



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE
HIDALGO**

**FUNDAMENTOS DE MINERALOGÍA
PARA INGENIEROS**

DR. MIKHAIL OSTROOUMOV

MORELIA

2007

Introducción a la Mineralogía	3
1. Objetivos principales y breve historia de la Mineralogía:	4
2. Conceptos Fundamentales de la Mineralogía contemporánea: Definiciones de conceptos fundamentales (mineral, especie mineral, variedad mineral; Clasificación cristalocquímica, unidades taxonómicas).	10
3. Cristalocquímica de minerales: Propiedades fundamentales de sustancias cristalinas; Dos tipos de sustancias sólidas; Redes cristalinas; Principio de empaquetamiento; Número de coordinación; Radios de átomos e iones en cristales; Enlaces químicos; Energía de la red cristalina; Isomorfismo; Polimorfismo; Tipos de Estructuras cristalinas; Defectos atómicos en estructuras cristalinas; Composición química y fórmula cristalocquímica de los minerales.	25
4. Simetría y formas simples de cristales minerales: Elementos, clases, sistemas y categorías de simetría; Formas simples y sus combinaciones externa de los cristales; Leyes de cristalografía geométrica.	82
5. Cristales y agregados minerales en la naturaleza: Habito y aspecto de cristales minerales; Agregados minerales; Particularidades específicas de cristales reales.	119
6. Propiedades físicas de minerales: Propiedades ópticas; Propiedades mecánicas; Densidad; Propiedades magnéticas; Propiedades eléctricas.	126
7. Mineralogénesis: Ambientes, condiciones y modos de mineralogénesis; Tipos de yacimientos minerales.	148
8. Descripción del Mundo Mineral por Tipos y Clases cristalocquímicas:	165
8.1. Sustancias simples.	165
8.2. Sulfuros y sus análogos.	167
8.3. Compuestos Oxigenados	169
8.3.1. Óxidos e Hidróxidos.	170
8.3.2. Sales oxigenadas	172
8.4. Halogenuros	181
8.5. Resumen breve sobre aplicaciones económicas de los minerales	182
9. Técnicas analíticas en la investigación de minerales: Resumen sobre las técnicas analíticas principales usadas en la Mineralogía contemporánea.	192
10. Mineralogía avanzada: Tendencias principales, Conceptos básicos, Resultados recientes de investigaciones mineralógicas en México.	200
Conclusión	209
Bibliografía	211

Introducción a la Mineralogía

La Mineralogía es una de las ciencias más antiguas. Desde la antigüedad hasta hoy día los minerales eran y son las fuentes de materiales, metales y energía. Durante mucho tiempo la Mineralogía se quedó como la única ciencia geológica, la cual unía la teoría de la parte inorgánica de la naturaleza. Solo en el 1777 el conocido científico alemán Abram Werner extrajo de ella la Geología bajo el nombre de Geognosia. Más tarde de la Mineralogía se distinguieron la Cristalografía, la Geoquímica y la Petrografía. Digamos que la Mineralogía era “la madre” de varias importantes ciencias actuales.

Actualmente la Mineralogía como una de las disciplinas de las Ciencias de la Tierra se caracteriza por mantener varios preceptos fundamentales y una sistematización de minerales. Se conoce bien que durante mucho tiempo la Cristalografía era una parte de la Mineralogía, uno de sus capítulos de introducción. Actualmente la Cristalografía es una ciencia independiente que continua conservar su papel importante en el estudio del mundo mineral.

La Mineralogía es una ciencia fundamental en el estudio de las sustancias minerales de origen natural. Los ingenieros geólogos entienden bien que la resolución de muchos problemas geológicos resultaría imposible sin el conocimiento profundo de esta ciencia. Además, hay que subrayar el desarrollo reciente de la Mineralogía aplicada, la cual permite resolver exitosamente diferentes problemas prácticos tanto en la exploración de yacimientos minerales como en la explotación y beneficio de las menas.

Al mismo tiempo, esta ciencia resulta ser básicamente necesaria para la preparación académica de los especialistas en la Ciencia de los materiales y en la Metalurgia. Los especialistas-ingenieros (civiles, químicos, metalurgistas, etc.) tienen que conocer las características sustanciales de los agregados pétreos naturales, minerales artificiales, compuestos

UMSNH-IIM, Depto. De Geología y Mineralogía

orgánicos y sintéticos, rocas industriales y diferentes productos tecnológicos (materiales abrasivos, refractarios, cerámicos, porcelana, loza, cementos, escorias, cóques, productos de fusión de rocas, etc.).

