

# Génesis y clasificación de los depósitos minerales

(Primer premio en el concurso abierto por DYNA)

## I—INTRODUCCION

Por OCTAVIO BETANCOURT

**Importancia de la cuestión.**—Uno de los tópicos más interesantes para el ingeniero de minas es sin duda el relacionado con el modo de formación de los yacimientos, sus diferentes tipos y la manera como se presentan en la corteza terrestre. Aunque la mayor parte de estas cuestiones permanecen casi exclusivamente bajo el dominio de la Geología especulativa, su estudio ofrece, sin embargo, un interés primordial para aquellos que por razón de su profesión están dedicados a la búsqueda, estudio y explotación de las sustancias minerales útiles al hombre. Las necesidades de la época reclaman del ingeniero de minas una preparación sólida en la técnica de la ejecución: con mayor razón estas necesidades deben exigirle un conocimiento estricto, hasta donde las investigaciones científicas se lo permitan, de la constitución, condiciones y posibilidades del terreno en que se opera. De no tenerse tal conocimiento se afrontaría la responsabilidad de arriesgar a un fracaso irremediable el capital y el trabajo, fuentes de riqueza que el ingeniero, más que ninguno otro, está llamado a conservar y a hacer eficientemente productivas.

Aspiro en los siguientes párrafos a formar un resumen sobre génesis y manera de presentación de los minerales, asunto que por lo complicado e incierto ha sido motivo de innumerables estudios por parte de los geólogos, y que yo, con la escasez de preparación que ello requiere, trato de poner en la forma sintética, clara y sencilla, para que sea de alguna utilidad a quienes estudian la geología económica.

A manera de apéndice completo mi trabajo con una exposición sucinta sobre la distribución geográfica de los yacimientos más notables, los cuales me servirán de ejemplos para explanar las relaciones que existen entre las formaciones minerales y las diversas épocas geológicas. Sería muy conveniente a este respecto destacar lo que se refiere a nuestro país, pero por desgracia los estudios geológicos en Colombia están apenas en su comienzo, y los datos de que se dispone son en su mayoría deficientes y defectuosos. Existe

como motivo de inquietud para los ingenieros jóvenes la realización de una obra de tan magna importancia, cual es la determinación de la cuantía mineral de nuestro suelo.

**Consideraciones generales.**—Merced a las investigaciones llevadas a cabo en las perforaciones de minas y en sondeos realizados a grandes profundidades, y con la cooperación de métodos indirectos y artificios de diferente índole, hemos llegado a un conocimiento bastante seguro sobre la constitución de la capa terrestre dentro de la cual se efectúan todos los cambios y fenómenos geológicos. Naturalmente, esta parte de la tierra es la única que puede interesarnos, ya que sobre ella recaen todos los trabajos de minas y en su seno se encuentran diseminados todos los minerales de que se sirve el hombre.

Analizando la composición aproximada de la corteza terrestre, es de notarse que ella corresponde a la de un silicato de alúmina, en el cual se encuentran como cuerpos accesorios: cal, magnesia, hierro, soda, potasa, y en un porcentaje menor al 1%, el conjunto de los demás elementos.

Los metales se encuentran en estado libre o formando compuestos químicos en las rocas, pero en ninguno de estos estados ofrecen interés a la Geología Económica. El contenido en metales libres, aunque ha sido comprobado en la mayoría de las rocas, es tan sumamente exiguo que su extracción sólo ofrece un interés puramente científico, a la par que los compuestos químicos, minerales propiamente dichos, mientras ellos no hayan sido concentrados por fenómenos naturales, tampoco son accesibles a una explotación económica.

De los metales más comúnmente usados solo el aluminio y el hierro se encuentran en cantidades apreciables en la corteza terrestre (8.07 y 5.06%, respectivamente) y a pesar de ello su explotación únicamente es remunerativa cuando se presentan en grandes acumulaciones y concentrados a un tenor que en la mayoría de los casos no debe bajar del 50%. En consecuencia, sólo los minerales concentrados en cantidades considerables, o sea los depósitos o yacimientos minerales, tienen importancia para la explotación.

