

## CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE PRODUCTOS DE DESINTEGRACION DE LAS ROCAS DE LA CORDILLERA DE LA COSTA

por  
**Manuel Rivero Palacio\***

Con la idea en mente de que las arcillas y lutitas del post-Eoceno venezolano se hayan derivado de la meteorización de rocas metamórficas muy parecidas a las de la Cordillera de la Costa, como la conocemos hoy en día, el suscrito está estudiando sus productos de desintegración, recogiendo las muestras muy cerca de la roca originaria para evitar dudas acerca de su génesis. La presente memoria forma parte de este estudio.

El trabajo de campo de nuestro tema se restringe al estudio de aquellos cortes de la carretera Caracas - Colonia Tovar que se encuentran en estado avanzado de meteorización y se ejecutó durante excursiones de fin de semana. Se recogieron unas diez muestras de roca tan descompuesta que se podía desbaratar con los dedos o de material con algo de transporte ya convertido en "tierra", pero que por su posición topográfica no dejaba dudar acerca de la proximidad de la roca madre.

Esta región es especialmente interesante desde el punto de vista mineralógico por la presencia de halloysita  $2\text{H}_2\text{O}$ , mineral que no había sido en-

contrado hasta ahora por el autor en Venezuela.

Las muestras fueron estudiadas en el laboratorio de I.V.I.C., por difracción de rayos-X, en un aparato Philips equipado con goniómetro, contador Geiger y registrador. Se usó un anticátodo de cobre con filtro de Ni a 40 KVA y 17 MA. La longitud de onda para cobre  $K\alpha$  de las tablas usadas es 1.5405 Å, velocidad de barrido  $2^\circ/\text{min}$ , ranuras de divergencia y dispersión de  $1^\circ$  y de recibo de 0,006". La operación de instrumento estuvo a cargo de Antonio Busolo.

### Litología

La roca que constituye esta parte de la Cordillera de la Costa presumiblemente pertenece a la Formación Las Brisas, si nos guiamos por el mapa de Dengo (1951, 1953), aunque muchas de las muestras están fuera del área descrita por este autor. Esta roca en su mayor parte es un esquisto micáceo frecuentemente granatífero, pero los granates generalmente

\* INVESTI - I. V. I. C.

están muy meteorizados, quedando tan sólo pequeños granos de óxido de hierro. En casos más avanzados de meteorización el óxido de hierro ha sido removido también, y sólo quedan las cavidades donde estaban los granates, dándole a la roca un aspecto de "picado de viruela". En algunos sitios la oxidación de los granates ha causado manchas rojizas irregulares en los afloramientos, haciéndoles parecer como si alguien los hubiera pintarrajeado.

Abundantes vetas de cuarzo cortan los esquistos en todas direcciones. Estas vetas nos parecen haber sido inyectadas después del metamorfismo regional, aunque hay otras teorías al respecto (Dengo, 1953).

Presentando un contraste grande con el esquisto micáceo, en los alrededores de la Colonia Tovar se encuentra una roca de grano fino ( $\pm$  0,3 mm) y color blanco verdoso. El contenido de material granular es mucho más grande que el contenido de material hojoso. Casi carece de estructura direccional y la poca que tiene está marcada por biotita de color verdoso. Sus componentes principales son: cuarzo, ortoclasa y biotita. Probablemente debe ser clasificada como un gneis.

El aspecto de esta roca es generalmente macizo, con un sistema de grietas más o menos a ángulo recto que la divide en bloques casi rectangulares. A veces las grietas no están presentes sino en una sola dirección, lo que le da apariencia de estratificación. En un afloramiento las grietas en una sola dirección están tan cerca las unas a las otras que, a primera vista, la roca parece un esquisto.

#### Productos de descomposición

Los minerales principales encontrados en los esquistos meteorizados son

caolinita e illita en proporción aproximadamente igual.

