

MINERALOGÍA UN MUNDO DE LEY Y HERMOSURA

BEN CLAUSEN¹



Amatista, una variedad de cuarzo

Cuando pienses en minerales puedes pensar en los componentes del desayuno que lees al reverso de la caja de cereales. Esto sin embargo es una discusión acerca de minerales como la amatista, el diamante, la esmeralda, el rubí, el

¹ Instituto de Investigación de Ciencias de la Tierra 15 de octubre de, 2015

zafiro, el ópalo, el topacio, la Turquesa y muchos otros. Estas gemas minerales son hermosas debido a la forma en que son cortadas, facetadas y pulidas. Pero los minerales en su hábitat natural también pueden ser hermosos.

Este artículo proveerá una introducción a la mineralogía. Y un lineamiento de las diferentes categorías minerales. Encontraremos algunas características interesantes acerca de los minerales describiremos la formación de minerales en diferentes ambientes y mencionaremos algunos minerales referidos en la Biblia. Para quienes están interesados en información adicional e ilustraciones especiales, a continuación se incluyen hipervínculos. También podrá encontrar libros y páginas web relacionadas.

- *El mundo de las gemas por Walter Schumann (Sterling 2013)
- *Introducción a la Mineralogía por William Ness (Oxford 2011)
- *Rocas y Gemas por Ronald Luis Bonewitz (Dorling Kindersley 2005)
- *Elementos de la Mineralogía por Brian Mason y L. G. Berry. (Freeman 1968)
- *El reino de los minerales y las gemas.
- *Base de datos de la Mineralogía.
- *Minerales usos propiedades y descripciones @ Geology.com

¿Qué es un mineral?

Es un sólido que se produce naturalmente con una composición química específica y estructura de cristales internos distintivos, en contraste a una roca que tiene una mezcla de minerales variables. La siguiente discusión, se entregaran fórmulas químicas de los minerales simples, usando el estándar de abreviaciones químicas para los elementos. La fórmula química de un mineral indica cuántos átomos están presentes en el mineral y en qué proporción. Por ejemplo el hielo (H_2O) contiene hidrógeno y oxígeno en un radio de dos a uno.

¿Por qué la Mineralogía es importante?

Estéticamente es importante debido a la hermosura de las gemas y debido al interés general en como las leyes de la naturaleza trabajan. Prácticamente el interés es debido a que los minerales son fuente de muchos recursos naturales y la extracción de estos tales como el oro, la plata, el cobre, se remonta a miles de años.

Categorías Minerales

Sistemas de cristales: Los cristales minerales puede ser categorizados en varios sistemas basados en sus propiedades simétricas con respecto a un plano o a

un eje; un plano de simetría divide un cristal en dos imágenes espejo, dónde un eje de simetría es una línea alrededor de la cual el cristal puede ser rotado en 180° (diadas), 120° (triada) 90° (tétrada) para dar una réplica de sí mismo. Los seis sistemas de cristales en orden decreciente son: Isométrico cúbico (cuatro ejes triad), Trigonal hexagonal (un eje triada), Tetragonal. (1 eje tétrada), Ortodrómico. (3 ejes diada, un eje diada y dos planos). Los minerales más comunes que ejemplifican esto sistema son el Granate Isométrico, Turmalina trigonal, Esmeralda hexagonal, Circón tetragonal, Topacio ortorrómbico, micas monoclinicas, Arcilla y Turquesa triclinica.

Grupos: En el 1800, los minerales fueron clasificados en grupos por el geólogo cristiano James Dwight Dana; Estas agrupaciones todavía se utilizan hoy en día. Los elementos nativos incluyen oro y cobre. Los sulfatos incluyen sulfato de hierro (pirita), mejor conocida como el oro de los tontos. Los Sulfatos incluyen Yeso (CaSO_4) comúnmente usado para tableros. Ejemplos comunes de óxido son la Hemetita. Los minerales con metales como el Hierro y la Magnetita la cual es fácilmente identificada porque actúa como imán. El hielo (H_2O) es tal vez el ejemplo más común de un mineral oxido en la superficie de la tierra. Los halogenuros son sales, siendo la más común el Cloruro de sodio. (NaCl)

El grupo más grande de minerales son los silicatos. Ya que la Sílice es al mundo inorgánico lo que el Carbón es el mundo orgánico. Silicona es el elemento significativo porque forma cuatro enlaces así como lo hace el carbón. La resultante Sílice tetraedro puede formar redes 3D, cadenas, anillos de doble tetraedro y tetraedros independientes. Los minerales consistentes en redes de Sílice 3D son algunos de los más comunes incluyendo el cuarzo y el feldespato. Los minerales formados de hojas de Sílice incluyen la arcilla, las micas y el talco (como se usa en el talco en polvo). Un ejemplo de minerales con anillos de Sílice es el Berilio.