El presente curso constituye ser la primera parte de una serie de 2 cursos globales que fundamentan la preparación de los especialistas en la Ciencia de la Tierra, pero también podrán ser usados como los compendios básicos por los ingenieros de otras áreas. La Mineralogía Avanzada Analítica será la siguiente asignatura que completa este curso.

En este compendio se generalizaron muchos datos de bibliografía científica y docente sobre la Mineralogía, Cristalografía y otras ciencias afines, cuyo material fue utilizado por el autor en forma original o transformada.

1. Objetivos principales y breve historia de la Mineralogía

La mineralogía es una de las ciencias más antiguas, la cual se ha caracterizado por su desarrollo irregular, lo que explica en gran medida su larga historia. Se puede decir, que la práctica de la mineralogía es tan vieja como la civilización humana. Las pinturas de las tumbas del Valle del Nilo, realizadas hace unos 5 000 años, muestran ya artífices ocupados en pesar malaquita y metales preciosos, en fundir minas de mineral y trabajando con gemas de lapis lázuli y esmeralda.

El nombre del primer libro conocido sobre mineralogía se llamó "Sobre las Piedras" y fue escrito hace más de dos mil años atrás por Teofrasto, alumno de Aristóteles (372-287 años antes de n.e.) Este libro determinó el objeto de la mineralogía a lo largo de muchos períodos de su historia. Casi hasta final del siglo XIX la mineralogía fue la ciencia "Sobre las Piedras". En aquél período esta fue la única ciencia de todos los cuerpos fósiles, obtenidos o presentes en las capas de rocas, es decir, la ciencia de las piedras o fósiles. Tal contenido de la mineralogía fue UMSNH-IIM, Depto. De Geología y Mineralogía

introducido por el científico italiano Bernardo Cezio en el año 1636; utilizando la palabra "Mineralogía" para la ciencia de las piedras o los cuerpos fósiles. El concepto de cuerpo fósil reunió a los minerales (Simples cuerpos minerales), rocas, menas (complejos de cuerpos minerales) y fósiles tales representaciones fueron reflejadas en las denominaciones de los minerales; así, uno de los primeros manuales de mineralogía en ruso se llamó "**Primeras nociones de mineralogía o historia natural de los cuerpos fósiles**", que escribió el sabio eminente Vasilio Severguín en el año de 1798.

El conocido reformador de la mineralogía el alemán Abram Werner, en su primera obra (1777) utilizaba el término "Los cuerpos fósiles", casi para todos los minerales y estaba en contra del término "Mineralogía" e introdujo una nueva denominación "Orictognosia" (formada por dos palabras griegas: orictos - fósil, gnosis - conocimiento, sin embargo el término "mineralogía" se confirmó en la ciencia, entonces "Orictognosia" quedó como su nombre más antiguo. Esto también se puede explicar, pues la denominación "Mineralogía" reafirmó sus relaciones con la minería a la cual se vincula desde el comienzo de su desarrollo.

El desarrollo de dicha ciencia siempre estaba estrecho vinculado con la metalurgia y química. La transición de las herramientas de piedras o los metálicos en el siglo de bronce (3000 - 1000 años) y después en el siglo de hierro (1 000 años atrás) prestaba la atención a las menas de hierro (Magnetita, Hematita, Siderita), de cobre (Calcopirita, Bornita), estaño (Casiterita) etc. El resultado de esta transición era gran crecimiento de la productividad del trabajo y el mejoramiento brusco de la calidad de los artículos de artesanía. Empezaban a hacer los artículos de hierro (tubos, alambre, hojas, etc.) que imposible fabricar de las piedras. Estos productos también se pueden reparar. El siglo de hierro, empezaba hace 3 000 años atrás, continúa hasta hoy en día.

Durante mucho tiempo la mineralogía se quedó como la única disciplina geológica, la cual unía la teoría de la parte inorgánica de la naturaleza. La mineralogía abarcó un campo tan amplio que determinó que los grandes mineralogistas, al mismo tiempo, fueron también los grandes especialistas de la Geología (por ejemplo A. Werner, D. Dana, V. Vernadski, etc.).

Esta situación explica las particularidades de la mineralogía como la ciencia geológica fundamental. La determinación de la mineralogía como la ciencia común de los minerales, está asociada con el nombre de A. Werner, quien extrajo de ella la geología en el año 1777 bajo el nombre de Geognosia. Más tarde, en el siglo XIX de la mineralogía se distinguieron la Paleontología y la Petrografía.

