

ACTIVIDAD PRÁCTICA Nº 6

Temas: Minerales de las Clase VIII: Silicatos

Objetivos del Práctico:

- 1- Realizar la determinación de propiedades físicas de muestras minerales para la identificación de minerales **Silicatos**.

Actividades

- 1- Sobre muestras mineralógicas de mano, se deberá determinar, aplicando una marcha sistemática, todas las propiedades físicas posibles, entrando los datos ordenadamente en tablas determinativas (por ej. Dana) para la definición de al menos 3 posibles especies minerales.

Materiales necesarios (deben ser llevados por el alumno): moneda o alambre de cobre, trozo de vidrio, aguja, clavo u hoja afilada de acero (cutter), punta de widea o de tungsteno, trozo de porcelana sin vidriar.

CONCEPTOS IMPORTANTES

CLASE VIII: SILICATOS

Los silicatos conforman la clase mineralógica más importante por la diversidad y abundancia de especies, dado que constituyen el 95 % de la corteza terrestre. Además, son los minerales de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, minerales que forman las rocas.

La unidad estructural básica de estos minerales consta de cuatro átomos de oxígeno dispuestos en los vértices de un tetraedro regular coordinados con un átomo de silicio (Figura 1).

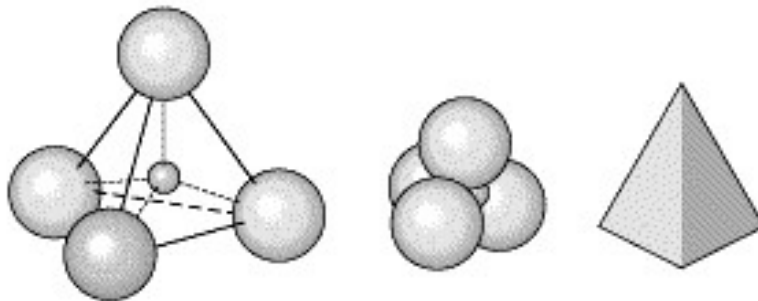
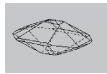


Figura 1: Disposición tetraédrica en los silicatos. La esfera pequeña representa al átomo de Si y las esferas grandes, al átomo de O.



Los tetraedros pueden estar aislados: **NESOSILICATOS** (grupo 1 figura 2) o compartiendo vértices formando parejas: **SOROSILICATOS** (grupo 2 figura 2), anillos: **CICLOSILICATOS** (grupo 3 figura 2), cadenas: **INOSILICATOS** (grupos 4 y 5 figura 2), láminas: **FILOSILICATOS** (grupo 6 figura 2), y armazones tridimensionales: **TECTOSILICATOS** (grupo 7 figura 2).

GRUPO			Fórmula silicio-oxígeno	Oxígenos enlazados
1	Tetraedro simple		SiO_4	0
2	Tetraedro doble		Si_2O_7	1
3	Anillo		Si_6O_{18}	2
4	Cadena		SiO_3	2
5	Cadena doble		Si_4O_{11}	2 y 3
6	Hoja		Si_2O_5	3
7	Red tridimensional		SiO_2	4

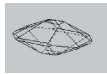
Figura 2: disposición de los tetraedros en los distintos grupos de silicatos

(1) Nesosilicatos

Presentan los tetraedros aislados unidos entre sí a través de cationes intersticiales, mediante enlace iónico. Su hábito es usualmente equidimensional. Son minerales relativamente densos y duros, y no presentan direcciones de exfoliación destacadas.

Se incluyen en este grupo:

- minerales del grupo del Granate (cúbicos):
 - Almandino ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)
 - Piropo ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)
 - Andradita ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$)



- Grosularia ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)
- Uvarovita ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$)

- minerales del grupo del Olivino (rómbo):
 - Forsterita (Mg_2SiO_4)
 - Fayalita (Fe_2SiO_4)

- Zircón (ZrSiO_4) (tetragonal)
- Monticellita (CaMgSiO_4) (rómbo)
- Andalucita (Al_2SiO_5) (rómbo)
- Cianita (Al_2SiO_5) (triclínico)
- Sillimanita (Al_2SiO_5) (rómbo)
- Estauroilita ($(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Al}_9(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{20}(\text{O}, \text{OH})_4$) (monoclínico)
- Topacio ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$) (rómbo)
- Titanita (CaTiSiO_5) (monoclínico)

(2) Sorosilicatos

Se caracterizan por la presencia de grupos tetraédricos dobles, independientes, formados por dos tetraedros que comparten un oxígeno en el vértice común. La mayor parte de los minerales de este grupo son relativamente raros.

