
CAPITULO VI

AMBIENTES GEOLOGICOS

Ambiente Magmático

El ambiente magmático se caracteriza por temperaturas altas a moderadas de 1200° C de algunos magmas a 400° C de algunas vetas. La presión varía ampliamente, siendo elevadas en las grandes profundidades donde se genera el magma, hasta 1 atmósfera cuando el magma alcanza la superficie. La composición química es relativamente constante.

a) Rocas Igneas

Son rocas formadas por la consolidación de magmas, usualmente conocidos como lavas cuando alcanzan la superficie de la Tierra. El magma es un material parcialmente fundido, con agua y gases disueltos. La mayoría de los magmas contienen gran cantidad de sílice (SiO_2) y son formados por la fusión de rocas donde los constituyentes minerales principales fueron silicatos. Las rocas ígneas se clasifican con base en la composición del magma y la textura. Además, por estas características pueden diferenciarse de otros tipos de rocas.

El magma está constituido principalmente por: oxígeno, silicio, aluminio, fierro, magnesio, calcio, sodio y potasio, pero contiene cantidades mínimas de casi todos los demás elementos químicos. Un magma puede solidificarse en cualquier parte, desde su origen en el manto o en las partes inferiores de la corteza, hasta la superficie misma. Una vez formado el magma, puede ascender debido a diferencias de densidades, el fluido asciende hacia zonas de menor presión, pudiendo llegar hasta la superficie. En este último caso, el enfriamiento brusco causa que muy pocos o ningún núcleo alcancen a formarse y las rocas se caracterizan por una textura formada por una masa llamada matriz con algunos cristales aislados en ella. Este tipo de rocas son llamadas extrusivas o volcánicas.

Los volcanes son el lugar de salida del magma a la superficie y éstos pueden tener forma de cráter con estructura cónica, o bien corresponder a una grieta de forma irregular. Otras formas volcánicas son los mantos o coladas.

Cuando el magma se solidifica en el interior de la corteza terrestre, las masas ígneas reciben diferentes nombres dependiendo de su forma y tamaño, así como de la disposición que guardan con la roca intrusada. En este caso, el enfriamiento es lento por lo que pueden formarse y desarrollarse muchos núcleos, dando como resultado una textura granuda o cristales visibles en muestra de mano. Estas rocas se conocen como intrusivas o plutónicas. La mineralogía de la roca dependerá básicamente de los constituyentes químicos del magma. La cristalización de estos minerales está en función de la temperatura o punto de fusión, cristalizando primero aquellos minerales de temperatura más alta y finalizando los de temperatura más baja.

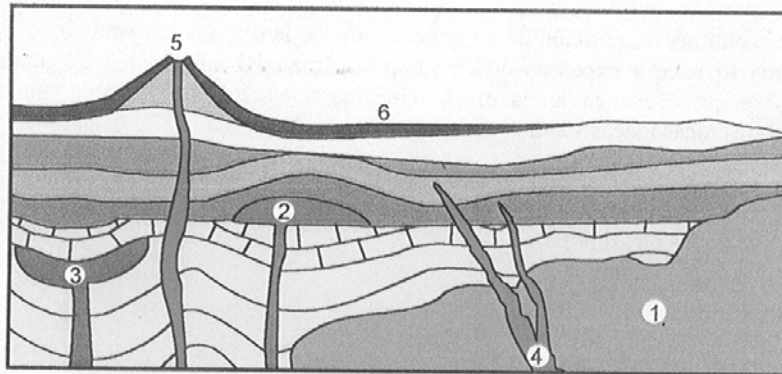


Figura 76. Morfología de los cuerpos intrusivos y extrusivos. 1) Batolito; 2) Lacolito; 3) Facolito; 4) Diques; 5) Volcán; 6) Manto de lava.

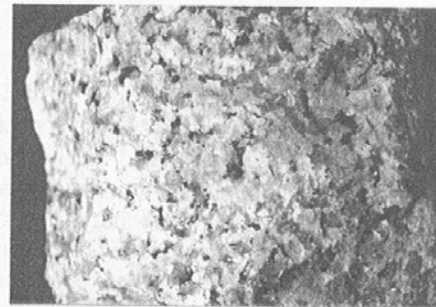
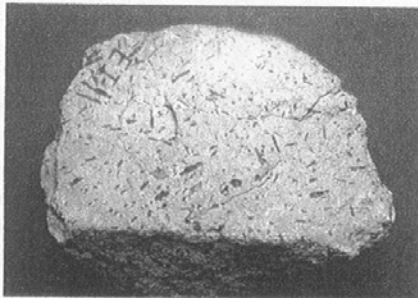


Figura 77. Ejemplares de rocas ígneas. Izq. roca volcánica con textura porfídica (matriz clara y cristales en negro); der. roca intrusiva con textura granuda, es decir, formada por cristales visibles.