Otro mineral bastante persistente que da una reflexión de la misma intensidad que los anteriores presenta una distancia interplanar, aparentemente basal, de 9,6 Å con reflexiones de segundo, tercero, cuarto y quinto orden a 4,8, 3,2, 2,4 y 1,9 Å, respectivamente. Pero el caso se complica porque las dos primeras podrían ser reflexiones de ortoclasa y las dos segundas de cuarzo. Pero aun así, queda la reflexión importante de 9,6 Å que no hemos podido identificar. Esta distancia es demasiado alta para talco o pirofilita y demasiado baja para illita. La hemos encontrado también en los patronos de arcillas pleistocenas o recientes en el valle de Nirgua, así como también en el residuo insoluble de calizas metamórficas en el mismo valle. También se presenta en un esquisto grafitico descompuesto del Estado Yaracuy (Rivero Palacio, 1962).

En sólo una muestra se encuentra illita como componente principal, formando un 75 por ciento del espécimen con el resto formado por el mineral de 9,6 Å, caolinita y posiblemente feldespatos. (La presencia de este último es dudosa porque su reflexión principal coincide con el tercer orden del mineral de 9,6 Å). Esta muestra parece provenir de algún esquisto muy alto en mica o posiblemente de un esquisto de composición normal en el cual el proceso de meteorización haya concentrado la illita.

Con excepción de esta sola muestra que posiblemente tenga un contenido alto de feldespatos, las otras muestras tienen una proporción baja de este mineral, de orden de 5 a 10 por ciento. Parece haber cierta relación inversa en el contenido de feldespatos y caolinita, es decir, que un bajo contenido de feldespatos acompaña un

alto contenido de caolinita, y viceversa. Esta relación, aunque no está muy clara en el área estudiada, porque no estamos seguros de la identificación del feldespatos, la hemos observado en otros sitios de la Cordillera de la Costa. Posiblemente podría usarse como medida del grado de meteorización.

El contenido de cuarzo es también bajo, del mismo orden de 5 a 10 por ciento. Creemos que esto representa el cuarzo fino proveniente del esquisto original. Los granos de cuarzo grueso, probablemente provenientes de vetas, fueron apartados cuidadosamente a mano en la preparación de la muestra. Los granos de cuarzo tamaño medio, así como también cualquier otro mineral de granos equidimensionales de un tamaño del orden de 1/10 mm o más, tampoco aparecen en el patrón por ser eliminados en el proceso de preparación.

El contenido de hierro es más bien alto, a juzgar por el color rojizo de algunos afloramientos y también por la altura de la línea de ruido en los patronos. En una de las muestras la línea de ruido es excepcionalmente alta, dando un patrón con línea de ruido semejante a la que da un mineral de alto contenido de hierro en su molécula como, por ejemplo, jarosita. Nos imaginamos que esta muestra proviene de la descomposición de un esquisto granatífero.

Otra muestra recogida en una veta en la que se podía apreciar en el campo un alto contenido de óxido de hierro, nos dio un patrón de línea de ruido similar, pero sin que se pudiera identificar ningún mineral específicamente. Por supuesto que usando ánodo de cobre no es de esperarse la fácil identificación de minerales de hierro, pero también es posible que la mayor parte del hierro sea amorfo. Sin embargo, en varias muestras se pudo identificar goethita.

La intensidad de los picos sobre la línea de ruido es de baja a mediana y solamente en pocos casos alta. Queremos decir por intensidad alta, cuando los picos se salen del papel en la escala corrientemente usada, y baja, cuando sobresalen alrededor de 20 unidades; intermedia, entre estos dos extremos. Cada pocos meses o después que el instrumento haya sido sometido a una reparación, se pasa una o varias muestras standard y se compara el patrón con los obtenidos anteriormente. Hasta la fecha, en los picos medianos y altos las diferencias han estado en el rango de 10 por ciento. En los picos bajos, se ha llegado a observar diferencias más grandes, llegando a 50 por ciento después de una reparación extensa. Lo cual quiere decir que un pico que hace dos años nos dio una intensidad de, digamos 20 unidades, está dando hoy 30, y posiblemente pasando de intensidad "baja" a intensidad "mediana baja". Esto no influye mayormente en la interpretación del patrón aun cuando se trata de estimaciones cuantitativas basadas en intensidad, porque para este fin se escogen las líneas principales de cada mineral. En los casos en que hasta las líneas principales dan toda baja intensidad, probablemente la estimación cuantitativa pasa al rango de una adivinación.

