

10. Mineralogía Avanzada

Durante las últimas décadas se lograron éxitos considerables en la física y química de los cuerpos sólidos. Gracias a este hecho y como consecuencia de estudios recientes de los minerales en el conjunto de varias disciplinas de las Ciencias de la Tierra se ha ido conformada un área nueva conocida como “Mineralogía Avanzada”. Actualmente, en ella se destacan las siguientes tendencias principales: 1. Física y Cristaloquímica de los minerales, 2. Técnicas analíticas modernas y su desarrollo reciente, 3. Mineralogénesis en diferentes condiciones de formación (corteza terrestre, manto, fondo oceánico, volcanes, biosfera, medio ambiente, espacio), 4. Mineralogía aplicada. Todas ellas tienen sus bases teóricas, tareas, objetivos y métodos específicos. Así, por ejemplo, en la mineralogía aplicada se distinguen las siguientes áreas: a) mineralogía aplicada a la prospección de yacimientos minerales – conjunto de tareas mineralógicas dirigidas a la obtención de una mayor eficacia en los trabajos de exploración y evaluación de los yacimientos; b) mineralogía de las nuevas especies de materias primas - conjunto de investigaciones específicas que permiten revelar nuevas propiedades útiles de los minerales, para luego incorporarlos en el uso industrial, c) mineralogía tecnológica - conjunto de investigaciones que se desarrollan en la frontera entre la mineralogía y la tecnología de las materias primas naturales y diferentes materiales tecnológicos.

La utilización amplia de las técnicas analíticas modernas - microscopio electrónico, microsonda electrónica, espectrometría infrarroja y Raman, nuevos métodos de difracción de rayos X, métodos de radiofrecuencia (Resonancia Paramagnética Electrónica, Resonancia Magnética Nuclear, Resonancia Cuadripolar Nuclear), electrostáticos, magnetostáticos, cuántico estáticos, de luminescencia etc. - ha permitido determinar las particularidades específicas de los minerales reales que se

encuentran en diferentes tipos de yacimientos y obtener una gran información práctica de los mismos. Los resultados principales de las investigaciones mineralógicas obtenidos recientemente son los siguientes:

1. Cualquier mineral que se forma en condiciones físico-químicas determinadas, a pesar de que al principio conserva por lo general su composición y las propiedades ordinarias que se consideran en la mineralogía clásica, adquiere en dependencia de estas condiciones de formación las particularidades distintas, las cuales se pueden determinar con técnicas analíticas modernas. El mineral tiene las huellas del ambiente mineralogénico, en el cual se formó y luego se transformó. Esta información se encuentra en las particularidades de su morfología, carácter de la estructura y textura de los agregados, aparición de diferentes elementos impurezas, composición isotópica de los elementos principales y secundarios del mineral, presencia de inclusiones gaseosas, líquidas y sólidas, fenómenos de orden-desorden estructural, presencia de diferentes defectos, centros-impurezas, dislocaciones, diferentes propiedades físicas. La historia del origen, existencia y transformación de los minerales se establece mediante el estudio de las leyes que rigen la composición, estructura y propiedades físicas las cuales, como regla, corresponden a las condiciones determinadas de la formación de los mismos. La resolución de estos problemas es la tarea principal de la mineralogía genética moderna.

2. El mineral reacciona sensiblemente por diferentes cambios en las condiciones de mineralogénesis (ley de la resonancia mineralógica). Por eso, en los límites de los mismos yacimientos es posible establecer las particularidades específicas de los minerales en dependencia de su posición espacial y temporal. Esta circunstancia abre grandes perspectivas para la utilización de los mismos minerales en la prospección y evaluación de los yacimientos.

3. La mayoría de los minerales se caracteriza por la heterogeneidad y

microheterogeneidad. Ellos contienen varias inclusiones de diferente naturaleza en las escalas micro - y nanométricas que se pueden observar en el microscopio electrónico y los cuales forman su micromundo. El estudio de este micromundo y su asociación específica, permite obtener una nueva información complementaria sobre las condiciones de formación de los minerales y al mismo tiempo sobre la forma de existencia de los elementos químicos en su composición. Esto es muy importante para la elaboración de esquemas tecnológicos de extracción de los elementos químicos de importancia práctica.

4. El mineral se forma, como regla, en la paragénesis y la asociación con otros minerales. Estas asociaciones minerales son conformes a las leyes específicas y caracterizan los procesos determinados de formación de los minerales. El análisis moderno paragenético es una herramienta poderosa para la interpretación de los procesos de la mineralogénesis. Este análisis se basa no solamente en el estudio de las asociaciones, sino también en las propiedades específicas de los minerales y en las leyes de la distribución de los elementos entre los mismos. Además, este análisis permite establecer los minerales típicos, los cuales ellos mismos o sus particularidades características pueden servir como guías específicas de la formación de las menas. El uso de tales guías podría aumentar considerablemente la eficacia de los trabajos de exploración geológica.