Al principio del siglo XX, de la Mineralogía se distinguió la Geoquímica. Durante su larga historia de desarrollo el concepto de la Mineralogía varió más de una vez, de esta forma, durante la etapa prehistórica de esta ciencia se consideraban como minerales todos los cuerpos sólidos tanto naturales, como artificiales (resinas, pinturas, escorias, vidrios, metales, esmaltes, etc.), los cuales el hombre supo producir y utilizar conforme a sus necesidades.

Más tarde el número de objetos que estudiaba la mineralogía se redujo a causa de la eliminación de los fósiles, rocas, líquidos y gases naturales, carbón, sustancias artificiales, etc. Hay que subrayar que cada objeto así eliminado se convertía en el objeto de una nueva ciencia independiente (Paleontología, Petrografía, Teoría de caustobiolitos, etc.), es decir, ni un solo objeto de la mineralogía fue desaprovechado por la ciencia, al contrario, todas ellas se estudian hoy día de manera aún más profunda y detallada.

En la actualidad la mineralogía es una ciencia la cual tiene gran importancia para todos los especialistas que están trabajando en diferentes ciencias de los materiales; es un campo sintético de estudio íntimamente relacionado con la geología (búsqueda y exploración de nuevos UMSNH-IIM, Depto. De Geología y Mineralogía

yacimientos de los minerales económicos) por un lado, y la física y la química, por otro.

La dicha ciencia ocupa el lugar especial entre las ciencias que están en los planes del estudio de los institutos mineros, tecnológicos y metalúrgicos. Los estudiantes que estudian la Metalurgia y la Siderurgia deben saber por lo mínimo los elementos principales de la Mineralogía, Cristalografía y Petrografía, las características de las sustancias ferrosas y no metálicas que se utilizan en los procesos tecnológicos. Se sabe que durante los últimos años las escalas de la extracción de las menas de hierro se aumentaron de una manera significativa: a partir del siglo de hierro y hasta el año 1900 fueron extraídas 1000 millones de toneladas de estas menas; mientras que en el período de 1900 a 1980 - 12 mil millones de toneladas. Recientemente, han aparecido los nuevos tipos de menas de hierro. Es obvio que para ellos hay que cambiar los métodos tradicionales de la extracción, concentración, tratamiento metalúrgico. La resolución de estas tareas es imposible sin la comprensión completa y profunda de la Mineralogía de las menas de hierro. Por eso, la Mineralogía pertenece a las disciplinas más importantes para los estudiantes de las especialidades de Materiales y Metalúrgicas.

Los ingenieros tienen que saber también la Cristalografía moderna que es una ciencia fundamental y está relacionada con la Mineralogía. La corteza terrestre, la mayoría de las rocas y menas, consisten de los cristales. Los científicos confirmaron el estado cristalino de los metales y aleaciones, materiales refractarios, productos de cerámica y de loza, ladrillos, cementos, coques y muchas otras sustancias naturales, artificiales y tecnológicas. La Cristalografía propone una teoría general sobre el estado cristalino, considera la simetría y la clasificación de los cristales, explica las relaciones entre la estructura interna y sus propiedades. Dicha ciencia estudia el crecimiento de los cristales y propone las recomendaciones para el crecimiento de los cristales, metales y materiales con las propiedades determinadas.

Actualmente la Mineralogía estudia profundamente todas las sustancias y productos minerales que son indispensables para el bienestar, la salud y el nivel de vida del hombre moderno. Por eso, sería conveniente explicar en forma breve lo siguiente

¿Para que estudiar la Mineralogía? Veamos lo que podemos mencionar al respecto:

1. La Mineralogía y las Ciencias afinas son el fundamento del conocimiento humano sobre la Tierra que nunca será anticuado.

2. Mineralogía es una ciencia universal sobre las sustancias minerales que es necesaria en todos los terrenos de la vida: sea las investigaciones de los minerales del subsuelo y entrañas de la Tierra, sea la Ciencia de los Materiales, sea la síntesis de los compuestos artificiales, sea medicina y estudio de las formaciones minerales en los organismos vivos.

3. Mineralogía es una de las ciencias fundamentales sobre las sustancias de la corteza terrestre que permite obtener el conocimiento completo sobre la esencia del fenómeno de formación y transformación de diferentes compuestos naturales a partir de su nivel atómico.

Mineralogía es una base sobre las materias primas naturales que siempre serán necesarias tanto en la economía mundial como en la economía de los países concretos.

5. Mineralogía es un fundamento de los conocimientos sobre la tecnología de extracción y procesamiento de las materias primas naturales que son necesarias para el funcionamiento exitoso de las empresas mineras y metalúrgicas.