Hemos construido unas curvas de intensidad contra el contenido de mineral, usando mezclas artificiales de arcillas monominerales o aproximadamente monominerales. Si aplicamos estas curvas a los patronos obtenidos de los esquistos meteorizados en cuestión, resulta que sólo se puede identificar de 20 a 50 por ciento de su contenido, y en sólo una muestra se acerca a 100 por ciento (realmente 110%).

Es obvio que tenemos aquí otro factor distinto del contenido del mineral,

tal como presencia de sustancia amorfa, tamaño (de grano muy fino, bajo grado de cristalinidad, etc., que nos está afectando las intensidades. Este último factor probablemente afecta la caolinita en nuestro caso, pero no vemos claramente ningún motivo individual que esté afectando la illita. A primera vista, parecería que la transformación de moscovita a illita, que consiste principalmente en pérdida de potasio, debiera afectar su cristalinidad, pero no parece ser así. Tenemos una muestra de esquisto descompuesto del Estado Yaracuy con 80 por ciento de illita, juzgando el contenido del mineral por la intensidad de sus reflexiones, y su análisis químico deja ver que el máximo contenido de potasio es tan sólo de 2,33 por ciento y probablemente es mucho menos, puesto que los otros componentes, sílica, alúmina y agua, suman 97,66 por ciento. Es decir, la pérdida de potasio es profunda y, sin embargo, conserva reflectividad alta. (En la lista de análisis químicos de illitas que cita Grim, 1953, pág. 372, el contenido de potasio más bajo es de 3,25%, y moscovita tiene alrededor de 12%).

En el área comprendida entre 14,5 y 16,5 kilómetros de la Alcabala Forestal de la Colonia Tovar, los esquistos presentan vetas de un mineral blanco y de aspecto terroso, que generalmente presentan fuertes ángulos con la foliación de los esquistos, aunque a veces son más o menos paralelos. Muy a menudo este material se encuentra ocupando las fracturas dentro de las vetas de cuarzo. Este mineral fue identificado como caolinita medianamente bien cristalizada, que contrasta con la caolinita de baja cristalinidad proveniente de la meteorización de los esquistos. En algunas de estas vetas la caolinita parece estar mezclada con halloysita  $2\text{H}_2\text{O}$ .

A 14,5 y 16,5 kilómetros respectivamente de la Alcabala Forestal, se

encuentran dos vetas de mayores proporciones, probablemente de unos 10 a 20 cm de ancho, pero los contactos con el esquisto son tan irregulares que es difícil precisar el espesor. La veta situada a 16,5 km se ensancha mucho en un sitio, formando un bolsón de unos 80 cm de espesor, del cual se obtuvieron excelentes muestras. Estas vetas fueron observadas por primera vez por un estudiante de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Universidad Central, Xavier Picard, quien recogió una muestra que eventualmente llegó a manos del autor, despertando su interés en la región.

El mineral es halloysita  $2\text{H}_2\text{O}$  bastante puro. Su aspecto megascópico es también blanco terroso como la caolinita descrita arriba, pero con un sistema de vetitas anastomosadas de pocos milímetros de espesor y una dureza ligeramente más alta que el material de fondo, y de lustre ceroso. El aspecto de las vetas es algo similar a la halloysita de Bedford, Indiana, Estados Unidos, A.P.G.<sup>7</sup> pero con lustre más bajo.

El análisis de partículas finas demuestra que la halloysita es más bien de grano grueso, puesto que más del 60 por ciento está constituido por partículas de más de 10 micras (véase el gráfico adjunto).