Las diferentes estructuras de enlaces de sílice tienen densidades que aumentan con el aumento de los radios de oxígeno-silicón como siguen: 2 para redes, 2.5 para las hojas, 2.75 para cadenas anfiboles dobles como el Hornblenda, 3 para cadenas únicas de piroxena como la Augita, 3 para los anillos, 3.5, para los tetraedros dobles y 4 para los tetraedros independientes. Las densidades son significativas porque las formas de densidad más alta se cristalizan bajo las condiciones de alta presión. En las profundidades del manto de la Tierra. Mientras que las formas de densidad más baja, se cristalizan en condiciones de presión baja en la corteza. Los radios son importantes por las redes de radio bajas tienen una alta viscosidad en la lava, la cual atrapa gases que pueden ser explosivos resultando en volcanes como el Monte Saint Helens. El tetraedro independiente de alto radio tiene una viscosidad menor en la lava la cual puede fluir mucho más fácilmente como en los volcanes Hawaianos.

Sustancias No Cristalinas: Algunas sustancias similares a los minerales, no tienen composiciones definidas ni estructuras de cristales pero son frecuentemente discutidas en asociación a los minerales. Amorfos vidrios y gelatinas se forman cuando una fusión se enfría demasiado rápido para formar cristales. Las perlas están formadas de almejas. El Ámbar está formado por savia de árbol.

Identificando Minerales

Algunas guías están disponibles para los principiantes que quieren identificar y coleccionar diferentes minerales de la naturaleza. Algunas características minerales simples usadas para la identificación, son el color, la veta, la dureza, la división, la fractura, el hábito, la densidad, la gemelación y la asociación mineral.

A veces el *color* puede ser diagnóstico, por ejemplo el amarillo del Sulfuro, el púrpura iridiscente de la Bornita, el verde pistacho de la Epidota y el verde o azul del Cobre en minerales tales como la Malaquita, Azurita y Crisocola. En algunos casos el color se debe a las impurezas y no al diagnóstico; por ejemplo el cuarzo se puede presentar en muchos colores; sin embargo cuando la veta es colorida, esto no se debe generalmente a las impurezas.

La dureza puede ser una propiedad de diagnóstico útil, con el uso de la Escala de Dureza de Mohs la cual clasifica los minerales de acuerdo a cuán fácilmente puedan ser rayados- Talco(1) Yeso (2) Calsita (3), Fluorita(4), Apatita(5), Feldespato Ortoclase (6), Cuarzo(7), Topacio(8), Corindón(9) y Diamante(10). Para comparar, un dedo de la mano es $2\frac{1}{2}$ y una cortapluma es $5\frac{1}{2}$. Aquellos con dureza 1 se sienten grasosos y aquellos con dureza 6 y más, rayaran un vidrio.

El brillo puede ser distintivo para la Pirita metálica, la Biotita vítrea y la Esfalerita resinosa; el Ojo de Tigre tornasolado es una forma espectacular de brillo con bandas de luz que parecen moverse cuando el espécimen es rotado. La *escisión* octaedral es diagnóstico para la Fluorita y la fractura concoidea es típica del Cuarzo. El *Hábito* puede ser diagnóstico para la Turmalina columnar, el Asbesto fibroso, Actinolina prismática, Mica foliada y la pirolusita dendrítica (MnO₂). Una alta densidad es notable en el plomo. La *gemelación* es especialmente útil para identificar Estauroлита y distinguir entre Feldespato ortoclase y plagioclase. Otras características útiles para identificar minerales son las propiedades magnéticas para la Magnetita, radioactividad para la Uraninita, fluorescencia para la Esquilita, sabor para la sal de halita, doble refracción para la Calcita, Prueba de acides hidroclicórica para la Calcita y otros Carbonatos. La doble refracción de la Calcita es mostrada cuando un claro cristal está disponible en cuyo caso dos imágenes duplicadas pueden ser vistas a través del cristal.

