

2020

*Teóricos de la Cátedra de Introducción a la Geología.
Materia común a varias carreras. FI. UNJu*

Unidad 4: Geología

MINERALOGIA

Es la ciencia que trata de la forma, propiedades y composición de los minerales.

MINERAL: es un sólido natural y homogéneo, formado por un proceso inorgánico, con una composición química definida y con una organización atómica ordenada.

Para ser un mineral, una sustancia debe reunir las siguientes condiciones:

- Tener un origen natural (se excluyen las sustancias obtenidas por síntesis en laboratorio).
- Tener composición homogénea lo que se traduce en la uniformidad de sus propiedades físicas y químicas, dentro de ciertos límites.
- Ser de origen inorgánico, salvo unas pocas excepciones como el ámbar, ozoquerita, melita, que si bien son de origen orgánico, han sufrido transformaciones tan profundas que le han hecho perder su estructura de origen.
- Poseer una estructura íntima cristalina. Es decir, que sus átomos posean una disposición geométrica regular que se repite periódicamente en todas direcciones en el interior de la sustancia cristalina. Las sustancias que no presentan estructura cristalina se denominan mineraloides.

CRISTALOGRAFIA

Es la ciencia que estudia y resuelve las estructuras cristalinas. Casi todos los minerales adquieren formas cristalinas cuando se forman en condiciones favorables. La cristalografía es el estudio del crecimiento, la forma y la geometría de estos cristales.

La disposición de los átomos en un cristal puede conocerse por difracción de los rayos X. La química cristalográfica estudia la relación entre la composición química, la disposición de los átomos y las fuerzas de enlace entre éstos. Esta relación determina las propiedades físicas y químicas de los minerales.

Célula o celda cristalina

Se define como celda Cristalina o célula, la porción más simple de la estructura cristalina que al repetirse mediante traslación reproduce todo el cristal..

Elementos de simetría

Las celdas cristalinas presentan elementos de simetría, que son:

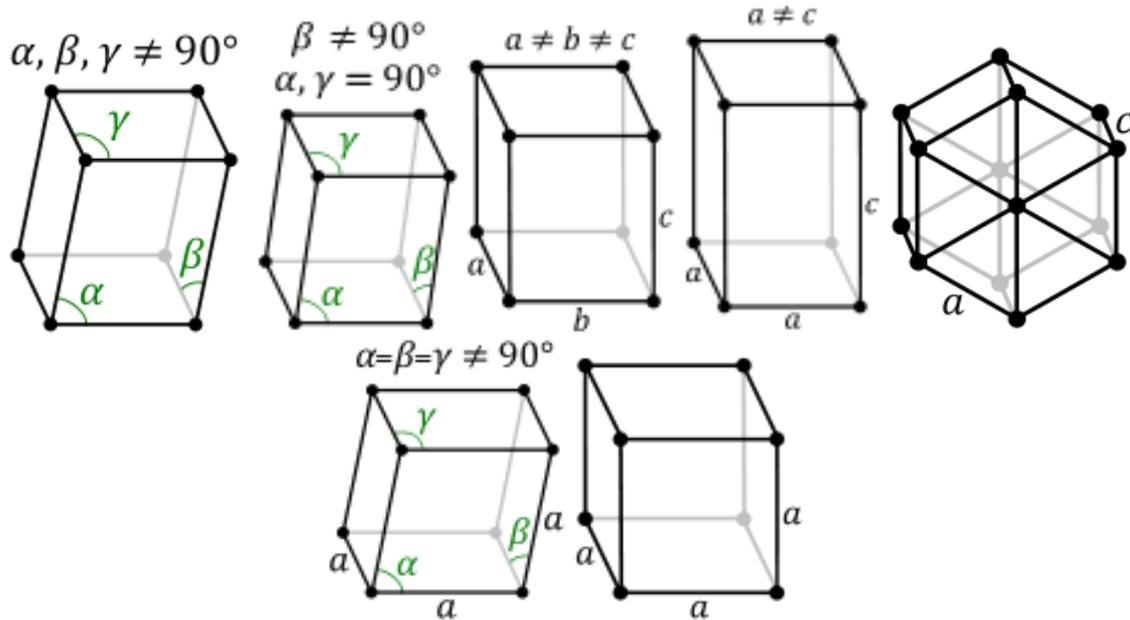
- **Eje de simetría:** es una línea imaginaria que pasa a través del cristal, alrededor de la cual, al realizar éste un giro completo, repite dos o más veces el mismo aspecto. Los ejes pueden