5. En el nivel actual de la ciencia, varias propiedades físicas de los minerales se pueden cambiar en una dirección determinada, al someterse estos a influencias diferentes: mecánicas, acústicas, químicas, de temperatura y presión; utilizando la radiación de partículas con diferente energía, construyendo o destruyendo en ellos diferentes defectos naturales. Es evidente, que todo esto tiene nuevas perspectivas para sus usos en la industria, así como para la elaboración de esquemas tecnológicos más

adecuados.

6. Actualmente se realiza el estudio de nuevas propiedades de los minerales: de láser, semiconductores, piezoeléctricas, magnetoeléctricas, electrostáticas, magnéticas (en las condiciones del intervalo amplio de temperaturas), térmicas, de intercambio de iones, así como los fenómenos de la interacción mutua con diferentes reactivos y bacterias. Todo eso permite ampliar el uso de los minerales en la industria y da la posibilidad de usar nuevas variedades de las materias primas en la industria moderna.

Por lo tanto, en la actualidad la ciencia mineralógica tiene las posibilidades amplias para resolver una serie de tareas en varias Ciencias de la Tierra tanto teóricas como aplicadas en la base de las investigaciones detalladas de los mismos minerales.

El proceso histórico de la separación de las nuevas áreas científicas en la mineralogía y su subsiguiente consolidación no disminuye el papel científico y práctico de la mineralogía moderna. Se sabe, que últimamente todo lo nuevo y lo más importante en la ciencia aparece en las fronteras de las diferentes áreas de ella. Por ejemplo, si la geoquímica se separó como ciencia independiente y se desarrolló por si misma, entonces en el punto de contacto de la geoquímica y la mineralogía aparecieron nuevas áreas de investigación (isotopía de los minerales, termodinámica de los procesos mineralogénicos, etc.). Al mismo tiempo, el uso de los métodos geoquímicos para la investigación de los minerales (el uso del método de las relaciones indicativas de los elementos, estudio de la distribución de las impurezas en los minerales, etc.) abre grandes perspectivas para obtener diferente información tanto teórica como práctica de los minerales y sus asociaciones.

Se conoce bien, que México ha sido dotado por la naturaleza de enormes recursos minerales tanto metálicos como no metálicos. En los siglos pasados grandes hombres de ciencia mexicanos como Andrés Manuel del Río y José Guadalupe Aguilera indicaban el legendario patrimonio mineralógico en el subsuelo mexicano. Sin duda, la mineralogía es una

disciplina de gran tradición en México, pero, al mismo tiempo, los geólogos mexicanos reconocen que son pocos los especialistas y las instituciones que se dedican actualmente a desarrollarla. Así, por ejemplo, desde que José Guadalupe Aguilera publicó en 1898 su “Catálogo de las Especies Minerales y su Distribución Geográfica en México”, a la fecha, todavía existe en el país un vacío de obras similares y actualizadas que describan el inventario sistemático de minerales nacionales.

A finales del siglo XX se publicaron varios trabajos sobre la situación de la mineralogía en México. En 1984 se funda la Sociedad Mexicana de Mineralogía con el objetivo primordial de impulsar el desarrollo de esta ciencia.

Los resultados de las investigaciones más relevantes en México fueron relacionados con distintas áreas de la Mineralogía Avanzada: física y cristalquímica de los minerales, mineralogía aplicada a la prospección de yacimientos minerales, estudio mineralógico-geoquímico y de caracterización de las materias primas y minerales útiles de los yacimientos en diferentes regiones de la República Mexicana. Sobre todo hay que subrayar la creación del catálogo de minerales mexicanos con base en la clasificación cristalquímica moderna que significa el primer intento científico y sistemático del inventario mineralógico del país. El propósito de esta investigación es, al principio del tercer milenio, analizar el presente catálogo mineralógico, no solo de interés científico, sino también desde el punto de vista práctico, caracterizando detalladamente aquellas especies minerales que puedan ser utilizadas como una guía importante tanto en la exploración de los yacimientos minerales como en la explotación y beneficio de las menas.

