

Generalidades sobre rocas y análisis químicos de suelos.

Por AYCARDO OROZCO R.

Tesis presentada a la Facultad Nacional de Agronomía para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

I

INTRODUCCION

Desde el día en que inicié el presente trabajo, apoyado por la amable Circular que me proporcionó el Rector de la Facultad Nacional de Agronomía, doctor Jorge Gutiérrez, para dirigirme a diversos lugares del país en solicitud de material que me sirviera para poner en práctica los diversos métodos que me fuere dado ejecutar, no tuve otro objetivo que el de reunir el mayor número posible de métodos, para hacer un análisis químico del suelo. Tenía el pleno convencimiento de que nada nuevo iba a aportar a las ciencias químicas, pero en cambio, como me lo sugirió el que más tarde designé como Presidente de Tesis, doctor Antonio Durán A., si podría compilar una serie de métodos explicados en un lenguaje tan sencillo, como en texto alguno pudiera presentarse. Entonces nació en mí el

el deseo de proporcionar a los estudiantes venideros un texto elemental sobre principios de análisis de algunos elementos de importancia agronómica, el cual, no lo dudo, me ha quedado defectuoso, pero estoy seguro que, al ser corregido por el Profesor respectivo, tendrá el valor a que yo aspiro.

Con gran delicadeza he practicado los sistemas de análisis que anoto, procurándome así una experiencia que si es corta en realidad de verdad, si me permite diferenciar los diversos métodos de determinaciones, basado en la bondad de resultados verificados en muchas ocasiones.

No creyendo tanto en la influencia del factor personal cuanto en la bondad del método, he resuelto acogerme hasta el conocimiento de nuevos y más eficientes, a los siguientes, para las determinaciones de elementos, partiendo de soluciones clorhídricas.

CALCIO. — Gravimétrico. — El del Oxalato de Amonio pasando como carbonato. En defecto, el Volumétrico por determinación indirecta.

MAGNESIO. — Volumétrico. — Neutralizando con álcali y titulando con ácido, como queda indicado.

FOSFORO. — Volumétrico. — Al estado de fosfomolibdato de Amonio.

POTASIO. — Volumétrico. — Método Jaramillo Madarlaga, o al estado de Perclorato.

El Nitrógeno es determinado como se indica en el texto.

PRIMERA PARTE

Antes de darme al estudio de lo que es un análisis químico del suelo, de su objeto, su importancia, la enumeración de algunos de los procedimientos más comunes para efectuarlos,

su interpretación y la discusión de las conclusiones que de él he de obtener, conceptúo trascendente hacer un ligero esbozo sobre el origen de los suelos y la manera como ellos se han formado.

ROCAS

Es un hecho ya perfectamente puntualizado y, por ende, reconocido por la mayoría de los petrógrafos, la adopción de la agrupación genética de las rocas en tres estados, cada uno de ellos con sus caracteres diferenciales especialmente definidos. Esta primera división de las rocas es la siguiente: Rocas ígneas, metamorfoseadas y sedimentarias.

ROCAS IGNEAS

Estas tienen su origen en la solidificación del magma incandescente, solidificación que se efectuó de diferentes maneras, dando como resultado una división de las rocas en cuestión. Veamos cómo ocurrió este fenómeno y anotemos los grupos que de allí resultaron:

1º — Solidificación efectuada lenta y gradualmente, acompañada de fuertes presiones, éstas como resultante de las grandes profundidades donde tal fenómeno dió lugar a las rocas cristalinas de origen granular, que se conocen con los nombres de *Plutónicas* o *Abisales*.

2º — Solidificación acompañada primero de un enfriamiento lento, y en una aceleración brusca y vertiginosa de tal enfriamiento, después, acompañado en ambas etapas de baja presión, dió lugar a una cristalización en el primer caso y en el segundo, a una vitrificación que optó por envolver los cristales ya existentes; en presencia de esta estructura se adoptó la de-

nomiación de *Porfírica* para distinguirla de otras y la de *Intrusivas* para las rocas de tal estructura.

3º — Solidificación rápida al contacto del aire evitando la formación de una estructura cristalizada predominante, (pues pueden haberse formado cristales muy pequeños), y por consiguiente presentando una constitución amorfa, se consignaron los términos de *Eruptivas*, *Volcánicas* o *Lavas* para las rocas ígneas así originadas.

Consiguiente a esta segunda división, aparece una tercera basada en la textura de las rocas o, si se quiere, una subdivisión de las ígneas.

Como son tan variadas y a veces tan anárquicas las clasificaciones, yo adoptaré la que trae Ben H. Parker. Associate Professor, Geology — Colorado School of Mines en su artículo "Clasificación de Rocas Ígneas en el campo".

Pero antes de continuar, considero oportuno dar aquí las definiciones de algunos de los términos usados y de los que a continuación aparecerán.