ser: monarios, si giran el motivo una vez (360°); binarios, si lo giran dos veces (180°); ternarios, si lo giran tres veces (120°); cuaternarios, si lo giran cuatro veces (90°); o senarios, si giran el motivo seis veces (60°).

- **Plano de simetría:** es un plano imaginario que divide el cristal en dos mitades simétricas especulares, como el reflejo en un espejo, dentro de la celda. Puede haber múltiples planos de simetría.
- **Centro de simetría:** es un punto dentro de la celda que, al unirlo con cualquiera de la superficie, repite al otro lado del centro y a la misma distancia un punto similar.
- **Sistemas cristalinos:** todas las redes cristalinas, al igual que los cristales, que son una consecuencia de las redes, presentan elementos de simetría. Si se clasifican los 230 grupos espaciales según los elementos de simetría que poseen, se obtienen 32 clases de simetría (cada una de las cuales reúne todas las formas cristalinas que poseen los mismos elementos de simetría) es decir, regular o cúbico, tetragonal, hexagonal, romboédrico, rómbico, monoclinico y triclinico.

Propiedades

- **Sistema triclinico** ($a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$): no posee ninguna simetría mínima.
- **Sistema monoclinico** ($a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta > 90^\circ$): Presenta como simetría mínima un eje de rotación binario o un eje de inversión binario (=plano de simetría)
- **Sistema ortorrómbico** ($a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$): Como mínimo posee tres ejes binarios perpendiculares entre sí.
- **Sistema tetragonal** ($a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$): posee como característica fundamental un eje de rotación cuaternario o un eje de inversión cuaternario.
- **Sistema hexagonal** ($a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$): su característica fundamental es la presencia de un eje de rotación senario o un eje de inversión senario (eje ternario + plano de simetría perpendicular). Para mayor precisión, generalmente se introduce un cuarto eje i , coplanario con a y b , que forma un ángulo de 120° con cada uno de ellos, así la cruz axial será ($a = b = i \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$).
- **Índices de Miller hexagonales:** como se trabaja con un cuarto índice, que se sitúa en el plano a_1 a_2 y a 120° de cada uno de estos ejes, los planos hexagonales se van a representar por cuatro índices ($hkil$). El valor de i se determina como $h+k$.
- **Sistema romboédrico o trigonal** ($a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$): su característica común es la presencia de un eje de rotación ternario o un eje de inversión ternario (eje ternario + centro de simetría).
- **Sistema cúbico** ($a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$): posee como característica fundamental cuatro ejes de rotación ternarios inclinados a $109,47^\circ$.



AGREGADOS CRISTALINOS

Generalmente, en la naturaleza los minerales no se presentan aislados, casi siempre están asociados y se pueden agrupar en:

a- Asociaciones irregulares: No tienen leyes para agruparse y la mayoría de las veces no presentan relaciones entre sí. Como ejemplos tenemos:

Geodas: En las que se observa una reunión de cristales implantados en una superficie cóncava (Fig.1).

Drusas: Similar a la anterior pero los cristales se encuentran sobre una superficie plana o convexa.



Fig. 1: Geoda

b- Asociaciones regulares: En este caso encontramos leyes que relacionan los cristales entre sí y son los más comunes. Como ejemplos tenemos:

ESTRUCTURA DE LOS AGREGADOS CRISTALINOS

La forma, magnitud y modo de agruparse constituye el agregado cristalino.