Basado en esto Bowen definió una serie de cristalización de minerales en el enfriamiento de un magma y se conoce como Serie de Bowen.

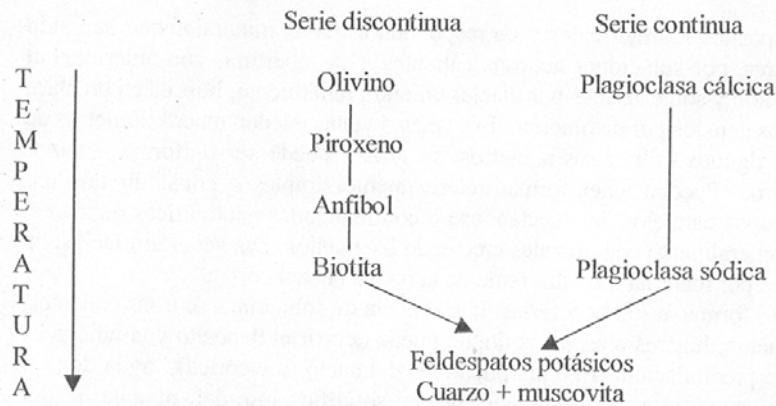


Figura 78. Series continua y discontinua de Bowen.

En la serie discontinua la aparición de un mineral implica la destrucción paulatina del anterior, pues el que se forma lo hace a expensas de él, junto con material adicional del magma aún no solidificado. En las series se encuentran la mayoría de los minerales o grupos de minerales que constituyen casi todas las rocas ígneas y son :

Silicatos :

- Olivino
- Grupo de los piroxenos
- Grupo de los anfíboles
- Biotita y muscovita
- Grupo de los feldspatos
- Grupo de los feldespatoideos

Oxidos: Cuarzo

b) Pegmatitas

Al cristalizar un magma se forma un residuo que es un líquido silíceo rico en aluminio y en álcalis (Na y K), que contiene agua y otros productos volátiles, además de una elevada concentración de los elementos escasos que no se han incorporado en la estructura de los minerales esenciales que constituyen las rocas ígneas. La presión de los gases que contiene este residuo, en muchos casos obliga al fluido a inyectarse en las partes débiles de las rocas que lo rodean, incluso de la misma intrusión. Las rocas formadas por estos fluidos se conocen como pegmatitas si tienen grano grueso (mayor de un centímetro). Las pegmatitas se hallan relacionadas a numerosas rocas plutónicas principalmente granitos. Hay pegmatitas simples y complejas, las simples consisten principalmente de cuarzo, microclina, biotita y turmalina negra. Las pegmatitas complejas contienen una asociación mayor de minerales que incluye además de los anteriores: apatito, berilo, topacio, turmalina coloreada y espodumena. En algunas pegmatitas se han llegado a reconocer hasta 70 minerales distintos, que contienen elementos como el litio, niobio, tantalio, cesio, uranio y tierras raras.

c) Vetas

Son una parte de los depósitos hidrotermales y corresponden a masas minerales que han sido depositadas en aberturas tabulares, por soluciones acuosas calientes. Las aberturas son anteriores al emplazamiento de la mineralización y son causadas por diaclasamiento, fallamiento, huecos en brechas, planos de estratificación o huecos dejados por disolución. Las vetas o venas pueden tener kilómetros de longitud, en espesor varían de algunos milímetros a metros, su grosor puede ser uniforme o variar enormemente de un lugar a otro. Pueden tener formas relativamente simples o constituir una red intrincada; ocurrir solas o en grupos paralelos, intersectándose o con relaciones geométricas regulares; ser sólidas o contener huecos, generalmente con cristales creciendo hacia ellos. Las vetas son fáciles de reconocer pues están constituidas por material muy diferente de la roca a la cual cortan.

Para que las vetas puedan formarse son necesarias: la presencia de soluciones acuosas calientes, canales o grietas para su circulación, lugares o espacios donde pueda ocurrir el depósito y condiciones fisicoquímicas que produzcan la precipitación. El agua puede ser del suelo (meteórica), agua de mar atrapada en los sedimentos y agua que se desprende de la solidificación del magma o del metamorfismo.

