gamma = 64-71$	Incoloro	$\gamma // c$ (recta)	Microestructura en reloj de arena y colores de interferencia anómalos	Cavidades, amígdalas y venas en rocas basálticas con ceolitas, calcita, etc., y r. metamórficas de grado muy bajo con pumpellita
<b>PUMPELLITA</b> $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe}^{2+})\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$		M (+)(-)	0,010 - 0,020	$2V\gamma = 7-110^\circ$	Incoloro, verde pálido, amarillo pálido	$\gamma^c \sim 4-30^\circ$	Similar a la epidota, pero los colores de interferencia son menos fuertes y es B(+)	Rocas metamórficas de grado muy bajo con prehnita, y típico de la facies de los esquistos con glaucofana
<b>LAWSONITA</b> $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$		O (+)	~0,020	$2V\gamma = 76-87^\circ$	Incoloro	$\alpha // c$ (recta)	Similar a la clinozoisita, pero sin colores de interferencia anómalos; Exfoliación perfectas (010) y (001)	Característico de la facies de los esquistos azules con jadeita y glaucofana
<b>ESCAPOLITA</b> $(\text{Na, Ca, K})[\text{Al}_3(\text{Al, Si})_3\text{Si}_6\text{O}_{24}]$ (Cl <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> )		HR (-)	0,005 - 0,036	Uniáxico	Incoloro	$\epsilon (< \omega) // c$	Relieve bajo; exfoliación buena (100) y (110)	Mármoles y skarns
<b>VESUBIANITA</b> $\text{Ca}_{19}(\text{Al, Fe})_{10}(\text{Mg, Fe})_3(\text{SiO}_4)_{10}$ $(\text{Si}_2\text{O}_7)_4(\text{O, OH, F})_{10}$		HR (-)	~0,004	Uniáxico	Incoloro, amarillo pálido o marrón pálido	$\epsilon (< \omega) // c$	Relieve alto, a veces con colores de interferencia azulados y marrones	Skarns y rocas calcosilicatadas

NOTAS: Sistema: O = ortorrómbico, M = monoclinico HR = hexagonal romboédrico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor,  $\epsilon$  = rayo extraordinario,  $\omega$  = rayo ordinario

## Características distintivas de los minerales accesorios más frecuentes

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>TURMALINA (GRUPO)</b> <b>(Na,Ca)(Li,Mg,Al)<sub>3</sub>(Al,Fe,Mn)<sub>6</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>(Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)(OH,F)<sub>4</sub></b>		HR (-)	0,015 - 0,035	Uniáxico	Marrón anaranjado, verdoso a azulado, incoloro (con pleocroísmo inverso)	$\epsilon (<\omega) // c$	Color y pleocroísmo (inverso), signo óptico	Pegmatitas graníticas, rocas ígneas ácidas (granitos y apaitas) y metamórficas (esquistos y gneises)
<b>ALLANITA</b> <b>(Ca,Ce,La)<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>,Fe<sup>3+</sup>)(Al<sub>2</sub>,Fe<sup>3+</sup>)O(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(SiO<sub>4</sub>)(OH)</b>		M (-)(+)	0,013 - 0,036	2V $\alpha$ = 40 - 123°	Marrón claro-anaranjado	$\gamma^a = 26-72^\circ$	Color, relieve	En granitos, granodioritas, sienitas, dioritas y en sus equivalentes volcánicos.
<b>ZIRCÓN</b> <b>ZrSiO<sub>4</sub></b>		Tet. (+)	0,042 - 0,065	Uniáxico	Incoloro	$\epsilon (>\omega) // c$	Relieve, birrefringencia	Rocas ígneas graníticas, granodioritas y sienitas. Calizas cristalinas, gneises y esquistos
<b>TITANITA (ESFENA)</b> <b>CaTiOSiO<sub>4</sub></b>		M (+)	0,100 - 0,192	2V $\gamma$ = 17 - 40°	Marrón claro, amarillo, anaranjado, incoloro, rosáceo	$\gamma^c = 36-51^\circ$	Relieve, color, birrefringencia y hábito	Rocas ígneas graníticas, dioritas sienitas y sienitas nefelínicas, también en rocas metamórficas (gneises, esquistos, anfibolitas y calizas metamórficas)
<b>APATITO</b> <b>Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F,Cl,OH)</b>		H (-)	0,001 - 0,007	Uniáxico	Incoloro	$\epsilon (<\omega) // c$	Relieve, birrefringencia baja y hábito	Rocas ígneas y metamórficas
<b>RUTILO</b> <b>TiO<sub>2</sub></b>		Tet. (+)	0,286 - 0,296	Uniáxico	Marrón amarillento	$\epsilon (>\omega) // c$	Relieve, color	Rocas metamórficas
<b>MONACITA</b> <b>(Ce, La, Th) PO<sub>4</sub></b>		M (+)	0,045 - 0,075	2V $\gamma$ = 6 - 19°	Marrón amarillento a amarillo	$\gamma^c = 0-10^\circ$	Color, birrefringencia alta	Accesorio en rocas graníticas y pegmatíticas

