

**TEMA 1 MINERALOGÍA Y CRISTALOGRAFÍA:** La mineralogía es la que se ocupa del estudio de los minerales. La cristalografía es la que se ocupa del estudio de la estructura interna de la materia mineral y de sus propiedades. Definición de cristal, mineral y roca: Cristal: es un sólido homogéneo limitado por caras planas formadas de modo natural (hay que distinguir estas caras de modo natural de las talladas). Posee un orden interno tridimensional de largo alcance (estructura interna que se repite indefinidamente). Siempre generan unas caras externas que están en estrecha relación con una disposición interna regular. Un cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) siempre que cristaliza lo hace en forma prismática porque dentro siempre tiene la misma estructura (elementos químicos). Las propiedades ópticas de un cristal son siempre consecuencia de la estructura interna. Roca: es una parte de la corteza terrestre formada por diversos minerales con composición y características propias y constantes. Son agregados naturales formados por uno o más minerales y a veces también sustancias no cristalinas que constituyen sobre la tierra masas geológicas independientes. Mineral: es un sólido homogéneo por: Naturaleza: existen minerales que se pueden sintetizar en un laboratorio. Con una composición química definida: (pero generalmente no fija) por ejemplo el cuarzo siempre tiene esta composición química  $\text{SiO}_2$ , en cambio, otros como el olivino la tienen  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_2$ . La del cuarzo es fija mientras que la del olivino no lo es. Disposición química ordenada: todos los minerales son sólidos cristalinos y tienen una estructura atómica ordenada, en cambio, los vidrios tienen una estructura amorfa, no tienen una disposición atómica ordenada. Formados por procesos inorgánicos: la mayor parte de los minerales se forman por procesos orgánicos como las conchas formadas de carbonato cálcico. Coordinación y red espacial de un cristal: Tipos de enlace: determinan las propiedades físicas y químicas de los minerales (dureza, punto de fusión). Iónico: la halita ( $\text{NaCl}$  –sal–). En general suelen tener una simetría alta. Covalente: son enlaces muy fuertes y suelen tener menor simetría. El diamante. Metálico: son buenos conductores de electricidad. El oro. Van der Waals: muy débil. Están relacionados con la exfoliación de algunos minerales, como pueden ser las micas. Principio de la coordinación: Toda estructura cristalina está formada por la unión de cargas contrarias, cada ion trata de rodearse (coordinarse) de tantos iones de signo contrario como se lo permita su tamaño. Existe un ion central coordinador y alrededor unos iones coordinados, con el centro de los iones coordinados se forman los vértices de un poliedro regular o poliedro de coordinación. El número de coordinados se conoce como número de coordinación y depende del tamaño. Sea cual sea el número de coordinación la estructura tiene que ser neutra eléctricamente. La primera esfera de coordinación son los iones que están directamente en contacto con el ion central coordinador. Existen varios tipos de coordinación dependiendo del tamaño de los radios. Coordinación R. Central / R. Coordinadores  $12 \times / \times = 1$  empaquetado denso  $1 - 0.732 \ 0.732 - 0.414 \ 0.414 - 0.225 \ 0.225 - 0.155 \ 0.155 - 5, 7, 9$  y  $10$  son raros pero posibles, rellenos que quedan entre las demás coordinaciones (mirar libro). Red espacial: Todos los minerales tienen red espacial tridimensional, esa red en cada punto de la red tiene un átomo o grupo atómico que se repite indefinidamente, a esto que se repite se le llama motivo. Siempre de una red espacial se tiene que extraer la celda o celdilla elemental. Hay varios tipos de celdas: (ver fotocopias). Esas celdas elementales se pueden agrupar en siete sistemas cristalinos y combinando los tipos de celdas con los siete sistemas cristalinos salen las catorce redes de Bravais. Combinando las catorce redes de Bravais con todos los elementos de simetría (planos de simetría y ejes de simetría – estos elementos de simetría implican también translación–) de lugar a los 230 grupos espaciales (cualquier mineral va a pertenecer a uno de estos 230 grupos espaciales) Todo lo que se estudia referente a la celda elemental es todo lo que se llama estudio del cristal ideal. El cristal real se caracteriza porque es finito, por la vibración nodal, su sitio de los átomos y en ocasiones hay sustituciones de un átomo por otro de características iguales, puede haber vacancias, inclusiones (falta – sobra), y dislocaciones estructurales, que son deslizamientos totales o parciales de unos planos sobre otros. Hay dislocaciones accidentales debidas a deformaciones y dislocaciones intrínsecas que son inherentes al estado cristalino propio. Clasificación estructural de los silicatos: Son casi el 25% de los minerales conocidos, de los importantes el 40% son silicatos. Las rocas ígneas están compuestas fundamentalmente por silicatos (granito, cuarzo, feldespato y mica). Las rocas ígneas son más del 90% de las rocas de la corteza terrestre. La corteza terrestre la podemos imaginar como si fuera un empaquetamiento de oxígenos con iones metálicos situados entre los oxígenos. Si  $++++\text{Al} \ +++\text{Fe} \ ++\text{Mg} \ ++\%$  que abunda en la corteza.  $\text{Ca} \ ++\text{Na} \ +\text{K} \ +$  Los silicatos se caracterizan por tener silicio. Forman parte de las rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias, suelos, etc. Se