La mineralogía que presentan puede ser simple, con uno o dos minerales, o contener varios minerales. En general, su principal constituyente es el cuarzo, otros pueden ser: calcita, sulfuros, sulfatos, carbonatos y elementos nativos. La composición de estos minerales puede variar de un lugar a otro en la misma veta.

Los metales que contienen pueden ser de origen magmático o disueltos de las rocas por las cuales las soluciones acuosas han pasado.

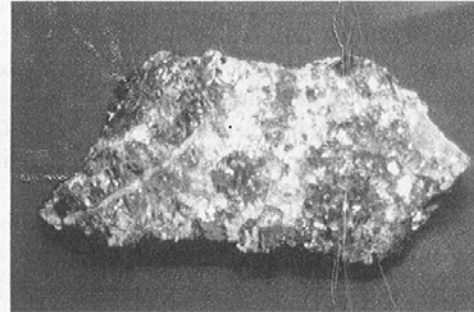


Figura 80.- Izq. pegmatita con cristales bien desarrollados de apatito, feldspatos, cuarzo, biotita y molibdenita. Der. veta con cristales desarrollados de galena, esfalerita y calcopirita.

Ambiente Sedimentario

a) Sedimentos

Los sedimentos son materiales derivados del rompimiento físico y químico de rocas preexistentes y de procesos orgánicos diversos. Los sedimentos constituyen menos del 10 % de la corteza terrestre en volumen, pero cubren aproximadamente el 75 % de las superficies continentales.

Algunas propiedades son descritas como característicamente sedimentarias: la estratificación, que es la formación de capas al depositarse en el material sedimentario; y los fósiles, nombre dado a la evidencia de vida preservada en las rocas. Estrictamente hablando, aunque esas características son más comunes en estas rocas, también se pueden presentar en los otros tipos; ejemplo, la estratificación en rocas piroclásticas (de origen volcánico explosivo). En ellas pueden existir fósiles también.

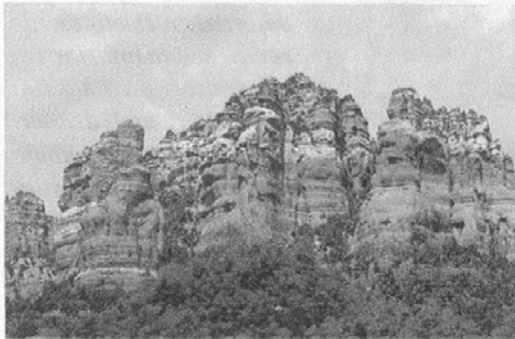


Figura 81. A) Estratificación horizontal de areniscas y B) Fragmentos de un tronco petrificado de edad Mesozoica, en lutitas.

Los procesos activos principales para la formación de sedimentos y rocas sedimentarias son:

- **Meteorización:** es el proceso mediante el cual las rocas se rompen y descomponen por acción de agentes externos tales como el viento, la lluvia, los cambios de temperatura, las plantas y las bacterias. Existen dos tipos de meteorización la mecánica y la química.
- **Transportación:** es el proceso mediante el cual se transportan o mueven los materiales resultantes de la meteorización. Los agentes de transporte son: la gravedad, el viento, el agua ya sea en forma de ríos, agua subterránea, mares o glaciares (hielo). La forma de transporte se realiza por solución, suspensión o arrastre.
- **Depósito:** es la precipitación o descarga del material transportado al decrecer la energía del agente de transporte o debido a un cambio fisicoquímico en el medio ambiente. Se ha estimado que los ríos, arroyos y aguas subterráneas, arrastran 2,750,000,000 de toneladas cúbicas de materiales disueltos de los continentes a los océanos cada año. Dichos sedimentos se acumularán en depresiones, valles o cuencas.
- **Diagénesis:** es el proceso mediante el cual los sedimentos se transforman en rocas sedimentarias. Esto ocurre una vez que se ha acumulado en una cuenca un volumen considerable de sedimentos, la presión y la temperatura se incrementan con la profundidad y inducen los procesos diagenéticos. Uno de los procesos principales es la compactación, que se asocia con la expulsión de gran parte del agua contenida en los sedimentos, acompañada de elementos disueltos. También ocurre la cristalización de minerales que sustituyen a otros y la recristalización de los existentes. Otro proceso diagenético fundamental es la cementación, que consiste en el relleno de los espacios vacíos entre las partículas por sustancias que se precipitan de fluidos (principalmente SiO_2 y CaCO_3). Este cementante le da una gran cohesión al material sedimentario.