Estructura. — Propiedades o caracteres que presentan los minerales componentes de las rocas, tales como: forma, desarrollo cristalográfico, etc.

Textura. — Término que dice relación a tamaño, proporción y arreglo de los granos o cristales de las rocas.

Holocristalinas. — Rocas cuyos componentes se hallan en forma de cristales.

Hipocristalinas. — Rocas cuyos componentes están: unos cristalizados y otros amorfos.

Vitreas. — Rocas cuyos componentes se presentan en es-

tado de vitrificación, ya sea sola o acompañada de procesos cristaloides.

Fanerítica. — Textura particular de las rocas ígneas, caracterizada por granos o cristales de tamaño igual distinguibles a simple vista o con ayuda de lentes manuales. Las rocas de este tipo son de apariencia *granulosa*.

Afanítica. — Textura que se caracteriza por granos o cristales de tamaño igual, pero sólo visibles al microscopio. La apariencia de estas rocas se denomina *Masiva (Stony)*.

Porfíricas.—Textura en la cual se presenta una gran variedad en el tamaño de los cristales o granos de la roca. En estas rocas se distinguen los *Fenocristales* o *Cristales mayores* y *Pasta*, al material formado por los pequeños cristales y la parte vítrea.

Vistas estas pocas definiciones y dejando para más adelante otras, describiré la clasificación dada por Mr. Parker, anotando como requisito que, para tener en cuenta la presencia de un mineral en la clasificación de una roca, es preciso que él acuse un tanto por ciento mayor de 10.

Es asunto consagrado y evidente la adopción de 10 minerales como los principales para la clasificación de las rocas. Tales son: Cuarzo, Feldespato, Ortoclasas, Feldespato plagioclasa, Feldespatoídes, Anfíboles, Piroxenos, Biotita y Olivina.

Para dar una mejor y más comprensiva anotación sobre la clasificación de las rocas, copiaré a continuación el cuadro ideado por el autor citado y haré un ligero análisis de él, dando los principales puntos para su comprensión y la definición y composición química de los minerales.

Siendo la base fundamental de este esquema taxonómico las variaciones presentadas por las rocas en lo relacionado con la textura y composición mineralógica de ellas, es indispensable

~ CLASIFICACION DE LAS ROCAS IGNEAS EN EL CAMPO ~

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA ESENCIAL			TEXTURA									
			FANERÍTICA	PORFIRÍTICA CON PASTA FANERÍTICA	AFANÍTICA	PORFIRÍTICA CON PASTA AFANÍTICA	VITREA	PORFIRÍTICA CON PASTA VITREA				
CON FELDESPATO.	PREDOMINAN: FELDESPATO ORTOCLASA O MICROLINA	CON CUARZO	GRANITO.	GRANITO PORFIRÍTICO	FELTITA SI ES DE COLOR CLARO ↑ TRAP SI ES GRIS O OSCURO, VERDE OSCURO O NEGRA. ↓	RHIOLITA. PORFIRÍTICA.	OBIDIANA SI TIENE GRAN LUSTRE VITREO. PITCHSTONE SI ES DE LUSTRE OPACO O RESINOZO.	NOMBRE DE LOS MINERALES MAZ VITROCRÍTICOS EJEMPLO: CUARZO PITCHSTONE VITROFIBRO				
		SIN CUARZO O FELDESPATOIDE	SIENITA	SIENITA PORFIRÍTICA		TRAQUITA PORFIRÍTICA.						
		CON FELDESPATOIDE	SIENITA DE NEFELINA.	SIENITA DE NEFELINA PORFIRÍTICA		FONOLITA PORFIRÍTICA						
	POTASIO y FELDESPATO PLAGIOCLASA EN PROPORCIONES APROXIMADAMENTE IGUALES.	CON CUARZO	GRANODIORITA	GRANODIORITA PORFIRÍTICA		DELENITA PORFIRÍTICA.						
		SIN CUARZO O FELDESPATOIDE	MONZONITA	MONZONITA PORFIRÍTICA		LATITA PORFIRÍTICA.						
		CON FELDESPATOIDE	MONZONITA DE NEFELINA									
	PREDOMINAN: FELDESPATO PLAGIOCLASA	CON CUARZO	CUARZODIORITA	CUARZODIORITA PORFIRÍTICA		DACITA PORFIRÍTICA.						
		SIN CUARZO O FELDESPATO.	DIORITA	DIORITA PORFIRÍTICA		ANDEITA. PORFIRÍTICA.						
		SIN CUARZO O FELDESPATO.	GABRO	GABRO PORFIRÍTICO		BAJALTO. PORFIRÍTICO						
		CON FELDESPATOIDE	TERALITA									
	POCO O SIN FELDESPATO.	CON FELDESPATOIDE	MISURITA & NEFELINITA									
		POCO O MAY MINERALES FERROMAGNESIANS.	PERIDOTITA.	PERIDOTITA PORFIRÍTICA.								
UN MINERAL FERROMAGNESIANO		ANSI PASTA "TRAP" AL NOMBRE DEL MINERAL.										