Los depósitos minerales son acumulaciones o concentraciones naturales producidas por diferentes procesos, tales como diferenciación magmática, sedimentación, alteración atmosférica, y en general por la acción continua de diversas soluciones sobre las rocas de la corteza terrestre. Por lo general se nota la preferencia de ciertos

minerales por determinada roca: estaño, tungsteno y molibdeno se encuentran siempre en rocas ácidas, en tanto que platino, níquel, cobre y cromo, únicamente en básicas. Es por lo tanto tarea estéril buscar depósitos de estaño en rocas básicas, como lo es tratar de encontrar platino en rocas ácidas.

Para que un depósito mineral sea económicamente explotable es preciso que contenga, por lo menos, un cierto porcentaje del metal, que depende de la clase de éste y la naturaleza y localización del yacimiento: mientras un depósito de hierro requiere para ser trabajado con provecho estar situado en un lugar excepcionalmente favorable, un yacimiento aurífero de buen contenido no es grandemente afectado por una mala localización. Debido al mejoramiento de las condiciones o al perfeccionamiento de los métodos empleados en la extracción, un yacimiento pobre puede llegar a adquirir un valor económico que haga posible su explotación.

## II.—FORMACION DE LOS MINERALES

**Causas que obran.**—En general, la formación de un mineral se debe a los cambios de energía química realizados en un sistema que se halla en una fase fluída o gaseosa. Dicho de otra manera, la transición de una forma inestable a otra estable, provoca en la mayoría de los casos la formación de un mineral. El proceso más conocido es la precipitación de soluciones líquidas y gaseosas, fenómeno que depende de la sobresaturación, y ésta a su vez está determinada por las condiciones termodinámicas del sistema. Por consiguiente, los principales factores que influyen en la formación de un mineral son la temperatura y la presión. Otras causas pueden influir en el nacimiento de un mineral: por ejemplo, la gravedad obliga la precipitación de cristales de anhidrita en el fondo de los lagos y mares, o también de la magnetita en un baño fundente de mineral; los diferentes grados de solubilidad permiten la separación del oro de algunas mezclas que lo contienen, lo mismo que pasa en una roca de calcita y apatita, en la cual el primero de estos minerales es disuelto con facilidad permitiendo la precipitación del segundo. También son causa de las formaciones minerales las diversas reacciones químicas entre las sustancias contenidas en las soluciones, estén ellas en estado sólido, líquido o gaseoso.

**Influencia de la temperatura.**—Según las leyes de la Física un aumento de temperatura en una solución provoca o acelera la solu-

bilidad de algunas sales, y, por el contrario, una disminución de temperatura produce la precipitación. De acuerdo con ésto, si un magma o una corriente de agua termal que llevan en solución muchas sustancias, sufren por cualquier motivo un enfriamiento accidental, ocurrirá inmediatamente la precipitación de uno o varios minerales; y si el enfriamiento continúa, una serie completa de minerales se precipitará a medida que el límite de solubilidad de cada uno de ellos sea alcanzado. Pero como ninguno de los compuestos químicos es estable dentro de las condiciones siempre variables que ocurren en la corteza terrestre, los minerales una vez formados son susceptibles de entrar de nuevo en solución, ser transportados, vueltos a precipitar e inclusive sufrir transformaciones químicas de consideración que alteren en absoluto su estado anterior. Se ve, pues, cuán poderosa es la influencia que puede tener la temperatura en los cambios continuos que sufren los minerales llevados en solución a través de los intersticios de la corteza por donde pueden circular.

**Influencia de la presión.**—Aunque ésta es menor que la debida a la temperatura, tiene en algunos casos importancia. Bien sabido es que un aumento de presión en una solución se traduce en un aumento en el grado de solubilidad; por el contrario, si hay una disminución en la presión, cosa que ocurre cuando las soluciones ascienden, disminuye también la solubilidad y la precipitación sobreviene. Esta influencia es más activa cuando se trata de sustancias volátiles; tal es el caso de la formación de bicarbonato de calcio provocada por la presencia de ácido carbónico introducido a presión en una solución de carbonato de calcio. La presión también puede influir disminuyendo el punto de fusión de una mezcla.