Grupo del Epidoto (son los más comunes):

- Epidoto ($\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$) (monoclínico)
- Zoicita ($\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$) (rómbo)
- Clinozoicita ($\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$) (monoclínico)
- Piemontita ($\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Mn}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$). (monoclínico)

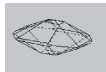
También forman parte de esta subclase Vesuvianita ($\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$) (tetragonal), Hemimorfita ($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$) (rómbo) y Lawsonita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$) (rómbo).

(3) Ciclosilicatos

Los ciclosilicatos están constituidos por grupos tetraédricos enlazados entre sí formando configuraciones cíclicas cerradas (anillos triangulares, cuadrangulares y hexagonales), con una relación de coordinación Si:O igual a 1:3. Los ciclosilicatos hexagonales son los más abundantes. En este grupo están comprendidos:

- Berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) (con sus variedades preciosas *esmeralda* y *aguamarina*) (hexagonal)
- Dioptasa ($\text{CuSiO}_2(\text{OH})_2$) (trigonal)
- el grupo de la Turmalina (trigonal):
 - Elbaíta ($\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$)
 - Chorlita ($\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$)
 - Dravita ($\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$)

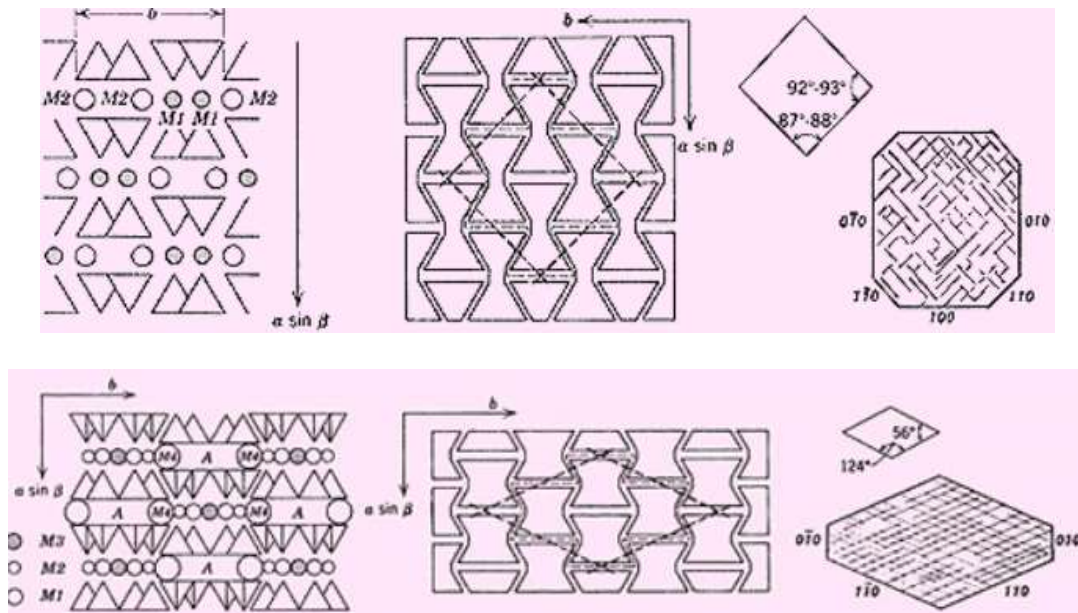
- Cordierita ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) (rómbo)



