

CICLO EXÓGENO DE TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA

IMPORTANCIA DEL AGUA EN ESTE FENÓMENO

POR LUIS E. ARIGOS

La parte superior de la litósfera es el asiento de numerosos procesos geoquímicos en actividad cambiante desde los primeros estadios de la evolución geológica de la Tierra. Estos cambios experimentados por la materia, tanto en los procesos locales como regionales, han modificado y modifican constantemente la composición geoquímica de la litósfera, siendo el factor principal, la constante migración de los elementos y compuestos químicos, indefinidamente lenta y extraordinariamente complicada. Esta migración que presupone numerosos ciclos de transformación de la materia produce cambios completos en la estructura y composición química de las rocas, provocando estas transformaciones o actuando como agentes directos en cada etapa de su transformación. Se forman así constantemente nuevas rocas y se definen también con ello nuevas propiedades físicas y químicas que, a su vez, intervienen sucesivamente en los ciclos posteriores de la transformación.

Este fenómeno puede ser interpretado en base a dos ciclos principales o grandes ciclos de transformación: la etapa endógena y la etapa exógena. Este último interesa definitivamente por cuanto a él se hallan relacionados los cambios en los cuales intervienen los agentes atmosféricos e hidrosféricos. Sus leyes relativas, definidas por sus propiedades físicas y reacciones químicas, difieren fundamentalmente de las que rigen los fenómenos endógenos. Este ciclo exógeno, también llamado ciclo menor por ser parte fundamental en el ámbito de acción del ciclo endógeno o ciclo mayor, comienza en las rocas cristalinas sólidas y termina en las rocas sedimentarias. Por lo tanto, es el responsable de la forma de presentación de las rocas en la superficie terrestre, de cuya observación geológica y geoquímica se desprende su valor importantísimo como agente separador y concentrador de los diversos elementos en constante transformación. El desarrollo de los acontecimientos exógenos comprende tres etapas principales de fenómenos geológicos de las que derivan la totalidad, no sólo de los sedimentos

y sus rocas derivadas, sino también, la consideración de los productos clasificados geoquímicamente en relación al grado y esencia de su comportamiento químico.

Estas etapas son:

1. *Meteorización*: Origen, congregación y formación de los sedimentos.
2. *Sedimentación*: Relación de transporte y deposición de los sedimentos.
3. *Diagénesis*: Litificación de los sedimentos.

Las dos primeras etapas suponen un ciclo abierto de fenómenos, cuantitativamente indeterminables y en constante cambio de ambiente. La primera etapa es constante y ocurre sobre cualquiera de los desarrollos posteriores del ciclo. En las dos últimas etapas, se acerca a la unificación del ambiente y en forma progresiva se asiste a una mayor proporción de los fenómenos que ejercen funciones de concentradores.

De acuerdo con estos procesos geológicos la Geoquímica moderna ha establecido una nueva clasificación de los sedimentos y rocas derivadas, basada en los principios geológicos y químicos que caracterizan a tales fenómenos.

La clasificación de Goldschmidt, elaborada contemplando los principios geoquímicos, amplía la antigua concepción de sedimentos mecánicos y sedimentos químicos a 6 órdenes, bien determinables, ampliado posteriormente a 7 órdenes por Rankama y Sahama, con el agregado de los biolitos.

Estos órdenes son:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. Inatacados. | 4. Reducidos. |
| 2. Hidrolizados. | 5. Precipitados. |
| 3. Oxidados. | 6. Evaporados. |
| 7. Biolitos. | |

Los biolitos en realidad no pueden ser tratados como elementos de un orden de clasificación debido a principios geoquímicos en relación con los fenómenos del ciclo exógeno, pero, para integrar la clasificación y no del todo extemporáneo, resulta su consideración en este grupo, por cuanto en la naturaleza es posible hallar biolitos sedimentados simultáneamente con sedimentos de origen inorgánico (ej.: carbonato cálcico de origen orgánico junto al precipitado inorgánicamente; cienos arcillosos con materia orgánica, etc).