ble determinar estos dos factores para darle el nombre apropiado a la roca iniciando la operación, como es aconsejable, por la fijación de la textura. Entonces, haciendo uso de las columnas verticales del cuadro, se colocará allí la roca a la cual se le ha definido la textura. A continuación, y teniendo en cuenta la textura que se le ha asignado, se fijará su composición mineralógica, con lo cual se hallará el puesto que le corresponde en las divisiones horizontales. Determinando la presencia o ausencia de cuarzo, feldespatoides y minerales ferromagnesianos, se fijará el puesto que le corresponde a la roca, objeto del análisis, en una de las divisiones horizontales menores. La intercepción de estas divisiones con las verticales que nos dicen de la textura, marcará el nombre de la muestra.

En presencia de rocas de textura afanítica, vítrea o porfirítica, con pasta vítrea, como la determinación de sus minerales, es cuestión complejísima, se clasifican más fácilmente a su color, al nombre de los minerales que se observen en los fenocristales y a otros varios factores que pueden determinar sistemas diferentes.

ROCAS DE TEXTURA FANERITICA

Granito.

Es una roca cristalino-granulada en la cual, como veremos en el análisis mineralógico, predominan el cuarzo y feldespatos con presencia de piroxenos que son mezclas isomórficas de silicatos de magnesio, calcio, hierro, sodio, aluminio, manganeso, que sólo se diferencian de los anfibólicos por cuestiones cristalográficas y físicas (Clivaje, etc.). Es común hallar en estas rocas mica y hornblenda; siendo la mica principalmente

magnesiana o sea la biotita, que es un silicato de magnesio, como predominante, Aluminio, Hierro y Potasio como secundarios.

Como minerales secundarios que suelen presentarse en esta roca, se cuentan: Apatita, Zircon, Monecita, Ortita y otros.

El Feldespato que hace presencia en el mineral que se estudia, puede hallarse como potasio, monoclinico, o sea en la forma de ortosa, o bien como plagioclasa ácida y oligoclasa, que son feldespatos calcosódicos cuya exfoliación se caracteriza en el sistema triclinico o en ambas formas a la vez.

Hay varios autores que concuerdan en sus opiniones sobre la separación del magma de los minerales de una roca y atribuyen la siguiente para el magma granítico: Zircon Apatita, óxido de hierro, hornblenda, biotita, mascovita, plagioclasa, ortoclasa y por último el cuarzo.

Es frecuente encontrar el granito en la naturaleza, en grandes masas llamadas *Batolitos*, aunque no es muy particular hallarlo en filones o diques.

El granito es una roca que ocurre en todas las formaciones geológicas, siendo las más poco comunes, las del terciario.

Por alteraciones sucesivas esta roca se convierte en *Lem* granítico, que es una arena suelta o grava.

En cuanto a la composición química diré que después de consultar varios autores he llegado a la conclusión de que ella oscila en un margen no muy reducido para sus componentes. Así tenemos que ella puede encerrarse dentro de los siguientes, tantos por ciento:

Potasa	4.9 a 5.3%
Silice	60 a 80%

Alúmina	14 a 18%
Cal	5.9 a 2.9%
Potasa (Alcali)	4.9 a 5.3%
Sodio (Alcali)	1.0 a 1.3%
Oxido de Fe y Mg.	Trazas.

Como es fácil ver, en el dato de los álcalis hay una mayor cantidad de potasa que de soda; esto es lo más común. Su peso específico varía entre 2.60 y 2.74.

Antes de continuar y, notando que como es tan común en la terminología que resulta al hablar del granito la palabra *Grabarros*, diré que ella ha sido apuntada para distinguir las secreciones básicas, de color más oscuro que el resto del granito, y de un coeficiente de alteración mayor o menor que el de éste; son muy frecuentes en los granitos por concentraciones de tales elementos negros, tales como biotita, hornblenda y magnetita.

Para dar una ligera idea de la ocurrencia de los principales minerales que se encuentran en el granito, copiaré a continuación el análisis mineralógico de un granito común que trae como elemento negro la biotita, citado por F. V. Emerson:

Cuarzo	34.3%
Ortoclasa	37.1%
Plagrodasa	25.1%
Biotita	2.3%
Magnetita	1.2%

Esto como es fácilmente comprensible, no es un dato categórico ni puede ser aplicable al granito en general, ya que tanto su composición mineralógica como la química varían tan-

to; como lo he expresado, es un dato que apunto para dar una idea de la composición mineralógica de esta roca. Para terminar esta rápida ojeada sobre el granito, enumeraré las principales variedades de granito, determinadas por su composición mineralógica.