Las rocas sedimentarias se dividen en dos grandes grupos: las rocas clásticas y las químicas, dependiendo del tipo de sedimentos que las constituyen.

Los principales minerales formadores de las rocas sedimentarias clásticas son: cuarzo, calcita, minerales arcillosos (caolín, montmorillonita, limonita, sericita, etc), feldespatos, micas, apatito, granates, zircón, etc. En rocas sedimentarias químicas: calcita, dolomita, yeso, anhidrita, halita, silvita, barita, sílice microcristalina, jaspe, hematita, mineraloides, compuestos de carbón, etc.

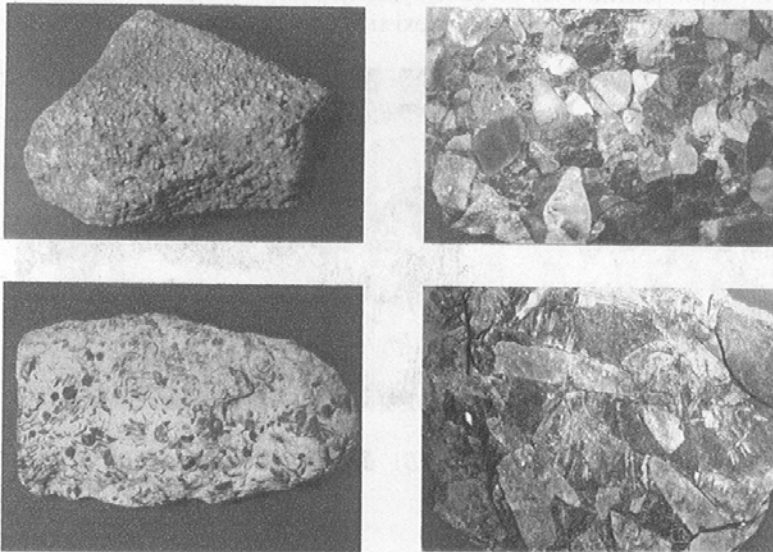


Figura 82. Ejemplares de diferentes tipos de rocas sedimentarias clásticas: arriba izq. arenisca, arriba der. conglomerado, abajo der. pizarra con fósiles de plantas. Abajo izq. roca química: caliza con fósiles (orbitolina).

Ambiente metamórfico

El metamorfismo está relacionado con los procesos de la dinámica interna de la Tierra, que provocan los movimientos tectónicos y la introducción del magma en la corteza terrestre. Se denomina metamorfismo a la transformación de las rocas bajo el efecto de los procesos endógenos o internos, que hacen cambiar las condiciones fisicoquímicas en la corteza terrestre.

Las rocas que se transforman son de cualquier tipo: magmáticas, sedimentarias e inclusive metamórficas. Al someterse a condiciones fisicoquímicas diferentes a las existentes en el sitio en que se formó, la roca comienza a adaptarse a estas condiciones nuevas por lo que su estructura, textura y/o su composición mineral cambian.

El cambio mineralógico de las rocas puede ser isoquímico (sin variación en la composición química) o metasomático, por la introducción o escape de material o sustancias durante el metamorfismo. Los factores principales que provocan el metamorfismo son: la temperatura, la presión y los fluidos químicamente activos, ya sea en forma de soluciones o gases.

Por definición los cambios que ocurren durante el metamorfismo se producen en estado sólido, es decir, sin que exista la fusión de las rocas o minerales. La temperatura se incrementa con la profundidad, lo cual ayuda a la velocidad de las reacciones químicas formando minerales estables en altas temperaturas. La presión puede ser litostática (multilateral) o dirigida (también llamada de cizalla o tectónica). La presión litostática depende del peso de las rocas que se incrementa progresivamente con la profundidad y produce minerales de alta densidad y volumen pequeño. La presión dirigida es producida por los movimientos de la corteza terrestre, esta presión transforma la estructura y textura de las rocas considerablemente. Las sustancias activas químicamente son: el agua, el ácido carbónico, compuestos de hidrógeno, flúor, cloro, nitrógeno, y otros elementos; estas sustancias pueden alterar la composición química original de la roca.