(4 y 5) Inosilicatos

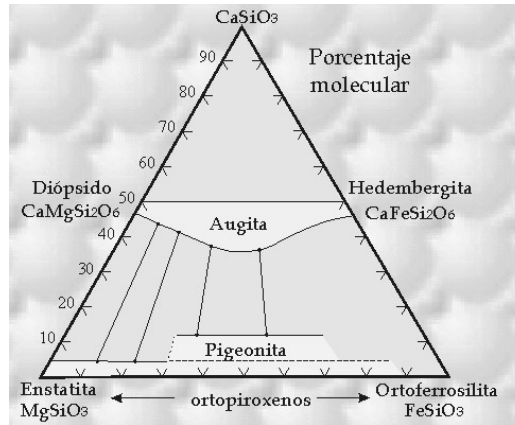
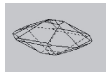
Los inosilicatos pueden ser de cadena simple (grupo de los piroxenos) o cadena doble (grupo de los anfíboles). Los piroxenos suelen presentarse en prismas gruesos y cortos, mientras que los anfíboles tienden a formar cristales prismáticos alargados, incluso aciculares o fibrosos, y se caracterizan por la presencia de grupos aniónicos adicionales (grupo hidroxilo). Comparten brillo, color y dureza., pero los anfíboles suelen tener menor peso específico por la presencia del grupo OH⁻.

Las siguientes figuras representan esquemáticamente las estructuras de piroxenos y anfíboles, con las cadenas o bandas de tetraedros SiO₄ y las vacancias de cationes, tanto como la influencia de la estructura cristalina de estos dos grupos de inosilicatos a la morfología de cristales (en sección perpendicular al eje c).



Clasificación de los piroxenos (Morimoto et al., 1988)

- * Piroxenos de Ca - Clinopiroxenos: cristalizan en el sistema monoclinico, los más importantes son
 - Diópsido (CaMgSi₂O₆)
 - Augita ((Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al)₂O₆)
 - Hedenbergita (CaFeSi₂O₆)
 - Pigeonita ((Mg,Fe,Ca)(Mg,Fe)Si₂O₆)
 - Clinoenstatita (Mg₂Si₂O₆)
 - Clinoferrosilita (Fe₂Si₂O₆)



- * Piroxenos de Fe y Mg - Ortopiroxenos: cristalizan en el sistema rómbico. Agrupados históricamente con el término *Hipersteno*.
 - Enstatita ($Mg_2Si_2O_6$)
 - Ferrosilita ($Fe_2Si_2O_6$)
- * Piroxenos de Na y Ca:
 - Onfacita ($(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)Si_2O_6$) (Monoclínico)
- * Piroxenos de Na-monoclínicos:
 - Jadeita ($Na(Al,Fe)Si_2O_6$)
 - Egirina ($NaFeSi_2O_6$)
 -

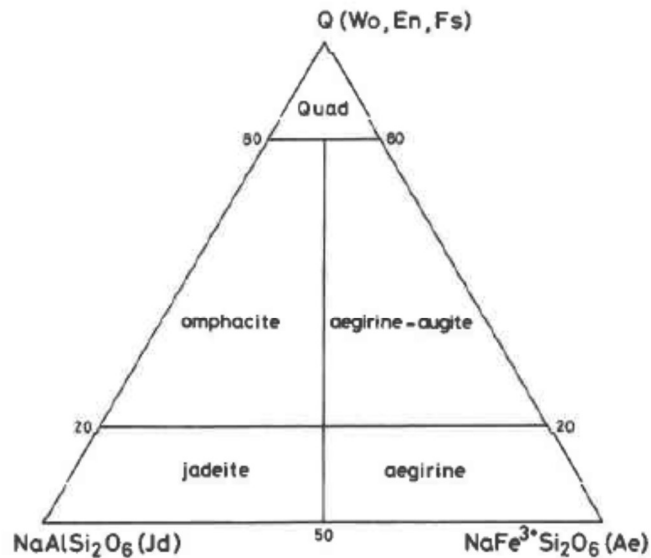
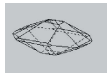


Fig. 6. Ca-Mg-Fe and Na pyroxenes with accepted names. Quad represents the Ca-Mg-Fe pyroxene area (see Fig. 4).