utilizan para hacer ladrillos, cemento en general para la construcción y lo más importante para la fabricación de vidrio. Se caracterizan porque todos tienen: Si 0,39 Å  $\Rightarrow$  0,278  $\rightarrow$  coordinación 4 tetraedros O 1,40 Å  $\Rightarrow$  Esta estructura la tienen los silicatos con enlaces fuertes y muy estables. Los tetraedros se pueden unir unos a otros por oxígenos compartiendo los vértices, sino fuera así, sería inestable. A esta manera de unirse se la llama polimerización. Pueden unirse con hasta cuatro tetraedros distintos de silicio. En los silicatos, además de los tetraedros de silicio, hay tetraedros de aluminio con coordinaciones de 4 a 6 (Si ++++). El magnesio, hierro (Fe +++), y manganeso (Mn ++) tienen coordinación 6. El calcio y el sodio tienen coordinación 8 y el potasio  $>8$ , que es rara y sustituye al Ca ++ y al Na +. La clasificación de los silicatos se basa en el número de oxígenos compartidos con otros tetraedros de silicio.

**NESOSILICATOS:** Los tetraedros de silicio no comparten oxígenos con otros tetraedros de silicio sino que forman radicales isla. La proporción silicio-oxígeno es 1-4. Su estructura se forma mediante cationes que unen los radicales isla, los cationes suelen ser hierro, magnesio y calcio. Hay poca sustitución de aluminio por silicio dentro de los tetraedros. Son minerales densos, tienen direcciones de exfoliación poco marcadas. **EJEMPLO:** Olivino: compuesto por dos minerales; Forsterita (Mg) 40% y Fayalita (Fe) 60%. Olivino ----- (MgFe)SiO<sub>4</sub> Granates: varios minerales típicos de rocas metamórficas. Tienen unos huecos donde se sitúan cationes con coordinación 6 y otros con coordinación 8. Fe ++, Mg ++, Mn ++ y Ca ++. Andalucita, Silimanita, Cianita (Distena) Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> ----- típicos de rocas metamórficas. Se diferencian por la estructura, unos se forman en unas condiciones y otros en otras. Al en coordinación 6 - 4

**SOROSILICATOS:** Se caracterizan por la presencia de grupos tetraédricos dobles, tetraedros de silicio que comparten un vértice común. Se les llama doble radicales isla. La relación silicio-oxígeno es 2 - 7, ocurre un caso especial; hay silicatos que tienen también dobles radicales isla y radicales isla a la vez. No forman un grupo independiente porque son poco importantes y se considera que pertenecen a los sorosilicatos porque tienen características más afines a estos que a los nesosilicatos. En general son poco abundantes y raros, no son muy importantes. Epidota (Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)SiO<sub>4</sub>(AlFe)Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O(OH)

**CICLOSILICATOS:** Se forman anillos de tetraedros de silicio. Hay tres tipos de anillos; de 3, de 4 y de 6. La relación silicio-oxígeno es 1 - 3. La estructura se forma por la unión de cationes situados entre los anillos de tal manera que los anillos forman canales en los que se pueden colocar cationes grandes (Na), grupos OH o moléculas de agua. Turmalina (Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)Al<sub>6</sub>BO<sub>3</sub>(OH)<sub>4</sub>Na(FeMg)<sub>3</sub>Berilio B<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>(Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)

**INOSILICATOS:** Tienen los tetraedros formando filas; hay dos tipos: filas sencillas y filas dobles. Ambas tienen exfoliación en fibras. Sencillas: su relación silicio-oxígeno es 1-3, tienen dos oxígenos compartidos que se llaman piroxenos, no tienen grupos OH. Las líneas de exfoliación forman 90°. Sólo se pueden ver por un microscopio: Dobles: la mitad comparten dos oxígenos y los restantes tres. La relación silicio-oxígeno es 4 - 11. Se llaman anfíboles, tienen OH y las líneas de exfoliación forman 120°. Hay especies o composiciones similares de piroxenos y anfíboles que dan minerales con un color, brillo y dureza similar, haciendo muy difícil distinguirlos. Sólo se diferencian en las líneas de exfoliación. Los piroxenos cristalizan a mayor temperatura y se forman en rocas ricas en magnesio y hierro (Augita (SiAl)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>(CaNa)(Mg,Fe,Al)). Existe algo de Al (aluminio) que se sustituye en el Si (silicio): Hay dos huecos; uno para coordinación 6 y otro para coordinación 6 ó 8. Otros como el Diopsido (Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub> Mg Ca) no tiene sustitución de aluminio por silicio. Los anfíboles tienen tendencia a presentar grupos OH y además tienen una estructura más abierta que la de los piroxenos. La Hornblenda (SiAl)<sub>8</sub>O<sub>22</sub>Ca<sub>2</sub>Na(MgFe) y (Al, Fe, Ti)(O, OH)<sub>2</sub> tiene sustitución de aluminio por silicio. La estructura tiene cuatro huecos de cuatro tipos, las coordinaciones son de 6 a 6 - 8 y además tiene otro hueco más grande que tiene coordinación  $>8$  (10 - 12).