No hemos logrado obtener un buen análisis químico pero los análisis imperfectos de que disponemos parecen señalar una composición muy cercana a la fórmula  $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ .

Aunque no muy claramente, la fracción menor de una micra parece contener algo de caolinita, juzgando por la simetría e intensidad relativa de los picos; pero comoquiera que esta fracción no es sino el 20 por ciento del total, el contenido de caolinita, si existe, es muy bajo (véanse gráficos al final).

Nuestro espécimen carece de plasticidad al igual que los otros minerales del grupo de la caolinita<sup>8</sup> (Ensayo D 424-59).

La halloysita se presenta en varios estados de hidratación. Cuando está completamente hidratada contiene 4 moléculas de agua y tiene una distancia basal de 9,8 - 9,9 Å, en muestras secadas al aire a temperatura ordinaria. Tratada con glycol se expande a 11,3 Å. Según algunos autores (Hay, 1959), calentada a 180° por cuatro a seis horas, y según otros (Kerr, 1959), simplemente dejándola en atmósfera seca, pierde irreversiblemente dos moléculas de agua y se convierte en halloysita  $2\text{H}_2\text{O}$  con una distancia basal de 7,2 a 7,5 Å. Esta distancia no cambia tratando el mineral con moléculas orgánicas polares.

La halloysita es un mineral bastante común como alteración de ceniza volcánica bajo clima lluvioso tropical, como en la isla de San Vicente, en las Antillas Menores y El Salvador (Hay, 1959), y también bajo clima húmedo templado del Japón (Sudo T., 1954). Según Paul F. Kerr, se encuentra en áreas de calizas alteradas asociada con diáspora, alunita o gibbsita, también en capas de arcilla asociada con caolinita y probablemente en partes extremadamente meteorizadas de algunas lutitas. A veces la halloysita es un producto de origen hidrotermal (Grim, 1953, p. 325).

En nuestras vetas la parte central está constituida por halloysita  $2\text{H}_2\text{O}$  muy pura, mientras que hacia los costados encontramos un material muy rico en óxido de hierro, probablemente en forma amorfa. En algunos sitios el hierro está formando delgadas capas de pocos milímetros alternando con material completamente blanco. Esta interdigitación probablemente representa el efecto de algún fenómeno estacional.

El hecho de encontrarse un material muy bajo en hierro formando un "sandwich" entre dos zonas ricas en ese elemento, nos hace pensar que las partes han tenido distinto origen. Posiblemente la halloysita se formó de soluciones ascendentes y de baja temperatura, juzgando por el material formado y la ausencia de alteración en el esquisto, pero muy lejos de la superficie y en una etapa posterior a la inyección del cuarzo. Luego, cuando la erosión acercó estas vetas a la superficie, se puede haber producido una oxidación fuerte en los esquistos bajo la influencia atmosférica, depositándose minerales ricos en óxidos de hierro.

Los productos de desintegración de la roca blanca de la Colonia Tovar presentan un contraste fuerte con los de los esquistos. Prevalecen los colores gris claro a blanco mientras que los esquistos dan colores de amarillo a amarillo rojizo. El sistema de grietas que ya describimos facilita mucho la meteorización y a lo largo de aquéllas se puede ver la formación de un polvo blanco como si la roca estuviera espolvoreada de harina. En algunas grietas se encuentra este material en cantidades grandes, y es de peso específico sorprendentemente bajo; parece ser la roca blanca meteorizada en el mismo sitio que ha perdido mucho de sus componentes o que se ha esponjado bajo la influencia atmosférica, posiblemente debido a hidratación. La acumulación de este material forma un suelo arcilloso de color blancuzco que aparece en muchos cortes de camino en la región.