- * Piroxeno de Li-monoclínico:
 - Espodumeno ($LiAlSi_2O_6$)



- * Piroxenoides: grupo especial de inosilicatos de cadena doble que cristalizan en el sistema triclínico y tienen origen metamórfico.
 - Wollastonita (CaSiO_3)
 - Rodonita ($(\text{Mn,Fe,Mg,Ca})\text{SiO}_3$)

Clasificación de los anfíboles (Leake et al., 1997; Hawthorne et al., 2012)

- * Anfíboles de Mg-Fe-Mn

Rómbicos

- Antofilita ($\text{Mg}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Gedrita ($\text{Mg}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

Monoclínicos

- Cummingtonita $\text{Mg}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
- Grunerita $\text{Fe}_2+2\text{Fe}_2+5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

- * Anfíboles cálcicos-monoclínicos

- Tremolita ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Actinolita ($\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Magnesio-hornblenda ($\text{Ca}_2(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Ferro-hornblenda ($\text{Ca}_2(\text{Fe}_4\text{Al})(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Tschermakita ($\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Edenita ($\text{NaCa}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Pargasita ($\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Sadanagaita ($\text{NaCa}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_5\text{Al}_3)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

- * Anfíboles sódico-cálcicos- Monoclínicos

- Richterita ($\text{Na}(\text{NaCa})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

- * Anfíboles sódicos (monoclínicos)

- Glaucofano ($\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Riebeckita ($\text{Na}_3(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Arfvedsonita ($\text{Na}_3(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)

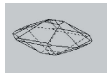
- * Anfíboles de Li

- Holmquistita ($\text{Li}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) (rómico)
- Pedrizita ($\text{NaLi}_2(\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{Li})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) (monoclínico)

Observación: el término Hornblenda no es aceptado por la Asociación Mineralógica Internacional (IMA, en inglés). Se reserva su uso en forma informal, en el campo o trabajo de gabinete previo a la obtención de la química mineral para diferenciar sus variedades férrica o magnésica.

(6) Filosilicatos

Presentan estructuras laminares formadas por capas tetraédricas, donde los tetraedros comparten tres vértices entre sí, y capas octaédricas donde se alojan los cationes (principalmente Al, Mg y Fe). Por lo



tanto son minerales de hábito hojoso o escamoso con una dirección de exfoliación dominante. Son blandos, de peso específico relativamente bajo, presentando laminillas de exfoliación flexibles e incluso elásticas.

La mayoría de los minerales de este grupo poseen grupos OH localizados en el centro de los anillos senarios de tetraedros a la misma altura que los oxígenos de los vértices no compartidos. Este grupo de minerales es especialmente importante al agrupar a la mayoría de los productos de meteorización de las rocas y por lo tanto a la mayoría de los constituyentes de los suelos. Aparecen igualmente como constituyentes de rocas tales como los esquistos y ciertas rocas ígneas (caso de las micas), así como son típicos productos de alteración de feldespatos, anfíboles, piroxenos, olivinos etc.

- * Grupo de las Micas (monoclínicos):
 - Biotita ($K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$)
 - Muscovita ($KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$)
 - Paragonita ($NaAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$)
 - Lepidolita ($K(Li,Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(F,OH)_2$)
 - Flogopita ($KMg_3(Si_3Al)O_{10}(F,OH)_2$)
 - Margarita ($CaAl_2(Al_2Si_2)O_{10}(OH)_2$)

 - * Grupo de las Cloritas (monoclínicos):
 - Clinocloro ($(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$)
 - Chamosita ($(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH,O)_8$)

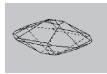
 - * Grupo de las Arcillas:
 - Caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) (triclínico)
 - Dickita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) (monoclínico)
 - Alofano ($Al_2O_3 \cdot (SiO_2)_{1.3-2} \cdot (H_2O)_{2.5-3}$) (amorfo)
 - Illita ($(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$) (monoclínico)

 - * Grupo de la Serpentina:
 - Antigorita ($(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$) (monoclínico)
 - Lizardita ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) (triclínico)
 - Crisotilo ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) (monoclínico)

 - * Grupo del Talco:
 - Talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) (monoclínico)
 - Pirofilita ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) (triclínico)

 - * Grupo de las Sepiolitas
 - Sepiolita ($Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6(H_2O)$) (rómbo)

 - * Grupo de las Esmectitas
 - Montmorillonita ($(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n(H_2O)$) (monoclínico)
- También:
- Crisocola ($(Cu,Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot n(H_2O)$) (rómbo)



(7) Tectosilicatos

Los tectosilicatos presentan un armazón tridimensional de tetraedros enlazados, de modo que todos los vértices están compartidos resultando una relación de coordinación Si:O igual a 1:2. En muchos tectosilicatos el Si está parcialmente sustituido por Al, lo que permite la entrada de cationes para compensar el exceso de carga negativa.