Granito de dos micas, con biotita y moscovita; granito común con biotita como elemento negro; granito hornbléndico; granito augítico; granito biotítico anfibólico o rapakivita y granito turmalinífero con turmalina negra.

Sienita (granito hornbléndico).

Este nombre le fue dado a la roca en cuestión por haber sido hallada por una expedición científica de Plinio, en Siena (Assuan) en Egipto.

Los minerales que caracterizan a esta roca son, para la generalidad de los casos: Feldespatos potásicos, cuya cristalización se agrupa en el sistema monoclinico y que son conocidos como Ortosa y Metasilicatos de magnesio y hierro con calcio y aluminio, a veces, que se designan con el nombre de hornblenda. Otro mineral que es común, aunque en menor escala, es la augita, cuya composición química es muy semejante a la del inmediato anterior, pues se agrupa entre los metasilicatos complejos; entre éstos se ha adoptado como carácter diferencial, la exfoliación. También pueden estar presentes en esta roca, la magnetita, apatita y cuarzo que muchas veces está ausente.

Cuando la Sienita es muy rica en cuarzo tiende a pasar a granito y entonces podrá ser clasificada como sienita cuarcífera o falso granito, o como granito pobre en cuarzo; esta abundancia de cuarzo en la Sienita, siempre acusa la pobreza en otro de sus minerales comunes.

La textura de esta roca es, como lo apunta Mr. Parker, fanerítica, o sea cristalino-granulada, como denominan otros esta misma textura.

Existe una crecida variedad de sienitas adjetivadas debidamente de acuerdo con los minerales predominantes; tenemos así la Sienita de Nefelina o nefelinica, en cuya composición mineralógica se halla en abundante proporción la nefelina, que siendo un silicato doble de aluminio y sodio, está considerado como un feldespatoide, porque la sílice que contiene no es suficiente para saturar todo el álcali y alúmina en forma de feldespatos. Esta podría confundirse con el cuarzo si no fuera por la fácil solubilidad en HCl que la caracteriza rápidamente. La Sienita nefelinica tiene un peso específico de 2.3, en tanto que la común tiene 2.6. Algunos autores la consideran como la transición o paso intermedio entre la Sienita Común y la Diorita; Sienita Augítica; Monzonita que se diferencia de la anterior por el alto contenido del feldespato triclinico denominado plagioclasa: Sienita Leucítica, etc.

La composición química de la Sienita común varía entre los siguientes tantos por ciento:

Sílice	54	a 57.80%
Alúmina	18.30	a 18.80%
Hierro (óxidos)	7.00	a 7.74%
Magnesio	2.75	a 3.50%
Calcio	6.00	a 7.40%
Sodio (Alcali)	4.50	a 4.70%
Potasio (Alcali)	2.80	a 3.00%

La composición mineralógica de la típica Sienita común es más o menos la siguiente:

Feldespatos	63.5%
Hornblenda	22.8%
Augita	9.0%
Magnetita	1.8%
Apatita	1.3%
Cuarzo	0.4%

Diorita.

Esta roca se diferencia de la anterior en que los feldespatos que ocurren en su composición mineralógica, son calcosódicos y de una exfoliación que se agrupa en el sistema triclinico y que, por consiguiente, se caracterizan como plagioclasa; la hornblenda, la augita y a veces la biotita, son los minerales que, con el anterior, se presentan en la forma de Labradorita generalmente formando el grupo de los principales de esta roca. Como secundarios se encuentran el cuarzo, zircon, apatita, titanita, ortosa, ilmenita, magnetita, etc.

La plagioclasa que se agrupa en esta roca se caracteriza por sus maclas, visibles a ojo desnudo y por los granos que forma que son blancos amarillentos o verdosos.

La hornblenda (metasilicatos de magnesio y hierro con calcio a veces), se ofrece en cristales prismáticos y cortos de color negro o verde oscuro que muestran su típico carácter de exfoliación.

La denominación de Dioritas cuarcíferas ha sido adoptada para señalar a las rocas de este grupo muy ricas en cuarzo.

Como en las anteriores, de ésta se puede citar un grupo de variedades caracterizados por el mineral más abundante, así pueden enumerarse: las Dioritas Micaceas; las Anfibólicas, Piroxénicas, etc.

Su textura es semejante a la de las rocas anteriores.

Como composición química de una Diorita común, se anota la siguiente:

Silice	56.5 a 67.00%
Alúmina	15.1 a 18.18%
Hierro	4.0 a 7.11%
Magnesio	2.0 a 4.36%
Cal	3.5 a 6.51%
Sodio (Alcali)	3.24%
Potasio (Alcali)	1.57%

Y la composición mineralógica aproximada de la Diorita común, puede ser la siguiente:

Labradorita	58.8%
Hornblenda	12.8%
Biotita	12.5%
Cuarzo	9.5%
Augita	4.3%
Magnetita	0.8%

Anotaré que si esta Diorita la he llamado común, a ella puede asignársele una ligera tendencia a ser cuarcífera.