Cada especie mineral puede presentar una o mas estructuras dependiendo de su origen, temperatura de formación, masa circulante, hábitos, etc.

El hábito es una de las condiciones de formación de los cristales y muchas veces puede ser típico y propio de una especie mineral determinada. p. ej. Las micas, en prismas cortos, hojas.

Los agregados cristalinos pueden presentarse en diversos tipos, y reciben su nombre según la forma de presentarse; por ejemplo:

Aciculares, cristales finos semejante a agujas (natrolita).

Fibrosos, cristales alargados y delgados en forma de fibras. Pueden ser: a) formados por fibras paralelas (asbesto); b) las fibras se disponen en forma radial: fibrosos radiados (aragonita); c) las fibras se disponen sin ningún orden: fibrosos desordenados (boronatrocalcita).

Columnares, cristales prismáticos, gruesos, en formas de columnas (hornblenda).

Escamosos, láminas muy delgadas, exfoliables (micas).

Lamelar o tabular, láminas más gruesas.

Botroidal, en forma de racimo de uvas (psilomelano, pechblenda).

Globular, masas globosas (siderita).

Reniforme, en forma de riñón (malaquita).

Concrecional, en capas concéntricas; concreciones calcáreas (rodocrosita).

Compacta o masiva, por elementos muy pequeños no distinguibles a simple vista.

Terrosa, por partículas muy pequeñas aglomeradas.

Informe, sin estructura determinada.

PROPIEDADES FISICAS DE LOS MINERALES

En algunos casos, para el reconocimiento de un mineral, se puede recurrir a la determinación de sus propiedades físicas con una simple observación.

Las propiedades, en algunos casos, dependen de las direcciones en que se tomen; entonces, se habla de propiedades vectoriales (eléctricas, térmicas, ópticas, magnéticas) y en los casos que no dependen de las direcciones se dice que tienen propiedades escalares, tales como el peso específico y el calor.

También podemos reconocer las siguientes propiedades:

1- Propiedades dependientes de la luz

Color: Está dado por la absorción de las longitudes de onda componentes de la luz blanca por parte del mineral. Es decir, que el color lo da la reflexión de todas las longitudes de la luz blanca menos aquellas que absorbió el mineral.

Son muchos los factores que intervienen en la coloración de un mineral: desde los químicos representados por trazas de ciertos elementos, hasta su forma de cristalizar incluyendo los tipos de uniones de las valencias de los iones intervinientes.

Un mineral es incoloro cuando deja pasar todas las radiaciones; es negro cuando las absorbe a todas; es blanco cuando refleja todas y por lógica es rojo o verde cuando absorbe todas las vibraciones menos aquellas que impresionan a nuestra vista el rojo o el verde.

Es importante también el color de la raya o el polvo, según sea la dureza, que deja sobre un biscocho de porcelana o molido en un mortero.

Brillo: Depende del poder reflector y del tipo de reflexión que tiene la superficie de un mineral. Por comparación podemos distinguir:

Metálico. Propio de los metales (oro, plata, pirita). Sub-metálico: cuando se presenta débilmente. (cuprita).

Vítreo. Propio del vidrio (cuarzo) Sub-vítreo (calcita).

Resinoso. Semejante a la resina (ópalo, ámbar).

Perlado. Semejante al de la perla y se lo compara a una pila de placas de vidrio finas que reflejan la luz (talco, yeso).

Sedoso. Semejante al de la seda y es característico de aquellos minerales de textura fibrosa. (amianto, yeso fibroso).

Adamantino. Semejante al diamante.

Mate. Es un mineral que no tiene brillo.

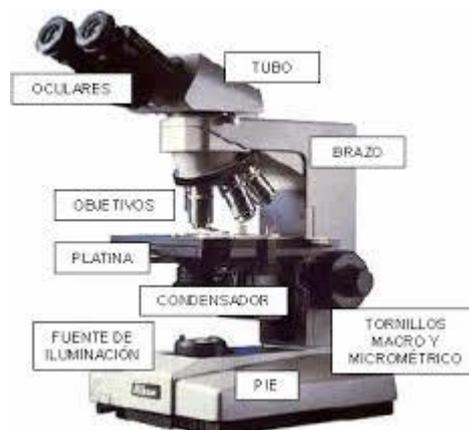
Fosforescente - Fluorescente.