6. Mineralogía es el conocimiento sobre los minerales gemológicos (piedras preciosas, de joyería, ornamentales, etc.), su diagnostica, evaluación y mercado.

7. Mineralogía es una base de los conocimientos sobre el uso de los materiales pétreos en la construcción y arquitectura: de su historia hasta la tecnología y mercado.

8. Mineralogía no es una ciencia teórica, sino también práctica que muestra el

camino para aprender la cultura sobre los minerales y materiales pétreos en las ciudades de diferentes países y en particular en México que son el patrimonio de la humanidad.

Se sabe que actualmente la Mineralogía está relacionada muy estrechamente con varias ciencias fundamentales y prácticamente con todas las Ciencias de la Tierra (Fig. 1.1).

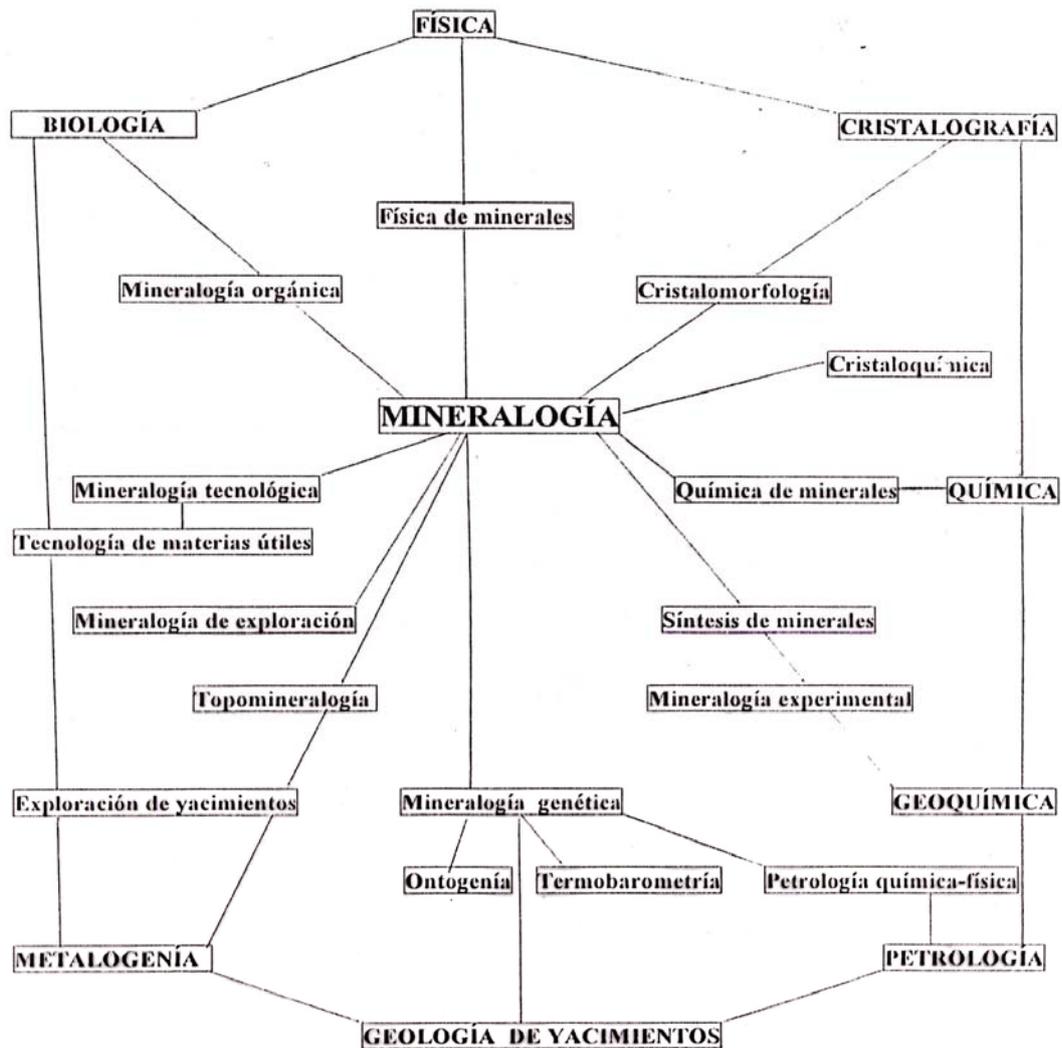


Figura 1.1. Relaciones entre la Mineralogía y otras ciencias.