Se incluyen aquí:

* *Feldespatos*

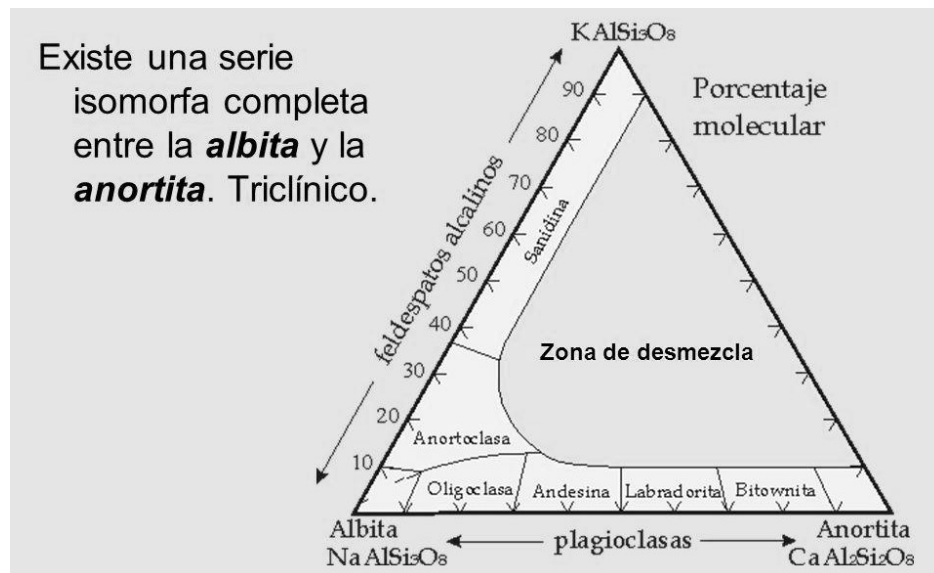
Son aluminosilicatos de Na^+ , Ca^{2+} y K^+ con la fórmula general XZ_2O_8 , donde X: Ba, Ca, K, Na, Sr y Z: Al, Si. La composición de los feldespatos más comunes puede expresarse en función del sistema, donde se distinguen las dos series de las plagioclasas y de los feldespatos alcalinos.

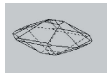
Las **plagioclasas** conforman una serie isomorfa (triclínica) de aluminio-silicatos en los cuales los cationes están conformados por calcio y/o sodio. El extremo cálcico de la serie lo constituye la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), mientras que el extremo sódico es la albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$).

Miembros intermedios de la serie son: bitownita ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$) (70-90% de Ca), labradorita ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$) (50-70% de Ca), andesina ($(\text{Na},\text{Ca})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$) (50-70% de Na) y oligoclasa ($(\text{Na},\text{Ca})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$) (70-90% de Na).

Los **feldespatos potásicos** cristalizan tanto el sistema triclínico como monoclinico. Los cationes están conformados por potasio o por potasio y sodio. Los principales minerales son ortoclasa (KAlSi_3O_8 monoclinico), microclino (KAlSi_3O_8 triclínico), anortoclasa ($(\text{Na},\text{K})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$ triclínico) y sanidina ($(\text{K},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$ monoclinico). Generalmente los feldespatos se originan a alta temperatura con estructuras más desordenadas pasando, por enfriamiento, a un estado más ordenado de menor temperatura. Tal es el caso de los polimorfos: *sanidina* (de alta temperatura), *ortoclasa* (intermedia) y *microclina* (de baja temperatura).

Los **feldespatos alcalinos** son una serie que abarca a la plagioclasa albitica y los feldespatos potásicos.





Los feldespatos suelen presentar una buena exfoliación en dos direcciones formando ángulos de 90°. La dureza de los minerales de este grupo es aproximadamente 6 y su peso específico varía entre 2.5 y 2.8, con excepción de los feldespatos de bario, más pesados.