Fosforescencia es la propiedad que tienen algunos minerales de emitir luz después de haber sido sometido a ciertos estímulos, por ejemplo calentamiento, frotamiento, rayos X, etc.,

Fluorescencia es la propiedad que poseen algunos minerales de emitir luz mientras están bajo la influencia de ciertos influjos, por ejemplo la fluorita bajo influjos eléctricos o ciertos minerales de uranio bajo luz ultravioleta.

2- Propiedades ópticas.

Estas propiedades son muy específicas. El estudio se realiza con la utilización de microscopio con luz transmitida, cuando el mineral es transparente, es decir la luz atraviesa el mineral o con luz reflejada sobre una superficie pulida cuando el mineral es opaco.



3 - Propiedades sensoriales.

Apreciables por ciertos sentidos, así por ejemplo tenemos:

Sabor: Se aplica a los minerales solubles en agua y puede ser salino como la sal común (halita), alcalino, el de la potasa o soda, astringente, el de los alumbres, amargos, el de los sulfatos, etc.

Olor: Algunos minerales al ser golpeados, calentados o frotados o mojados dejan sentir un olor característico, p.ej. aliáceo (u olor a ajos) propio de los minerales de arsénico al ser calentados, sulfuroso, los minerales de azufre al ser golpeados o calentados. Los minerales arcillosos al echárseles aliento tienen olor a tierra mojada.

Tacto: No es de mucha importancia pero a veces puede ayudar a definir un mineral y puede ser graso, untuoso, áspero, etc. o adherirse a la lengua en el caso de los minerales arcillosos.

4- Propiedades que dependen de la estructura

Dureza: Es la resistencia que pone la superficie de un mineral al ser rayado.

La determinación de la dureza puede ser absoluta o relativa. La dureza absoluta se la mide por medio de un aparato especial llamado esclerómetro. La dureza relativa es práctica y se realiza

con rapidez y, como su nombre lo indica, se relaciona la dureza del mineral problema con una serie de minerales de dureza conocida.

Esta serie de minerales es conocida como escala de dureza de Mohs y esta compuesta por 10 minerales, numerados correlativamente según el siguiente orden:

1...Talco	6...Ortosa
2...Yeso	7...Cuarzo
3...Calcita	8...Topacio
4...Fluorita	9...Corindón
5...Apatita	10...Diamante

Ello no significa que el yeso tenga exactamente el doble de dureza que el talco y así sucesivamente, sino que esta serie va aumentando en dureza del 1 al 10. Por ejemplo, si un mineral es rayado por el cuarzo y a su vez raya a la ortosa, el mineral problema tiene una dureza entre 6 y 7.

Clivaje: Esta propiedad a la que también se denomina, en ciertos casos, exfoliación, es la que tienen algunos minerales de separarse según ciertos planos al ser golpeados. Estos planos se hallan ligados a la estructura íntima cristalina y son planos de mayor densidad atómica, por lo tanto, son caras posibles de un cristal y se los denomina planos de clivaje.

No todos los minerales poseen planos de clivaje y cuando se presentan no siempre tienen el mismo grado. Por lo tanto, puede ser:

Muy perfectos. Cuando por estos planos se separan muy fácilmente como en las micas.

Perfecto. Cuando los planos se separan fácilmente al golpearlo, como en la calcita

Bueno. Cuando se obtienen más difícilmente que el anterior, como en los feldespatos.

Imperfectos. Cuando se obtiene difícilmente.

Fractura: Es la forma de presentarse la superficie de los minerales al romperse y no debe confundirse con el clivaje. Las fracturas son de forma irregular por lo general y nada tiene que ver con las caras planas que presenta. Se la puede clasificar en:

Concoide: Cuando presenta superficies cóncavas o convexas como en el cuarzo o en el vidrio.