Dependiendo del predominio de alguno de los agentes metamórficos sobre los otros se definen cinco tipos de metamorfismo, de los cuales tres son los más importantes:

- **Metamorfismo de contacto o térmico:** el principal agente en este metamorfismo es el calor, sin efectos significativos de presión, normalmente está asociado a intrusiones ígneas. Algunas rocas pertenecientes a este metamorfismo son los hornfels, cuarcitas y pizarras. La textura principal es de forma granular. Algunos minerales comunes son: calcita, cuarzo, feldespatos, granates, grafito, etc.
- **Metamorfismo regional:** es provocado por la acción a gran escala (cientos o miles de kilómetros cuadrados) del calor y la presión, que producen una amplia variedad de nuevos minerales y un desarrollo extenso de rocas llamadas gneises y esquistos. La textura estará marcada por alineaciones y crecimiento de los minerales. La mineralogía incluye: cuarzo, feldespato, micas, granate, turmalina, epidota, grafito, etc.
- **Metamorfismo dinámico:** se produce a lo largo de zonas de cizalla, que corresponden a regiones de la corteza donde se concentra la deformación. Las cataclasitas, milonitas, migmatitas y polvo de roca son producto de este metamorfismo. La textura está representada por una fuerte alineación y por rotura de las rocas y minerales. La mineralogía en ocasiones no es visible por la desintegración o recristalización dinámica, pero generalmente está representada por minerales que crecen a favor de la presión por ejemplo: cianita, muscovita, biotita, epidota, etc.; otros minerales presentes son: cuarzo, la turmalina, el feldespato potásico y plagioclasas.

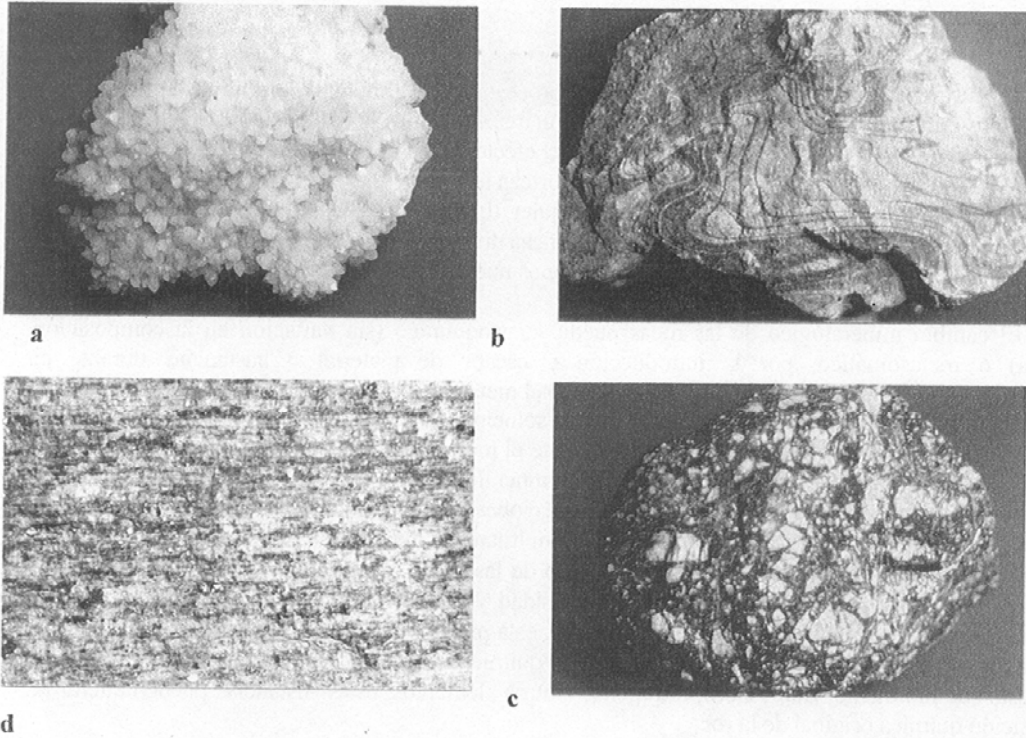


Fig. 83. Ejemplares de mano de rocas metamórficas mostrando su textura y mineralogía. a) Mármol producido por metamorfismo térmico, b) Filita plegada y c) Gneis, producidos por metamorfismo regional; d) cataclasita cohesiva originada por metamorfismo dinámico.