* *Feldespatoides o foides*

Son parecidos a los feldespatos pero con una estructura diferente y aproximadamente un tercio menos de contenido de sílice. Cristalizan a partir del magma pobre en sílice, tal que los feldespatoides nunca podrán aparecer en rocas sobresaturadas en sílice, con cuarzo primario. Se distinguen por su capacidad de contener aniones extraños, tales como Cl, CO₃, o SO₄. También presentan mayor simetría cristalina que los feldespatos. Los más comunes son:

- Nefelina ((Na,K)AlSiO₄) (hexagonal)
- Leucita (KAlSi₂O₆) (tetragonal)
- Sodalita (Na₈Al₆Si₆O₂₄Cl₂) (cúbico)
- Hauyna ((Na,Ca)₄₋₈Al₆Si₆(O,S)₂₄(SO₄,Cl)₁₋₂) (cúbico)
- Lazurita (Na₃Ca(Al₃Si₃O₁₂)S) (cúbico)
- Helvina (Mn₄Be₃(SiO₄)₃S) (cúbico)
- Cancrinita (Na₆Ca₂Al₆Si₆O₂₄(CO₃)₂) (hexagonal)
- Noseana (Na₈Al₆Si₆O₂₄SO₄.H₂O) (cúbico)

* *Zeolitas*

Son aluminosilicatos microporosos formados por armazones de AlO₄ y SiO₄ muy abiertos, con grandes espacios de interconexión o canales que permiten la incorporación de H₂O en su estructura cristalina. Destacan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse de un modo reversible. Se asemejan estructural y químicamente a los feldespatos. Los más conocidos son:

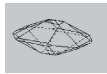
- Analcima (NaAlSi₂O₆•(H₂O)) (triclínico)
- Chabacita ((Na₂,K₂,Ca,Mg)[Al₂Si₄O₁₂]•6(H₂O)) (triclínico)
- Heulandita ((K,Na,Ca)₂₋₃Al₃(Al,Si)₂Si₁₃O₃₆•12(H₂O)) (monoclínico)
- Natrolita (Na₂[Al₂Si₃O₁₀]•2(H₂O)) (rómboico)
- Estilbita (NaCa₄[Al₈Si₂₈O₇₂]•n(H₂O) (n=28-32)) (monoclínico)

* *Grupo del sílice*

El armazón de SiO₂ presenta al menos nueve formas de distribución geométrica correspondientes a nueve polimorfos, cada uno de los cuales tiene su propio grupo espacial, sus dimensiones de celda, su morfología característica y su energía reticular con condiciones de estabilidad propias para cada una de ellas. El *cuarzo*, la *tridimita* y la *crystalita* poseen estructuras de alta y baja temperatura con transformaciones de una a otra rápidas y reversibles, con temperaturas de inversión muy definidas, siendo posible los cambios de una a otra sin desintegración física del cristal. Las formas de baja temperatura poseen una menor simetría que sus correspondientes formas de alta.

Se incluyen aquí:

- Cuarzo (hexagonal)
- Cristobalita (tetragonal o cúbico)
- Tridimita (monoclínico, rómboico o hexagonal)
- Calcedonia (trigonal, variedad criptocristalina del cuarzo)



- Ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ amorfo)

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

DANA, E. y FORD, W. 1976. Tratado de Mineralogía. Ed. Continental. 910 p. Yate.

HURLBUT, C.S. KLEIN 1982. Manual de Mineralogía de Dana. Ed. Reverte. 3° Edición. 564p. Barcelona.

KLEIN, C., 1999. Mineralogy Tutorials 2.0: a companion to the Manual of Mineralogy revised 21th edition. John Wiley & Sons. New York.

<http://webmineral.com>

<https://www.mindat.org/>

También:

Hawthorne, Frank C., et al. "Nomenclature of the amphibole supergroup." *American Mineralogist* 97.11-12 (2012): 2031-2048.

Leake, Bernard E., et al. "Report. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names." *Mineralogical magazine* 61.2 (1997): 295-321.

Morimoto, N. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology*, 39(1), 55-76.