Recta: Cuando presenta superficies casi planas.

Desigual: La superficie es desigual y áspera, se presenta en la mayoría de los minerales.

Ganchuda: Cuando la superficie de rotura presenta pequeñas protuberancias en forma de ganchos como el hierro colado al romperse.

Terrosa: Semejante a la superficie que deja un terrón de tierra al romperse.

Astillosa: En forma de astilla.

Tenacidad: Es la resistencia que ofrece un mineral a la ruptura, trituración, curvatura o seccionado. Podemos considerar los siguientes casos:

Elasticidad: Un mineral es elástico cuando después de deformado vuelve espontáneamente a su forma inicial (micas).

Flexibilidad: Cuando luego de su doblado no vuelve a su posición primitiva (láminas delgadas de yeso, talco).

Fragilidad: Cuando se pueden reducir a polvo por trituración, poseen un muy bajo límite de elasticidad al que se sobrepasa rápidamente quebrándose. Es el carácter de la mayoría de los minerales.

Maleabilidad: Es la propiedad que posee algunos minerales que, a golpe de martillo, son capaces de reducirse a finas láminas, como la plata, oro, cobre nativo.

Sectilidad: Es una propiedad de los minerales blandos (dureza inferior a 3) que se pueden cortar con un cuchillo (grafito, yeso).

5. PESO ESPECÍFICO.

Se llama peso específico de un cuerpo a la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua destilada a 4 °C.

Son varios los métodos para su determinación, de los cuales podemos mencionar el picnómetro, para trozos muy pequeños, balanza en especial de Jolly también para pequeños trozos y para fracciones más grandes la romana de Walker.

6. Propiedades que dependen del calor, magnetismo, electricidad y radiactividad.

Calor: Aquí debemos mencionar la fusibilidad. Consiste en la determinación de minerales mediante soplete. Von Kobell ideó una escala relativa de 6 minerales a saber

1. Estibina
2. Natrolita
3. Granate Almandino
4. Actinolita
5. Ortoclasa
6. Broncita

De esta escala solo podemos decir, que la estibina funde fácilmente y que la broncita es infusible al soplete.

El calor no se propaga en un mismo mineral con la misma velocidad en todas direcciones y existen minerales buenos y malos conductores del calor.

Magnetismo: Es la propiedad por la cual un mineral es atraído o no por un imán. Solo hay dos minerales que son atraídos por el imán permanente, magnetita y pirrotina.

Sin embargo, hay minerales que son atraídos por el electroimán (paramagnéticos) dependiendo de su intensidad, su atracción y por último aquellos minerales que no son atraídos ni por el electroimán (diamagnéticos).

Esta propiedad se usa tanto en escala de laboratorio para investigación como en escala de investigación.

Nos resta por decir que algunos minerales se vuelven magnéticos por calentamiento (piromagnetismo) y otros por frotamiento (tribomagnetismo).

Electricidad: Esta propiedad puede desarrollarse también por frotamiento (triboelectricidad) o por calentamiento (piroelectricidad).

Se los divide según sean buenos o malos conductores.

Buenos conductores: metales nativos, sulfuros (menos blenda).

Malos conductores: blenda, cuarzo, calcita.

Radiactividad: Todos los minerales que contienen uranio o torio, emiten radiaciones que son captables por un detector especial. Estos detectores pueden estar provistos o bien por un tubo Geiger o bien por un cristal de ioduro de sodio activado con talio.

ENSAYOS QUÍMICOS:

Además de las propiedades físicas, existen otros ensayos, tales como los ensayos químicos, que se realizan exclusivamente en el laboratorio.

Entre ellos tenemos aquellos que se realizan I) por vía seca y II) por vía húmeda.