La prueba del ácido en Carbonatos da como resultado un líquido burbujeante como de bebidas de soda. La reacción química es $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ con el ácido carbónico dividiendo el agua y el dióxido de carbono que causa las burbujas.

Para la identificación de algunos minerales, especialmente los pequeños, se requiere para su observación hacerlo en secciones finas usando un microscopio petrográfico. Tales observaciones suman varias características para la identificación del mineral a medida que este va rotando entre dos filtros de polarización. Algunos minerales como el granate permanecen oscuros durante la rotación; mientras que, otros muestran colores de interferencias distintivos y se oscurecen (extinguen) a intervalos de 90° al girar. *El índice de refracción* (o alivio) es alto para el zircón y el apatito en comparación con el cuarzo y el feldespato. *El ángulo de extinción* (o el ángulo en el cual el mineral se vuelve negro), que es el grado entre la dirección cristalográfica y la extinción, puede ser el diagnóstico entre los anfíboles y los piroxenos. El color (pleocroísmo) puede cambiar durante la rotación de la fase con respecto a un filtro de polarización.

Lo minerales más comunes en las rocas graníticas son el cuarzo, el feldespato potásico, las plagioclasas, la biotita y la hornblenda. Estos por lo general pueden distinguirse sobre una superficie limpia en una muestra en la mano, especialmente usando una lupa de mano. El cuarzo es traslucido blanco con fractura concoidea (como una botella de bebida rota). El feldespato de potasio es a menudo de color rosado; mientras que, las plagioclasas son de color blanco. La mica de biotita es de un negro vítreo. La hornblenda es de un negro prismático.

Características especiales de los minerales

Polimorfismos y variedades. Algunos minerales tienen una composición única y con una variedad de formas. A baja temperatura, se dan las formas de grafito de carbono tal como se utiliza en el lápiz “mina” y en lubricantes, pero a altas temperaturas y presiones a 100 km de profundidad en la tierra, el carbón forma diamantes en su lugar. La andalucita prismática blanca, la cianita aplanada azul, las silimanitas fibrosas blancas son minerales metamórficos que se producen al aumentar las temperaturas y la presiones, pero con la misma composición (Al_2SiO_5). El corindón tiene una fórmula química única (Al_2O_3), después del diamante es el siguiente mineral más duro, se utiliza como un abrasivo; el zafiro y el rubí son dos piedras preciosas con la misma composición, pero con una apariencia significativamente diferente.

Quizá la más amplia variedad de formas se produce para el dióxido de silicio (SiO_2) o cuarzo, con algunas de las variedades más comunes mencionadas

aquí. La amatista es un cuarzo de color púrpura que contiene algunas impurezas de manganeso. El citrino es un cuarzo de color amarillo. La calcedonia se forma a temperaturas bajas a moderadas. El ágata es una forma de bandas de calcedonia formada por deposiciones intermitentes en cavidades siendo una geoda un ejemplo típico. El ónix es un ágata con bandas claras y oscuras. El jasper es una calcedonia de color rojo opaco. El sílex y el pedernal, alguna vez fueron usadas como herramientas de corte son la luz de la opaca y masiva calcedonia de color gris oscuro. La madera silicificada es madera remplazada por sílice. El ojo de tigre amarillo marrón se forma la sílice remplaza al amianto, pero la estructura fibrosa se mantiene. El vidrio común es sólo cuarzo amorfo. El ópalo es una forma amorfa de cuarzo que contiene entre un 3-10% de agua y, a menudo presentan un rico juego iridiscente de colores.

Gemelación. A veces, cuando los minerales se cristalizan, dos cristales crecen juntos como gemelos. Un ejemplo clásico es la estauroлита, donde los dos cristales se cruzan a 60° o 90° formando cruces de hadas. La ortoclasa, gemelos de feldespato por la Ley de Carlsbad, forman dos cristales paralelos, se distinguen fácilmente en el granito a la luz brillante del sol. Las plagioclasas feldespato por la Ley de Albita forman estrías en secciones microscópicamente delgadas. En el feldespato microclino, las leyes de Albita y Periclina se combinan para formar dos pares de gemelos perpendiculares mostrando una estructura diagnóstica de rejilla en secciones microscópicamente delgadas.