Como específico se le ha hallado un 2.7.

Gabros.

Textura Fanerítica o cristalino-granulada. En su composición mineralógica entra la plagioclasa básica de la anterior, o sea la Labradorita en un tanto por ciento sensiblemente igual,

acompañada de piroxenos que padecen exfoliación del sistema monoclinico, llamado Dialagas. A estos minerales pueden acompañarlos y a veces superarlos, en tanto por ciento, o substituirlos, piroxenos rómbicos, los cuales son como los anteriores silicatos de magnesio, hierro y aluminio que caracteriza a los monoclinicos. Cuando predominan los piroxenos sobre los monoclinicos o los substituyen, la roca se denominará *Norita*: en la cual, como en los Gabros, pueden hallarse especiales proporciones del silicato doble de magnesio y hierro de color verde amarillento, transparente con brillo vítreo, de peso específico 3.4 y dureza, según la tabla de Mohs, de 6½, llamado Olivina.

La plagioclasa se presenta ordinariamente en cristales de color blanco turbio, visibles a simple vista, pudiendo a veces mostrarse como masa grisácea de cristales muy finos de epidota y albite, llamada *Sansurita*. La Dialaga frecuentemente se transforma en *Eamaragdita*, que es un Anfíbol semejante a la actinota. Es común hallar la Olivina alterada y en la forma de un silicato de magnesio hidratado, de color verde oscuro, estado en el cual se la llama *Serpentina*.

Con estos minerales anotados se ofrece la hornblenda, la mica y el cuarzo en diversas proporciones; constituyendo el grupo de los accesorios, la apatita, pirita, magnética, etc.

Las principales variedades de Gabros que se deben anotar son: *Tinecolita*, con poco piroxeno y Olivina con más granos negros que se destacan sobre feldespatos blancos; *Eufolita*, en el que aparece un anfíbol verde; la *Esmaragdita*, como transformación de la dialaga; *Anortita*, en el que predomina la plagioclasa básica, y la *Nortita*, ya citada.

Aunque la composición química es un poco incierta, citaré una para que se tenga una idea.

Sílice	47.78%
Alúmina	18.58%
Hierro	11.58%
Magnesio ..	6.15%
Cal	9.36%
Sodio (Alcali)	3.61%
Potasio (Alcali)	0.47%

y como composición mineralógica anotaré la siguiente:

Labradorita	57.5%
Hornblenda	21.8%
Augita	17.0%
Magnetita	3.6%
Apatita	1.6%
Cuarzo.....	0.5%

Textura fanerítica, según Mr. Parker y peso específico, 2.8.

Peridotita.

Rocas intrusivas, de la misma textura que la anterior, en las cuales no se encuentran ni feldespato ni feldespatoïdes en la gran mayoría de los casos, y cuyos principales minerales son Olivina y Piroxenos en los que se acusa notablemente la presencia de hierro y magnesio con un poco de sodio, potasio, calcio y aluminio. Su peso específico es muy alto, pues tienen 3.3.

Hay una gran cantidad de peridotitas características por su composición mineralógica; las principales son: Dunita, compuesta casi completamente de Olivina y algo de Cromita; Lher-

zoleta, compuesta de olivina, diopsido, picotita y broncita; la Nerzburgite, con olivina y broncita y menos comunes la Wehrleta, la Kimberlita, la Websterita y la Hornblendita.

En cuanto a la composición química, daré la citada por Bruns como promedio de 16 análisis de peridotitas.

Silice	42.82%
Aluminio — Al ₂ O ₃	5.34%
Hierro — Fe ₂ O ₃	3.18%
Hierro — FeO	11.73%
Magnesio	25.87%
Calcio	5.79%
Sodio	0.77%
Potasio	0.78%

Con los breves apuntes que anteceden, dejo descritas brevemente las principales rocas ígneas de textura fanerítica dadas por el cuadro de Mr. Parker, haciendo notar que las siete restantes que allí se anotan son como variedades de las cinco descritas.

En cuanto a las agrupadas en la textura Porfirítica con pasta fanerítica, bien puede decirse que son rocas compuestas por los mismos minerales de las anteriores, pero que se caracterizan por presentar una pronunciada diversidad en el tamaño de sus cristales o granos; por lo tanto, no me detendré a estudiarlas a fondo.

Sobre las de textura afanítica, diré que siendo las rocas principales la Felsita y el Trap, que no son rocas muy comunes, la pasaré sin estudiarlas. Entre las de textura porfirítica con pasta afanítica, si tenemos algunas que merecen estudiarse un poco.

Rhiolita.