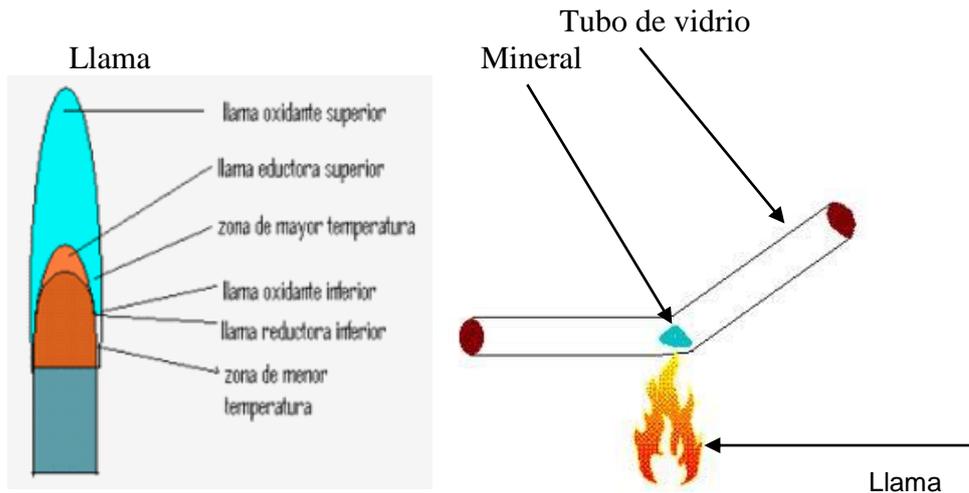
Por vía seca:

Ensayos a la llama directa: En llama oxidante y/o reductora. Algunos elementos colorean la llama dando una tonalidad característica, otros queman dando olores característicos, con o sin presencia de reactivos especiales.

Ensayos en tubo abierto y/o cerrado: Desprendimiento de agua, de gases, decrepitación, cambio de color, producción de sublimados. Estos también con o sin presencia de reactivos especiales.

Ensayos con soplete sobre carbón: Formación o no de glóbulos con o sin aureolas y con o sin residuos.

Ensayos de coloración de las perlas de bórax, sal de fósforo y otras: También dan coloración y/o reacciones características.