NOTAS: Sistema: HR = hexagonal romboédrico, M = monoclinico, Tet. = tetragonal, H = hexagonal, C = cúbico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor,  $\epsilon$  = rayo extraordinario,  $\omega$  = rayo ordinario

## Características distintivas de los minerales accesorios menos frecuentes

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>BERILO</b> $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$		H (-)	0,003 - 0,009	Uniáxico	Incoloro	$\epsilon (<\omega) // c$	Signo óptico, ambiente geológico	Pegmatitas graníticas, más raro en esquistos micáceos
<b>BRUCITA</b> $\text{Mg}(\text{OH})_2$		HR (+)	0,010 - 0,021	Uniáxico	Incoloro a marrón muy claro	$\epsilon (>\omega) // c$	Hábito fibroso, ambiente geológico	Mármoles impuros (skarns) formado por alteración de periclasa, serpentinitas
<b>CASITERITA</b> $\text{SnO}_2$		Tet. (+)	0,090 - 0,100	Uniáxico	Marrón rojizo a marillento	$\epsilon (>\omega) // c$	Relieve color y birrefringencia	Rocas ígneas ácidas (granitos, greisen, pegmatitas), venas hidrotermales de alta temperatura
<b>CORINDÓN</b> $\text{Al}_2\text{O}_3$		HR (-)	0,008 - 0,009	Uniáxico	Incoloro a azul pálido	$\epsilon (<\omega) // c$	Relieve	Rocas ígneas pobres en sílice, sienitas y pegmatitas asociadas, en rocas metamórficas carbonatadas y pelíticas de alto grado
<b>DUMORTIERTA</b> $\text{Al}_{27}\text{O}_6(\text{BO}_3)_4(\text{SiO}_4)_{12}(\text{OH})_3$		R (-)	0,110 - 0,370	$2V\alpha = 13 - 55$	De incoloro a azul-violeta, verde o marrón	$n\alpha // c$ (recta)	Color y pleocroísmo	En pegmatitas graníticas, aplitas y venas de cuarzo. En rocas metamórficas como gneisses, cuarcitas y esquistos pelíticos
<b>PERICLASA</b> $\text{MgO}$		C	Isótropo		Incoloro a amarillento-marrón		Isotropía y relieve, ambiente geológico	Metamorfismo de alta temperatura de dolomías o calizas magnesianas
<b>ESPINELA (GRUPO)</b> $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ( $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ , $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ , $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ )		C	Isótropo		Incoloro, verde, marrón a opaco		Isotropía, color y relieve	Rocas metamórficas ricas en aluminio y pobres en sílice, carbonatadas (skarn) y en esquistos. En granulitas
<b>TOPACIO</b> $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F},\text{OH})_2$		R (+)	0,008 - 0,011	$2V\gamma = 48 - 68$	Incoloro	$n\gamma // c$ (recta)	Exfoliación y relieve, ambiente geológico	En rocas ácidas volcánicas e intrusivas, pegmatitas. Depósitos hidrotermales de alta temperatura