Llamada por algunos autores Liparita y Traquita cuarcífera, está considerada como el más típico representante volcánico moderno del granito, estableciendo diferencia con el pórfido cuarcífero únicamente por su edad. La alteración de sus elementos es escasa o nula, puesto que sus erupciones son terciarias y cuaternarias. El feldespato que contiene es una ortoclasa de aspecto vítreo, transparente y pura que se conoce con el nombre de Sanidina. Puede fácilmente en esta roca distinguirse dos partes: la formada por los cristales compuestos de sanidina, cuarzo y biotita, y la pasta que la forma la sanidina, cuarzo y vidrio.

El cuarzo de esta roca contiene inclusiones vítreas. Por el alto contenido de sílice que tiene, tiende a presentarse en forma de vidrios, conociéndose estas formas vítreas con los nombres de Obsidiana, Porfirita y Piedra Pomez.

Traquita.

Es el representante volcánico moderno de la Sienita, llamada también Ortofilo y Pórfido ortoclásico. Siendo porosa o compacta, se presenta de color blanco grisáceo, gris ceniza o rojizo. Está compuesta de cristales grandes de sanidias y oligoclasa, acompañados de prismas negros de hornblenda, biotita y a veces augita; es común encontrar en esta roca también la tridimita. La parte que forma la pasta está compuesta de sanidina, augita y magnetita. Como elementos accesorios figuran la apatita y titanita.

Su composición química, por ser tan semejante a la Sienita que a veces concuerdan, no la citaré aquí.

Como variedades de ésta, se cuentan como principales la traquita de mica, traquita augítica, traquita de sodalita, traquita andesítica, y las hialo-traquitas (obsidiarias) que son rocas hialinas con los minerales de la traquita.

Fonolítica.

Tanto por su composición química, como por la mineralógica, ha sido considerada como el representante efusivo de la Sienita-nefelínica; está compuesta de sanidina, que es una ortoclasa de aspecto vítreo y transparente; nefelina de la cual ya hablé al tratar de la Sienita, y casi siempre de un piroxeno. Esta roca es de color verde pardusco, muy compacta y de brillo craso. Entre los elementos accesorios figuran la Titanita, el Orenate y Apatita. La Nefelina que esta roca contiene, puede ser total o parcialmente reemplazada por la Sodalita o por la Noseña. La hornblenda ocurre en esta roca en grandes cristales (Fenocristales) prismáticos de color negro; la fosilita leucítica es una variedad de esta roca, que contiene leucita; la fonolítica traquítica, en la que predomina la Anidina sobre la nefelina; la fenolina nefelínica, con más nefelina que feldespato. Peso específico 2.58.

Dacita.

Esta roca es a la andesita lo que las dioritas cuarcíferas son a las comunes, no siendo, pues, más que una andesita cuarcífera, con tendencia a pasar a liparita. El cuarzo, aunque se halla en estado microscópico, nunca falta en esta roca. Su nombre proviene de la provincia Dacia, de la Transilvania, donde son comunes grandes yacimientos de ella. Es tan abundante como la andesita.

Andesita.

Buch llamó así a varias lavas halladas por él en los Andes; mas hoy esta denominación se ha definido mejor y se ha adoptado para aquellas rocas que se distinguen de las traquitas, por ser su feldespato una plagioclasa, y que pasan a doleritas y basaltos por la adición de olivina. Estas rocas son los más típicos representantes modernos de las porfiritas, correspondiendo, tanto éstas como aquéllas, a las dioritas, por su composición. La diferenciación de esta roca de la Traquita es mejor hacerla al microscopio, para mayor seguridad. Como variedades de ésta, se tienen las siguientes: Andesita anfibólica, que está compuesta de oligoclasa, hornblenda, augita y mica, y como sub-variedad, la Andesita anfibólico-micácea, con alto tenor de mica y feldespato de aspecto vítreo; la Andesita augítica con augita, muy próximas a los basaltos plagioclásicos; Andesita piroxénica con piroxenos rómbicos y magnetita; tanto la augita como los piroxenos se presentan en cristales microscópicos. El cuarzo es frecuente y a veces en tal cantidad, que hizo crear la variedad de Andesitas cuarcíferas o Caditas, para estas rocas, variedad que ya es considerada en grupo aparte, como puede verse en el cuadro. Por último, se tienen la Andesita hiperstenia, con hipersteno: la absidiana y piedra pomez, correspondientes como variedades de Andesita.

Basalto.

Con tal denominación se conocen varias rocas volcánicas muy oscuras o negras, extremadamente compactas, de factura conchóidea o astillosa, y cuyos componentes minerales son observados al microscopio, con excepción de los integrantes al

estado porfirítico de la pasta. Estos minerales son: Labradorita o Anortita, que son feldespatos calcosódicos triclinicos del grupo de las plagioclasas. La materia fundamental de estas rocas, vista al microscopio, presenta gránulos diminutos de composición un poco compleja, traquita y microlitos de feldespato y augita, (Microlitos; pseudocristales que se ofrecen generalmente en forma bacilar, muchos de los cuales son específicos a cada mineral, donde ocurren siempre en determinada forma bacilar; se conocen los de apatita, feldespato, augita, etc.). Se ofrecen también granos verdes de olivina y magnetita.