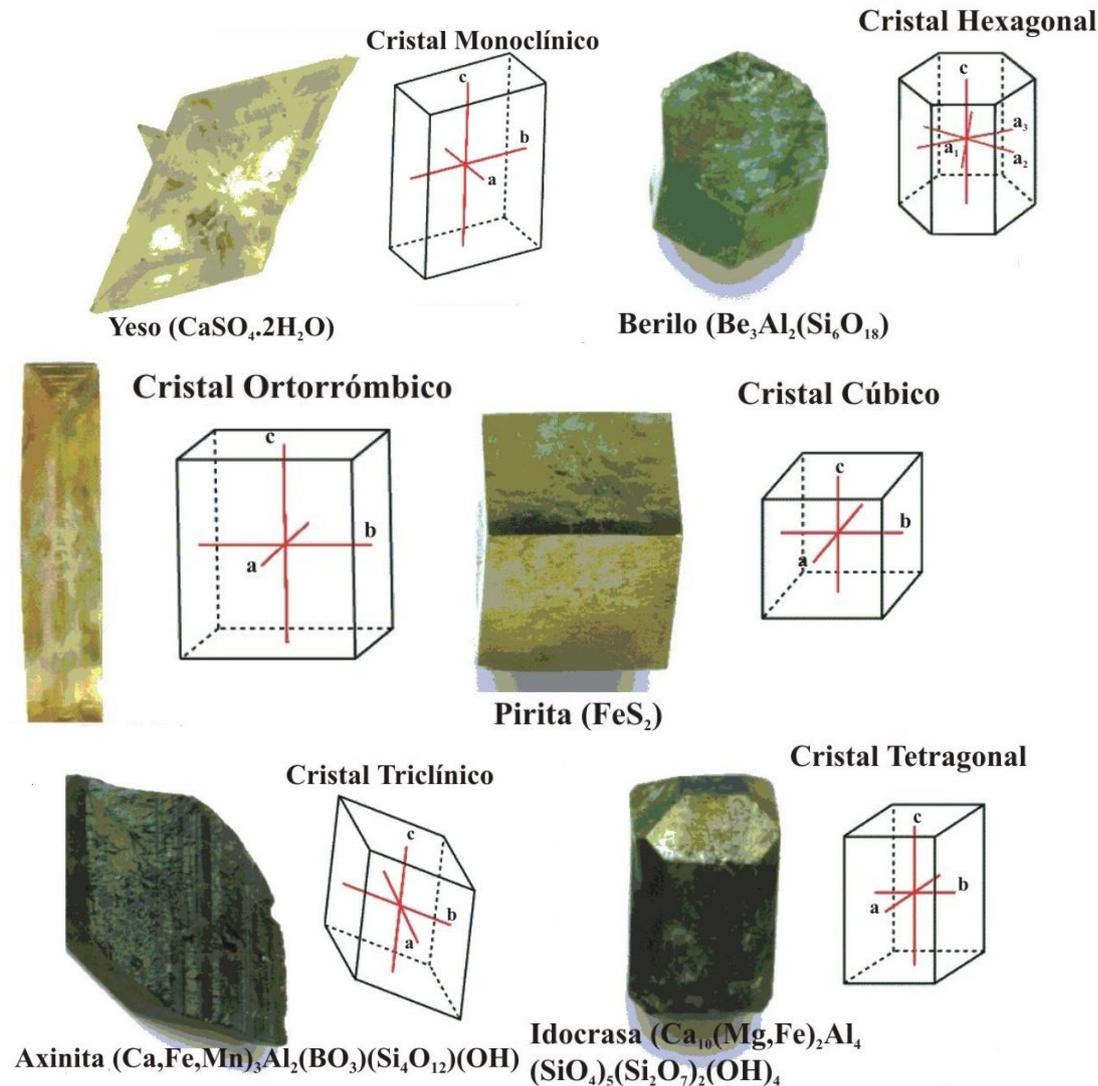
Por vía húmeda:

Se pulveriza el mineral y se lo trata con distintos reactivos químicos complementándolos si es necesario, con los ensayos anteriormente vistos.

Además de estos ensayos, también se pueden realizar los estudios por rayos X, por análisis térmico diferencial y por espectrografía.



CLASIFICACIÓN QUÍMICA DE LOS MINERALES



- I) **Elementos nativos:** En la corteza terrestre existen algunos elementos que se encuentran sin combinar, tales como el oro, plata, cobre, mercurio, hierro, azufre, etc.
- II) **Sufuros.** (incluye sulfosales, telururos, arseniuros, seleniuros).

Compuestos simples y dobles de azufre con metales y metaloides. P.ej. pirita, galena, enargita.

III) **Halogenuros:** Compuestos de metales y metaloides con los halógenos. P. Ej. fluorita, halita.

IV) **Óxidos e Hidróxidos:** Compuestos de óxido con metales y metaloides anhidros e hidratados. P. Ej. Magnetita, casiterita, hematita, limonita.

V) **Nitratos, Carbonatos, Boratos:** Compuestos resultantes de la sales de los ácidos correspondientes. P.ej. calcita, dolomita, boronatrocalcita.

VI) **Sulfatos, Cromatos, Molibdatos, Wolframatos:** Sales correspondientes a estos cationes. P. Ej. Yeso, baritina.

VII) **Fosfatos, Arseniatos, Vanadatos:** Sales correspondientes a estos elementos. Apatita, Vanadinita.

VIII) **Silicatos:** Petrográficamente es el grupo de mayor importancia, ya que constituyen aproximadamente la tercera parte de las especies minerales conocidas, y su abundancia se calcula que representan el 95% de la corteza terrestre (de ellos el 65% estaría representado por los feldespatos y el 12% por cuarzo).