Este material de las grietas está constituido por caolinita, medianamente bien cristalizada, illita, cuarzo y algo de feldespatos. También debe contener otros minerales en muy baja proporción, puesto que el patrón presenta numerosos picos muy peque-



ños. El suelo blanco arcilloso tiene una composición muy parecida pero difiere en contener una interdigitación de illita y vermiculita y además

la caolinita no da sino reflexiones basales. La interdigitación de illita y vermiculita es muy corriente en las rocas sedimentarias del post-Eoceno.

#### BIBLIOGRAFIA

1. DENGÓ, Gabriel (1951): "Geología de la región de Caracas". **Bol. Geología**, Caracas, vol. 1, n° 1, págs. 39-116. (Traducido al inglés en 1953, "Geology of the Caracas region, Venezuela", **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 64, págs. 7-40).
2. GRIM, Ralph E. (1953): **Clay mineralogy**. McGraw-Hill Book Co. Inc., Nueva York.
3. HAY, Richard L. (1959): "Origin and weathering of Late Pleistocene ash deposits on St. Vincent, B.W.I.". **Jour. Geol.**, vol. 67, n° 1.
4. KERR, Paul F. (1959): **Optical mineralogy**. McGraw-Hill Book Co. Inc., Nueva York.
5. RIVERO PALACIO, Manuel (1962): "Stratigraphic aspects of the mineralogy of some Venezuelan clays". **Bol. Informativo**, Asoc. Venez. Geol. Min. Pet., vol. 5, n° 10, págs. 283-295.
6. SUDO, T. (1954): "Clay mineralogical aspects of the alteration of volcanic glass in Japan". **Clay Min. Bull.**, vol. 2, págs. 96-106.
7. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (1949): **Project N° 49, Clay Mineral Standards**.
8. AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS (1964): **Standards**.

#### NOTAS BIBLIOGRAFICAS

**Geología Estructural, por L. U. De Sitter.** Versión española de Vicente Pastor Gómez y Agustín Navarro Alvar González. Ediciones Omega, S. A., Barcelona (España), 1962; 521 págs., 309 figs.

Es esta la traducción española de la obra **Structural Geology**, por L. U. De Sitter, profesor de Geología Estructural y Aplicada de la Universidad de Leiden, Holanda.

Como lo dice el prefacio: "Este libro se dedica a los geólogos entrenados más bien que a los aficionados o a los estudiantes de primer año; presupone cierta familiaridad con los elementos de la geología estructural y con su terminología". Es así que el autor empieza su exposición, con cierto traslape indispensable, donde los textos fundamentales de la materia terminan.

En la Primera Parte, **Geología Estructural Teórica**, se consideran las propiedades físicas de las rocas: la elasticidad, rigidez y compresibilidad; la ruptura y el ángulo de ruptura; la fluencia (o el flujo) de las rocas, y las propiedades mecánicas de los sedimentos no consolidados. Se exponen y discuten los resultados obtenidos en los experimentos de laboratorio con respecto a la deformación de

las rocas, y la importancia de los factores tiempo y presión confinante en estos ensayos. Luego que se considera críticamente el valor y las limitaciones de los experimentos tectónicos, o sea, los experimentos con modelos a escala que tratan de imitar los procesos tectónicos y producir las diferentes estructuras geológicas, el autor procede al estudio del comportamiento de las rocas en los procesos tectónicos en el ambiente natural, tratando en un capítulo aparte de algunos fenómenos especiales debidos a la fractura y la distorsión de las rocas, como son guijarros, oolitos, y fósiles deformados, milonitas, vesiculado (**boudinage**), estructura almohadillada (**mullion structure**), estructura en rosario (**rod structure**), y las estructuras ptigmáticas. En el último capítulo de la Primera Parte considera el autor el clivaje (cruce) y la esquistosidad de las rocas y expone brevemente los principios y métodos de la petrología estructural.

La Segunda Parte, **Geología Estructural Comparativa**, trata cabalmente de las estructuras geológicas y de la relación entre las deformaciones y los esfuerzos. Desviándose de la secuencia acostumbrada y casi tradicional, el autor empieza con el estudio de sistemas de diaclasas y fallas a base