Tanto la composición química como la mineralógica de estas rocas son muy variadas y de allí que se haya hecho de ellas dos series: la de los plagioclásicos y la de los alcalinos. En la primera se agrupan aquellos cuyos componentes básicos son la plagioclasa, la augita, olivina que a veces se presenta en la forma de descomposición, o sea en Serpentina y magnetita; como variedades de esta serie se tienen las Doleritas o sea basaltos de granos gruesos visibles a simple vista, las Anamesitas de granos distinguibles con lupa y propios de basaltos, los de granos finísimos. En la segunda serie se agrupan aquellos que se diferencian de los de la primera, por la variabilidad en el contenido de la ortoclasa sanidina; como variedades de esta serie se cuentan: Tefrita, compuesto de plagioclasa, augita y nefelina; besanita, con los minerales de la anterior, más la olivina; basaltos nefelinicos, en los que el tenor de nefelina desaloja la plagioclasa, y melílicos con melilita, nefelina, augita, olivina y biotita.

Entre las rocas de textura vítrea, el cuadro no presenta la Obsidiana, si tiene gran lustre vítreo, y Pitchstone, si es opaco o resinoso.

Obsidiana (vidrio liparítico).

Es la forma más perfecta del vidrio volcánico que se asemeja mucho al artificial por su estructura conchóidea; su color varía del negro al pardo, al azul, al verdoso o al rojo. La coloración opaca que presenta a simple vista es debida a interposición de oscuros cristales llamados triquitas o sea microlitos opacos y capiliformes, dispuestos en líneas y agrupaciones que revelan el movimiento de la masa cuando estuvo en estado de fluidez. En un corte micromático se verá de color claro. Cuando en la Obsidiana se presentan muchos cristales de sanidina, se denomina porfídica. La pomez es una obsidiana con muchos espacios vacuolares.

Como composición química se le ha asignado la siguiente:

Silice	71.0%
Alúmina	13.8%
Sodio	5.2%
Potasio	4.0%
Calcio	0.6%
Magnesio	0.6%
Oxidos de Fe y Mn	3.7%

Su peso específico es de 2.40.

Pitchstone.

Con este nombre se conoce una roca vitrea que se halla en estado de desarrollo de microlitos más avanzados que la anterior. Al microscopio se presentan microlitos capilares en diversas agrupaciones y microlitos de cristales más definidos de or-

toclasa, plagioclasa, cuarzo, hornblenda, augita, magnetita, etc.

Las agrupadas en el último cuadro no las trataré por variedades de las anteriores.

Para terminar la ligera ojeada sobre las rocas ígneas, diré que otros autores adoptan la clasificación de ellas en tres series, que son: Ácida, Intermedia y Básica, basándose en el contenido de sílice. Otros establecen clasificaciones tan variadas, que más bien (por el carácter de síntesis de este trabajo) dejaré de citarlas.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Estas rocas son de origen secundario o derivado, es decir, constituídas por materiales que han existido en la corteza de la tierra bajo otras formas; en otros términos, son aquellas rocas formadas por materiales acarreados por los agentes agua, viento o hielo, denominados Agentes de Transporte. Como es lógico comprender, por la última definición, estas rocas aparecen en lugares diferentes al de su formación.

Su presentación en la naturaleza es característica en capas denominadas estratos, y en ellas, a diferencia de las ígneas, no se presentan yacimientos por intrusión que irrumpen a través de las rocas. Estos estratos se han formado siguiendo un plano horizontal o levemente inclinado, formación ésta que es la resultante de la sedimentación y de posición de los materiales en sus movimientos de acarreo; el espesor de estos estratos se mide por una línea normal a las superficies de estratificación y su valor se llama potencia. La superficie inferior opuesta, techo o pendiente.

Según los agentes de transporte que hayan obrado y los materiales acarreados, las rocas sedimentarias han sido divi-

didas así: *Rocas colianas*, las formadas por una acción puramente mecánica del viento, como las Colinas de Arena de las costas y desiertos; *Rocas acuosas sedimentarias*, en las que ha obrado el agua como agente de acarreo. Ejemplo de estas rocas, las gravas, arenas y barro de las costas y lecho de los ríos; *Rocas sedimentarias orgánicas*, constituidas por hacinamientos de plantas y animales; y *Tobes volcánicas*, las que resultan de la acumulación de productos sólidos arrojados por los volcanes. Los sedimentos pueden clasificarse por su estructura, la que es producto del modo como se formaron en sedimentarios mecánicos, químicos y orgánicos. Otra división consagrada de estas rocas, es la que las agrupa así: Clásticas y las de depósito Químico; las primeras están compuestas de elementos alotígenos, o sea fragmentos de otras rocas que han sido transportados. Las de depósito químico están constituidas por aquellas sales que resultan de evaporaciones y precipitaciones.