Su reconocimiento se hace principalmente en base a sus propiedades ópticas y se los clasifica de acuerdo a su estructura íntima cristalina. Su base se halla representada por un tetraedro en el que se coloca en su interior el átomo de silicio y en cada uno de los vértices un átomo de oxígeno. Por la agrupación de estos tetraedros, podemos dividir los silicatos en:

- *Nesosilicatos:* Tetraedros simples. Fórmula general SiO_4 (Relación 1:4). La unidad de los tetraedros se hace por medio de los cationes situados entre ellos. P.ej. forsterita, granate, zircón, topacio.

- *Sorosilicatos:* Unión de 2 tetraedros compartiendo un oxígeno. Formula general Si_2O_7 (Relación 2:7) .P.ej. epidoto, zoisita, hemimorfita.

- *Ciclosilicatos:* Tetraedros compartiendo dos oxígenos pero de tal manera, que forman estructuras cerradas (anulares) de 3, 4 y 6 Tetraedros. Fórmula general SiO_3 (Relación 1:3) P. Ej. Berilo, turmalina.

- *Inosilicatos:* Tetraedros que se enlazan formando cadenas indefinidas (estructuras cateniformes). Existen dos formas de composición:

a) Cadenas simples. Fórmula general SiO_3 (Relación 1:3). P.ej. piroxeno

b) Cadenas dobles. Se alternan tetraedros formando dos filas paralelas o enlazadas entre sí. Fórmula general Si_4O_{11} (Relación 4:11). P.ej. anfíboles.

- *Filosilicatos:* Cada tetraedro comparte con tres oxígenos, pero solo en dos dimensiones dando lugar a estructuras laminares. Fórmula general Si_2O_5 (Relación 2:5). P. Ej. Las micas y arcillas.

- *Tectosilicatos:* Cada tetraedro comparte sus cuatro oxígenos con otros tantos tetraedros, dando lugar a la formación de estructuras tridimensionales. Fórmula general SiO_2 (Relación 1:2). P.ej. cuarzo, feldespatos, feldespatoides.

Feldespatos: Son silicatos de aluminio, con Na, K y Ca y a veces muy parecidos entre sí. Forman series isomorfas.

Feldespatos alcalinos: Se denominan así a la ortosa y al microclino que responden a la fórmula general: $\text{Si}_3\text{O}_8\text{AlK}$.

Feldespatos calco-sódicos. Integran la serie de las plagioclasas que se halla formada por los siguientes minerales:

Albita -extremo ácido- Formula general : $\text{Si}_3\text{O}_8\text{Al Na}$

Oligoclasa

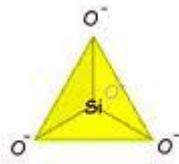
Andesina

Labradorita

Bitownyta

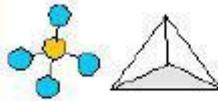
Anortita -extremo básico- Fórmula general: $\text{Si}_2\text{O}_8\text{Al}_2\text{Ca}$

IX- **Compuestos Orgánicos:** P. Ej. ámbar, coral, perlas, marfil.



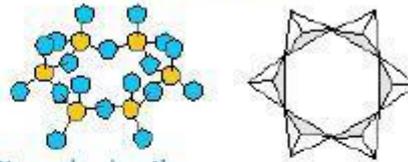
Estructura
cristalina
de los
silicatos

Tetraedros



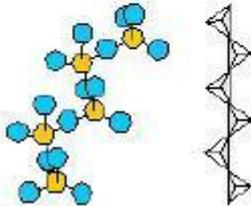
Ejemplo: olivino

Ciclosilicatos



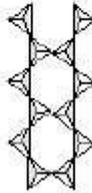
Ejemplo: berilo

Cadenas simples



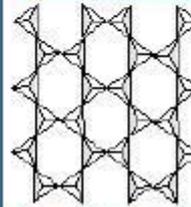
Ejemplo: piroxeno

Cadenas dobles



Ejemplo: anfíboles

Laminas



Ejemplo: caolinita