Sustitución. A menudo, los minerales no tienen una composición exacta debido a que diferentes átomos pueden sustituirse mutuamente en la red cristalina. Esto sucede cuando dos átomos tienen la misma carga iónica y radio. En las soluciones sólidas, los componentes pueden variar en una forma predecible; por ejemplo, el hierro y el magnesio pueden sustituirse mutuamente en olivino, $(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$.

Los feldespatos proporcionan el ejemplo típico de sustitución. Ya que son los más abundantes de todos los minerales, he aquí una breve descripción de los mismos en las rocas graníticas. El feldespato calcio o anorthite ($\text{CaAl AlSi}_2\text{O}_8$) se gradúa en feldespato sódico o albita ($\text{NaSi AlSi}_2\text{O}_8$) el cual puede graduar en feldespato potásico u ortoclasa/microclino ($\text{KSi AlSi}_2\text{O}_8$). El feldespato de calcio-sodio de serie de solución sólida, donde NaSi es sustituida por CaAl, son comúnmente conocidas como plagioclasas con diferentes porcentajes de sodio y se le dan nombres diferentes: 0-10% como anortita, 10-30% como bytownita, 30-50% como labradorita, 50-70% andesina, 70-90% como oligoclasa, 90-100% como Albita. La serie de solución sólida de sodio-potasio es más complicada y sólo se produce a altas temperaturas; a temperaturas bajo aproximadamente de 600° C las dos formas son inestables durante el lento enfriamiento y se separan para formar laminas paralelas. Una creciente cantidad de sodio y potasio y una cantidad decreciente de calcio generalmente indican un sistema magnético más

evolucionado que ha pasado por más etapas de fusión y cristalización.

En minerales granate $(\text{Fe,Mg,Mn,Ca})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$, donde los átomos de hierro, magnesio, manganeso y calcio se sustituyen unos con otros, el aluminio puede ser sustituido por elementos raros de la tierra. El aluminio se sustituye preferentemente por lantano de radio de ión largo a bajas presiones, y por el iterbio de radio de ión corto a altas presiones. La diferencia en la sustitución entre el lantano y el iterbio puede ser tanto un factor de entre mil y se puede usar para sugerir la presión en las profundidades de la fuente del magma granítico. Rocas graníticas que tienen una alta razón de lantano/iterbio provienen de magmas de fuentes de gran profundidad que retienen gran cantidad de lantano, pero dejan al iterbio atrás en el granate. Las rocas graníticas que tienen una baja razón de lantano/iterbio provienen de magmas de fuentes de baja profundidad que retienen más iterbio. Del mismo modo, la cantidad de aluminio frente al silicio en la hornblenda se puede utilizar para estimar la profundidad de la cristalización del mineral.

El isótopo de potasio-40 del elemento potasio es radioactivo y se puede utilizar en el proceso de datación de la edad del potasio-argón. Varios minerales comunes que contengan potasio que pueden ser usados para la datación de la edad son la mica biotita, hornblenda, y feldespato potásico. El rubidio-87 es otro isótopo radioactivo; ya que el rubidio tiene propiedades radioactivas muy similares a las del potasio, este sustituye al potasio en los minerales anteriores y puede ser usado en el proceso de datación de la edad para el rubidio-estroncio. El uranio y el torio sustituyen al circonio en el mineral de circón (ZrSiO_4) en el xenotima y la monacita (YPO_4), por lo que estos minerales se pueden utilizar para el uranio/torio-plomo en la datación de la edad.

Formación del Mineral

Los minerales se forman en diferentes tipos de ambientes: ígneos a partir del magma líquida caliente, sedimentarios a partir de soluciones de agua y metamórficas en rocas plásticas calientes.