**Precipitaciones por elaboración.**—El punto de sobresaturación puede alcanzarse debido a la evaporación natural, cuando una solución está expuesta al ambiente atmosférico. En tales casos el mineral disuelto se va precipitando a medida que el solvente se evapora, produciendo un depósito, que transcurrido el tiempo, puede llegar a tener una importancia económica. Los yacimientos más comunes en esta clase son los de yeso y sal gema, que se encuentran en diversos períodos geológicos. Cuando el solvente es un gas, la precipitación se lleva a cabo con mayor rapidez debido a que el gas se escapa con facilidad. La formación de calcita y aragonita en algunas fuentes naturales se debe a que el anhidrido carbónico, que mantenía en solución el carbonato de calcio, se evapora inmediata-

mente que el agua sale a la superficie, permitiendo su precipitación.

**Reacciones entre soluciones.**—Sabido es de la química que cuando se mezclan dos soluciones que contienen un ion común, la solubilidad de una de las sales se disminuye, y que por el contrario, cuando los iones son de diferente clase, dicha solubilidad aumenta. Debido a este fenómeno, se originan muchos minerales, ya que las posibilidades de unión entre soluciones de diferente índole son muy comunes en la naturaleza. Son ejemplos los siguientes casos: en una solución de carbonato de hierro, la presencia de carbonatos alcalinos disminuye la solubilidad, y la presencia de cloruro de calcio rebaja grandemente la solubilidad del cloruro de sodio; por el contrario, la solubilidad del sulfato de calcio se aumenta por medio del cloruro de sodio, y la de carbonato de calcio por medio del sulfato de sodio.

**Metasomasis.**—La circulación constante de soluciones líquidas por la superficie y a través de las grietas y fisuras de la corteza da ocasión al encuentro con minerales sólidos, que en mayor o menor escala son disueltos, al mismo tiempo que otros llevados en la solución se depositan. Este es uno de los procesos más conocidos en la naturaleza, y mediante él un gran número de minerales se forma. El reemplazo de unos minerales por otros en la forma que acabo de describir se llama metasomasis, y a ella se debe la formación de pirita y galena que cuando van en solución, pueden reemplazar calcita y feldespatos. De manera semejante, una solución de sulfato de zinc que pasa por una caliza, disuelve la cal, dando lugar a la formación de sulfato de calcio, que se va en solución, mientras en la estructura de la caliza se deposita el carbonato de zinc. En el mundo existen muchos yacimientos metalíferos de valor económico formados por metasomasis.

**Coloides.**—Las soluciones coloides son también origen de muchos minerales, pero en éstas la precipitación se realiza quizá por un proceso más complicado. Los coloides una vez solidificados tienen la tendencia a adquirir una forma cristalina, por lo cual se transforman generalmente en masas fibrosas o criptocristalinas. Esta clase de minerales forman a menudo una parte importante en las zonas de oxidación de los depósitos metalíferos, y en algunas rocas suelen reemplazar otros minerales por metasomasis. Existen formados por soluciones coloides: pirita, marcasita, malaquita, smithsonita, psilomelana y crisocola, entre los cristalinos, y ópalo, limonita y garnierita, entre los amorfos.

**Formas cristalinas.**—Además de las formas propias de los coloides, los minerales presentan otras que son estrictamente cristalinas y que se deben a circunstancias especiales. En los minerales formados a grandes profundidades, bajo condiciones excepcionales de presión y temperatura, tal como pasa en las rocas ígneas, los elementos son exclusivamente cristalinos. También se forman elementos cristalinos por la precipitación lenta llevada a cabo en espacios abiertos, de sustancias contenidas en una mezcla fundida o una solución acuosa.

Sucede a menudo que debido a una sobresaturación brusca, gruesos cristales se precipitan, y si por cualquier circunstancia esta sobresaturación se mantiene constante, nuevos cristales vienen a juntarse a los primeros, dando origen a la formación de caparazones o conchas, que son muy comunes en los filones minerales.

Además de estas formas peculiares a los minerales cristalinos, existe otra bastante conocida en yacimientos superficiales y denominada granular, que resulta cuando la precipitación se lleva a cabo por diferentes puntos, formándose después de algún tiempo un conglomerado de contextura nodular.