**PIROXENOIDES:** Tienen la estructura similar a la de los piroxenos pero las cadenas están rotadas. **FILOSILICATOS:** La relación silicio-oxígeno es 2 - 5. Cada tetraedro comparte tres de sus cuatro oxígenos, la lámina en que se forma el cuarto oxígeno (apical) está orientada hacia arriba en todos. Siempre es necesaria la intervención de cationes entre las láminas para formar una estructura tridimensional. Todos sus miembros tienen un hábito ojoso o escamoso y tienen una dirección de exfoliación dominante. Son blandos, tienen un peso específico bajo y las láminas de exfoliación son flexibles. Existen dos tipos de estructuras fundamentales: T: lámina tetraédrica (Si) y algunas veces (Al)O: capa octaédrica (Fe ++, Mg++, Al++) T-O tienen un octaedro y un tetraedro, la unión de estos es fuerte, pero entre una capa T-O y otra capa T-O es débil o de Van der Waals, a partir de esto tienen los grandes planos de exfoliación. Caolinita (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>) tiene una capa dioctaédrica por estar rellena de aluminio. En el enlace T-O-T, entre capa y capa, a veces se sitúan cationes que lo hacen más fuerte. Moscovita KAl<sub>2</sub>(AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)(OH)<sub>2</sub> Biotita K(MgFe)<sub>3</sub>(AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)(OH)<sub>2</sub> Talco

$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ TECTOSILICATOS: La relación silicio-oxígeno es 1 – 2, todos los tetraedros comparten sus cuatro vértices con otros tetraedros formando un armazón tridimensional bastante resistente. Son neutros, no necesitan cationes sino fuera por la sustitución de aluminio en lugar del silicio en los tetraedros. Cuando faltan cargas entran cationes como K, Na o Ca para compensar el déficit de cargas. Son los silicatos más importantes,  $\frac{3}{4}$  partes de las rocas de la corteza están constituidas por tectosilicatos. Cuarzo  $SiO_2$  tiene una fuerte unión. Opalo  $SiO_2 \cdot H_2O$  Grupo de feldespatos\*Potásicos Ortosa y Microclina  $KAlSi_3O_8$ \*Plagioclasa tiene Na o Ca en vez de K Isomorfismo y polimorfismo: Isomorfismo: tiene igual estructura cristalina pero con distinta fórmula química; el Olivino ( $MgSiO_4$  Fe $SiO_4$ ). Las sustituciones varían según sea el tamaño de un elemento con otro: Si el tamaño es de 0 – 15% la sustitución es fácil. Si el tamaño es de 15 – 30% la sustitución es difícil (es rara). Si la sustitución es >30% la sustitución es imposible (Forsterlita y fayalita). Entre la forsterlita y la fayalita hay una serie isomorfa total, existen todos los Valores intermedios de porcentaje de sustitución. Una serie isomorfa es cuando el tamaño es igual, pero cuando son distintos al poner más del 35% se queda igual y si es más del 36% se transforma en otro mineral y se llama serie isomorfa parcial. Pueden existir cambios isovalentes que son átomos que se intercambian, son de igual valencia y heterovalentes, son átomos de distinta valencia y hace falta más de un cambio para igualar la estructura (mirar libro). Polimorfismo: son minerales de igual fórmula química pero de distinta estructura cristalina. La distinta estructura cristalina es la habilidad de una sustancia química para cristalizar en más de un tipo de estructura, se llaman polimorfos. Cada polimorfo se forma en unas determinadas condiciones de presión y temperatura. Grafito se forma a presiones y temperaturas altas y el Diamante a presiones y temperaturas intermedias. El cambio de una forma polimorfa a otra puede hacerse de tres formas distintas: Por deslizamiento: es un cambio que requiere poca energía, se produce un ligero desplazamiento de los átomos y hay un reajuste de los ángulos de enlace. Q (bajo) ----- Q (alto) temperatura = 543°C Q = cuarzo, es reversible Reconstructivo: se rompen los enlaces y las unidades estructurales se reúnen de manera diferente, es necesaria bastante energía, es muy lento y no es reversible. Orden-desorden: ocurre en aleaciones y en algunos minerales, si está ordenado es una estructura y si está desordenado son varias. Principales minerales no silicatados: Mirar las hojas 1, 2 y 3 La isotropía es una propiedad constante o igual en todas las direcciones del espacio. La anisotropía es cuando no es igual, es decir, varía según la dirección. Por ejemplo la exfoliación es una propiedad anisótropa, varía con la dirección. 11