Medio ambiente ígneo. Muchos minerales se cristalizan a partir del magma líquido para formar rocas ígneas. Los más comunes son los silicatos; olivino, piroxena, anfíboles, micas; los feldespatos y el cuarzo. Estas son en orden desde la primera para formar las rocas peridotitas a las más altas temperaturas y presiones en el manto, a las rocas ígneas intermedias en la corteza inferior, a las últimas en formarse las rocas graníticas a las temperaturas y presiones más bajas en la corteza superior. El lento crecimiento de cristales debido a lento enfriamiento del magma en las cámaras magmáticas subterráneas, produce cristales más grandes que los que se forman en la superficie debido

al rápido enfriamiento de la roca volcánica. Sin embargo, la roca volcánica puede tener dos tamaños de cristales debido a las dos etapas de enfriamiento, enfriamiento lento subterráneo produciendo cristales grandes y enfriamiento rápido de la lava que queda después de la erupción para dar una matriz de cristales no observables.

El último magma líquida en cristalizar produce pegmatitas, a menudo en canales en las fracturas de las rocas. Estas pegmatitas a menudo incluyen minerales exóticos tales como la turmalina, el berilo, la lepidolita (litio) mica, ya que contiene todos los elementos dejados a un lado que no encajan en los minerales estándar. Altos contenidos de agua tales como lo de las pegmatitas también permiten el crecimiento de cristales de gran tamaño. Los últimos líquidos calientes pueden ascender desde una cámara magmática a través de venas en la roca del campo circundante, produciendo depósitos de minerales hidrotermales con minerales únicos, como los de los depósitos de cobre.

Medio ambiente sedimentario. Precipitados y evaporitas minerales pueden formarse en un ambiente sedimentario. Los precipitados pueden incluir variedades secundarias de cuarzo tales como ágata y calcita que precipita a partir de fluidos que se mueven a través del sedimento. Evaporitas minerales tales como la halita y el yeso se forman de masas de aguas salinas, a medida que el agua se evapora y deja las sales residuales.

Medio ambiente metamórfico. Muchos minerales únicos se forman a presiones y temperaturas más altas que las que se experimentan en un ambiente sedimentario, pero no tan alto como en un entorno ígneo. Los tipos de minerales que se forman se determinan por la presión, la temperatura y la química, de modo que los conjuntos de minerales nos pueden indicar las condiciones de presión/temperatura de la formación. Minerales metamórficos típicos incluyen a: silimanita, staurolita, talco, serpentina, clorita, granate, actinolita y epidota. Los minerales ígneos, albita, feldespato potásico y biotita, también se forman bajo condiciones metamórficas.

Minerales en la Biblia

Una serie de minerales se mencionan en la Biblia, aunque no siempre está claro a partir de las antiguas palabras Hebreas y Griegas saber exactamente a cuál de los minerales conocidos de hoy se hace referencia.

El sulfuro se lo conoce como el azufre (por ejemplo Gen. 19: 24; Isa. 34: 9; Ap. 9: 17). Otros ejemplos de la Biblia incluyen los minerales en el pectoral del Sumo Sacerdote (Ex 28: 15-20; rubí, topacio, carbunclo, esmeralda, zafiro, diamante, jacinto, ágata, amatista, berilio, ónice y jaspe) y los cimientos de la Nueva Jerusalén (Ap. 21: 19-21; jaspe, zafiro, ágata, esmeralda, ónix, cornali-

na, crisólito, berilo, topacio, crisoprasa, jacinto y amatista). Según la tradición las tablas de piedra de los Diez Mandamientos están hechas de zafiro o lapislázuli (véase Ex. 24: 10, 12; Ez. 1: 26; 10: 1; Ap. 4:3).

Las minas del Rey Salomón con calcosina, crisocola y malaquita, se asocian con rocas graníticas y sedimentarias en Eliat y Timna en el sur de Israel. Esta área, donde se han encontrado decenas de hornos de fundición de cobre, puede ser el lugar más antiguo para la producción del cobre en el mundo. Originalmente se pensó que las minas habían sido explotadas por el Imperio Egipcio entre los siglos XIV al XII a.C. utilizando cinceles y azadones de metal para excavar pozos tubulares a una profundidad de hasta 30 metros. Una fijación de fecha más reciente por radiocarbono sugiere que la edad es de entre el siglo XI al IX a. C. durante la época de David y Salomón.

La belleza, la variedad, y el orden en el reino mineral muestran algunas facetas del carácter de Dios y sus leyes para gobernar el mundo. La Biblia habla de las dificultades para encontrar oro, plata, hierro, cobre, ónix, zafiro y topacio en oscuras minas subterráneas, pero señala que la sabiduría puede ser aún más difícil de encontrar, ya que es en temor del Señor (Job 28).