Entre otras investigaciones mineralógicas de los últimos años vamos a indicar los siguientes:

1. En la física de los minerales se obtuvo por vez primera información sobre los espectros Raman de los compuestos de sílice de diferente grado de cristalinidad

(vidrios volcanicos, tektitas, ópalos), de las impactitas (Fig. 10.1) de Chicxulub (México) y los espectros de color de

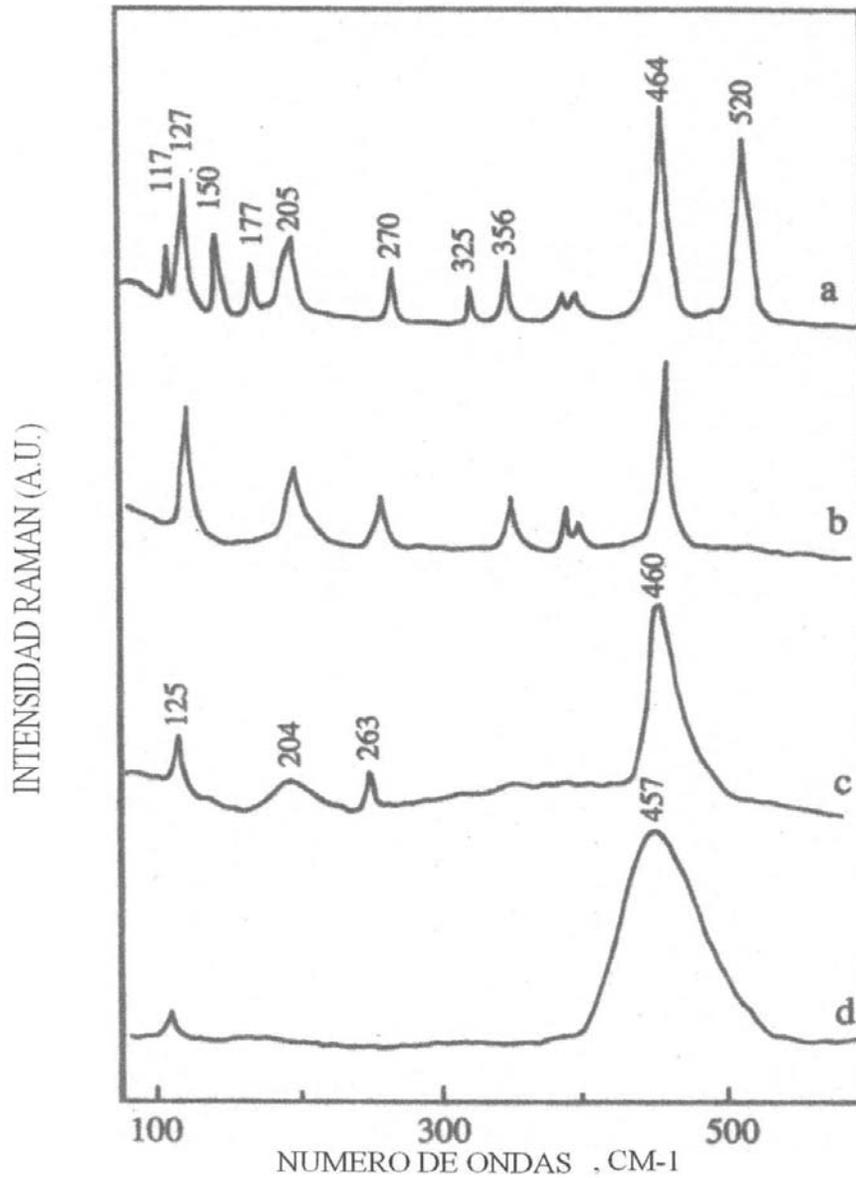


Figura 10.1. Espectros Raman de las impactitas provenientes del Crater Chicxulub (México): a-coesita+cuarzo, b-cuarzo con la estructura ordenada, c-cuarzo con el desorden estructural intermedio, d-cuarzo con la estructura desordenada.

difracción en la región UV-VIS-NIR de los ópalos de varios yacimientos mexicanos. Como resultado de estas investigaciones se determinaron los criterios espectrométricos que permiten obtener la información cristaloquímica completa sobre los compuestos de esta naturaleza, caracterizándolos mediante la espectrometría Raman y UV-VIS-NIR.

2. En el área de mineralogía aplicada a la prospección de yacimientos minerales se analizaron las características metalogenéticas de los principales depósitos de diferente tipo distribuidos en la parte centro-occidental de México (Estado de Michoacán). Con base en la mineralogénesis de cada tipo de yacimiento se explica la importancia que conlleva la comprensión de un proceso geológico en relación con las guías mineralógicas de exploración de los recursos minerales.