NOTAS: Sistema: H = hexagonal, HR= hexagonal romboédrico, Tet. = tetragonal, R = ortorrómbico, C = cúbico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor,  $\epsilon$  = rayo extraordinario,  $\omega$  = rayo ordinario

## Características distintivas de los minerales accesorios (carbonatos, sulfatos y fluoruros más frecuentes)

MINERAL	Propiedades	Simetría y signo óptico	Birrefring.	Ángulo 2V	Color y pleocroísmo	Extinción	Características de identificación	Ambiente geológico
<b>YESO</b> $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		M (+)	0,010	$2V\gamma \sim 58^\circ$	Incoloro	$a^{\wedge}c = 38^\circ$	Relieve (-) y birrefringencia baja	Evaporitas con sal gema y anhidrita, calizas, pizarras y en ambientes hidrotermales-volcánicos
<b>ANHIDRITA</b> $\text{CaSO}_4$		O (+)	$\sim 0,040$	$2V\gamma = 42-44^\circ$	Incoloro	$\epsilon (>\omega) // c$	Extinción recta y birrefringencia alta	Evaporitas con sal gema y yeso calizas, pizarras y en ambientes hidrotermales-volcánicos
<b>BARITA</b> $\text{BaSO}_4$		O (+)	0,010	$2V\gamma = 37^\circ$	Incoloro	$\epsilon (>\omega) // c$	Exfoliación (001):(010) = $90^\circ$ ; (210):(2-10) = $78^\circ$	Venas hidrotermales con calcita, cuarzo, fluorita,...; depósitos exhalativos sedimentarios
<b>FLUORITA</b> $\text{CaF}_2$		C	Isótropo		Incoloro, verde, azul-violeta		Isótropo, relieve negativo, exfoliación octaédrica	En rocas ígneas graníticas, pegmatitas o en sienitas. Venas hidrotermales
<b>CALCITA</b> $\text{CaCO}_3$		HR (-)	0,170	Uniaxico	Incoloro	Simétrica $\epsilon (<\omega) // c$	Alta birrefringencia, exfoliación y maclado paralelo a las aristas y a la diagonal mayor de los rombos	Calizas, mármoles y como producto de alteración de plagioclasas
<b>ARAGONITO</b> $\text{CaCO}_3$		O (-)	0,152	$2V\alpha \sim 18^\circ$	Incoloro	$\epsilon (<\omega) // c$	Carácter biaxico y extinción recta	Menos frecuente que la calcita. Conchas de invertebrados. Cavidades en rocas volcánicas con ceolitas. Rocas metamórficas de la facies de los esquistos con glaucofana
<b>DOLOMITA</b> $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		HR (-)	0,180	Uniaxico	Incoloro	Simétrica $\epsilon (<\omega) // c$	Maclado paralelo a las dos diagonales de los rombos	Dolomías y mármoles de grado bajo-medio. Carbonatitas

NOTAS: Sistema: M = monoclínico, O = ortorrómbico, C = cúbico, HR = hexagonal romboédrico. Índices de refracción:  $\gamma = Z$  = índice mayor,  $\alpha = X$  = índice menor,  $\epsilon$  = rayo extraordinario,  $\omega$  = rayo ordinario

### BIBLIOGRAFÍA

- DEER, W. A., HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J. (1992): An Introduction To The Rock-Forming Minerals. Longman, (2nd. Edition). Longman, Londres.
- EHLERS, E.G. (1987) Optical Mineralogy: Mineral Descriptions. (Blackwell Science Inc.).
- NESSE, W.D. (2004): Introduction to Optical Mineralogy. (Oxford University Press).
- ROUBAULT, M., FABRIES, J., TOURET Y WEISBROD, A. (1963): Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Editions Lamarre-Poinat.
- TRÖGER, W. E. (1979): Optical determination of the rock-forming minerals. Part I, Determinative Tables. Schweizerbart. Stuttgart.