Esta clasificación no pretende ser rigurosa por cuanto lejos está de representar fenómenos absolutos; la propia continuidad de los fenómenos geológicos desvirtúa todo cuanto pueda pretenderse con una síntesis mental de esta naturaleza. Cualquier orden de la clasi-

ficación, puede a su vez haberse originado de otro o varios órdenes, de manera que puede coexistir simultaneidad de fenómenos geoquímicos y realizarse el fenómeno geológico con los componentes de 2 ó 3 órdenes de la clasificación. En ese sentido, puede demostrarse lo antes dicho con la existencia de arcillas conteniendo carbonato cálcico, hidróxido férrico y materia orgánica. Es conocido también lo difícil que resulta poder delimitar con claridad los evaporados de los precipitados.

Debemos por lo tanto considerar a la naturaleza como un inmenso laboratorio químico, en continuas operaciones de transformación, y al tratar de sintetizar los fenómenos que ocurren, se hace hincapié en aquellos que han predominado durante los procesos primordiales y cuya consecuencia inmediata, para el observador, es la distribución bastante definida de los elementos o unidades resultantes. Algunos elementos se concentran en ciertos tipos de sedimentos, y para muchos, la diferenciación que provoca el ciclo exógeno, es el mejor vehículo y el agente más potente para su ulterior concentración.

Esta breve reseña de los principales tópicos derivados de la consideración de los sedimentos en sus relaciones con los fenómenos geológicos y procesos geoquímicos, nos lleva a nuestro tema primordial, la acción del agua, como compuesto químico de variada concentración de otros complejos químicos, en su carácter eminentemente disolvente.

En la *Meteorización*, el agua actúa química y mecánicamente, ya sea disgregando, disolviendo o aportando agentes de función específicamente disolventes, en proceso paralelo o simultáneo, y por último iniciando el comienzo del fenómeno geológico subsiguiente, el de la *Sedimentación*.

La disgregación se efectúa principalmente por fenómenos mecánicos en donde el agua interviene respondiendo a las condiciones de baja temperatura ambiente, en las nieves, hielos y heladas; respondiendo a las altas temperaturas ambientes, evaporándose y dando lugar a la cristalización de sales. En estas dos intervenciones las rocas disgregadas mecánicamente son fácilmente atacadas por las reacciones químicas, frente a superficies minerales frescas, más reducidas, incompetentes para preservarse del ataque químico ulterior.

La disolución descompone las rocas actuando el agua químicamente, ya sea por la acción de los gases, las sales, la concentración de hidrogeniones, etc., que el agua aporta al fenómeno de meteorización química.

La acción de la meteorización química es un fenómeno bastante complicado y comprende fenómenos de hidratación e hidrólisis, oxidación y reducción, carbonatación y disolución. Particularmente, entre los activos elementos meteorizantes se hallan, fuera del propio po-

der de disociación del agua pura, entonces químicamente activa en su parte disociada, los componentes atmosféricos (oxígeno, dióxido de carbono, nitratos y cloruros), los provenientes de rocas ya meteorizadas (dióxido de carbono, carbonatos, ácido sulfúrico, sulfatos y cloruros), de los restos en putrefacción de la materia orgánica, (ácido nítrico, nitratos, amoníaco, dióxido de carbono, complejos húmicos) y los provenientes de las emanaciones volcánicas.

Como resultado de la descomposición química de los minerales de las rocas, el agua recibe y continúa su acción sobre los componentes meteorizados y los residuos son llevados así, ya sea en solución iónica o coloidal como componentes sólidos en suspensión o como residuos hidrolíticos insolubles. Interviene entonces el agua en los procesos de sedimentación principalmente en su función como agente mecánico, pero también contribuye durante el transporte y deposición en función de agente químico prolongando la alteración. Esta última función la realiza por intermedio de una acentuación de los fenómenos de hidratación, hidrólisis, oxidación, reducción, facilitando la precipitación y dando lugar a la formación de las evaporitas.

En los fenómenos diversos que involucra la *Diagénesis*, el agua interviene en la consolidación, disolución, recristalización, sustitución, (formación de nuevos minerales), y cementación de los sedimentos, originando las rocas sedimentarias (sedimentitas), de ellos derivadas. La acción del agua en la mayoría de estos casos no es directa, sino que interviene como agente mecánico en constante evolución como consecuencia de los aumentos de temperatura y presión que se registran en los fenómenos diagenéticos. El desarrollo progresivo de los factores de temperatura y presión modifican las condiciones físico-químicas del agua intersticial y del agua de formación, facilitando la migración de éstas, la disolución de algunos minerales, precipitación de cementos intersticiales, disolución de otros, migración de materia por difusión iónica intergranular, y otros procesos no menos importantes y todavía no muy bien conocidos.