3. Estudio mineralógico-geoquímico y de caracterización de varias materias primas y minerales económicos del Estado de Michoacán. Este tema, de importancia práctica, fue desarrollado durante las investigaciones de diferentes yacimientos metalíferos (oro, plata, polimetálicos) y no metálicos (zeolitas, arcillas, ópalos). En particular, fueron descritos nuevos hallazgos de las zeolitas (Mordenita, Clinoptilolita, Escolecita, Estilbita) los cuales representan una importante oportunidad económica, teniendo en cuenta sus características comparativas con otros depósitos de este tipo en el mundo y sobre todo por el desarrollo del polo industrial de la Ciudad de Lázaro Cárdenas, que reclama soluciones inmediatas a diferentes problemas actuales de impacto ambiental.

4. Mineralogía tecnológica de los no metálicos en el Estado de Michoacán: la producción de nuevos materiales tecnológicos con las propiedades útiles (alta resistencia a la acción química en el cambio de temperatura, resistencia mecánica a la abrasión) en diferentes áreas industriales a partir de algunas rocas naturales y residuos siderúrgicos. Las investigaciones mineralógicas y geoquímicas de las rocas basálticas

del Estado de Michoacán permiten recomendar el uso petrúrgico de algunas variedades de éstas para diferentes aplicaciones industriales.

5. Por vez primera en México se realizó el estudio detallado de las fases minerales que se forman en el resultado de la actividad volcánica reciente. Se identificaron alrededor de 40 especies minerales entre las cuales se determinaron unas nuevas especies minerales descubiertas en México (Fig. 10.2). Los resultados obtenidos permiten llevar a cabo la interpretación teórica de los procesos mineralogénicos naturales y al mismo tiempo, utilizarlos en la prospección minera, caracterizando las particularidades de distribución espacial y temporal de la mineralización económica en los yacimientos de origen volcanogénico.

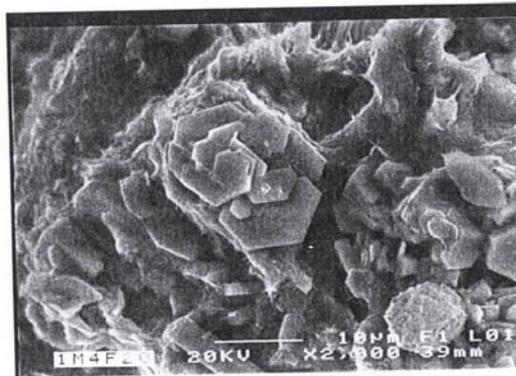
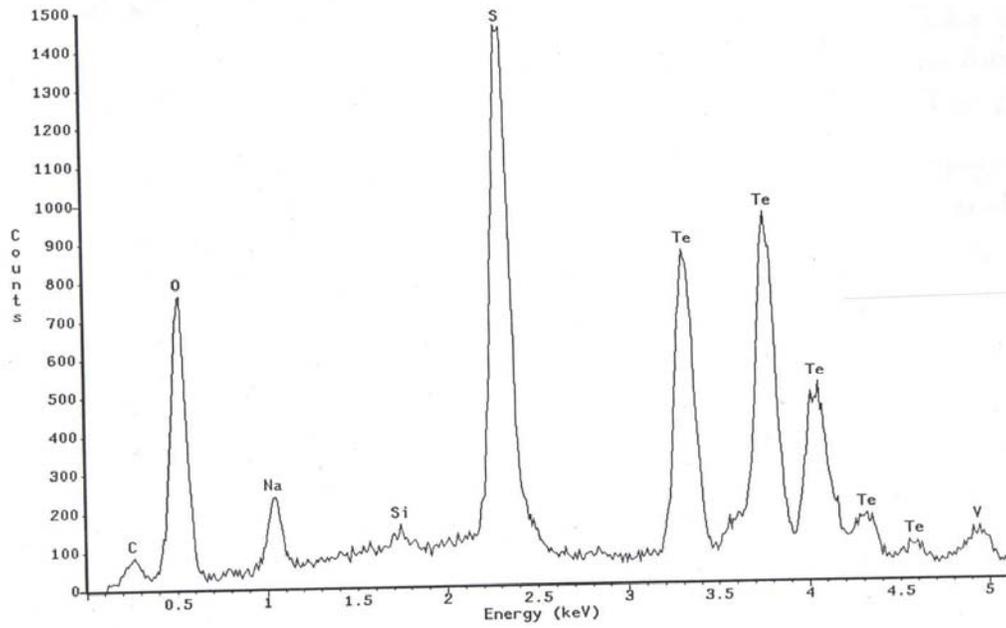


Figura 10.2. Microanálisis X-EDS y Microscopia Electrónica de Barrido de una especie de minerales-sublímados: óxido - sulfato de telurio (volcán Colima, México).