Varios textos americanos traen como clasificación para las rocas sedimentarias la siguiente: Gravav, Conglomerados, Esquistos y Calizas.

Es regla general que estas rocas están formadas por los productos más duraderos de la desintegración de otras rocas que habiendo sidos desprendidos de éstas, han estado sometidos a acarreos y deposiciones que la mayoría de las veces han obedecido a leyes físicas y químicas. Tales productos o materiales integrantes de las rocas sedimentarias pueden llevarse a dos grupos: 1°. Constituido por fragmentos minerales en un estado físico definido, entre los cuales tenemos: cuarzo, feldspatos, mica, minerales de hierro, zircon, rutito, opetita, turmalina, granate, esfena, augita, hornblenda, etc.; y 2°. Sustancias depositadas entre las partículas anteriores y que en muchos casos les han servido de cemento; entre éstas se cuentan el ácido

silícico, en forma de cuarzo, calcedonia y ópalo, carbonatos de cal, hierro o magnesia, hematita, limonita, pirita, etc.

Ligeramente analizaré las varias clasificaciones propuestas.

Atendiendo a su naturaleza y composición, estas rocas se han agrupado así: Gravas - Cascajos. Estas están formadas por fragmentaciones de una roca primitiva que han sido más o menos redondeadas por los frotamientos en los transportes; en cuanto a su tamaño, se dice que puede variar entre el de un grano de maíz hasta una bien considerable, como el que admite para los guijarros.

Conglomerados. Son rocas formadas por gravas o cascajos cementados, provenientes generalmente de las rocas duras; reciben nombres según la naturaleza de los cantos que las constituyen. Conglomerados cuarzosos, calizos, graníticos, etc., y según la pasta o cemento que los une: silíceocalizo, arcilloso o ferruginoso.

Breches. Son conglomerados que tienen sus fragmentos angulares, en vez de ser redondeados como los de los verdaderos conglomerados.

Esquistos pizarrosos o arcillas endurecidas (Shales) en su forma típica, son arcillas endurecidas y de aquí el nombre con que algunos los designan: "Piedra de barro". El mineral básico de estas rocas es el Caolín, que es una combinación de aluminio y ácido silícico, cuya fórmula química es $H_4Al_2SiO_9$. Es común la presentación de los esquistos en forma de láminas delgadas que se llaman pizarras, y de allí la denominación que a veces se les asigna de "esquistos pizarrosos". Cuando contienen mica, su estratificación laminar es más notoria. Su color es variable, dependiendo éste de elementos predominantes.

Antes de continuar quiero hacer notar que en la termino-

logía mineralógica y petrográfica ocurren con bastante frecuencia las denominaciones de arcilla y limo con significaciones bien diferentes de las que se dan a estos términos en Agrología o Edafología. Es preciso tener muy presente tal cuestión, para evitar interpretaciones erróneas y confusión de concepto. En el primer caso se llama *Arcilla* a un caolín impuro, por la presencia de diversas sustancias de colores gris, amarillo y rojo, que forman masa plástica con el agua. Cuando la arcilla está constituida únicamente por silicato hidratado de aluminio, se llama *Caolín*, y cuando es de inferior calidad, es decir, que está mezclada con arenas, compuestos de cal y hierro, se conoce con el nombre de *Limo*. En el segundo caso veamos cuál es la significación: se denomina *textura*, en lenguaje agrológico, el tamaño de las partículas del suelo. Estas partículas han sido recogidas en 7 grupos denominados separados del suelo, a los cuales, según convenios internacionales, por sugerencias de "The United States Department of Agriculture" en el compendio "The centrifugal method of soil analysis de Briggs", a los cuales se les han asignado diámetros definidos, así:

Cascajo fino.....	2.000 a 1.000 mm.
Arena gruesa	1.000 a 0.500 mm.
Arena media	0.500 a 0.250 mm.
Arena fina	0.250 a 0.100 mm.
Arena muy fina	0.100 a 0.050 mm.
Limo	0.050 a 0.005 mm.
Arcilla	0.005 o más bajo.

Según esto, vemos que la arcilla y el limo son elementos físicos que únicamente están subordinados al tamaño, o mejor, que reciben los nombres de tales por el tamaño y no por la composición química y mineralógica.

También pueden diferenciarse diciendo que la arcilla y el limo mineralógicos son compuestos más o menos puros de silicatos de aluminio hidratados, y otras sales, principalmente de hierro, y que agrológicamente son unidades físicas compuestas en cuya composición química son muy abundantes la sílice y el aluminio, acompañados de una gran diversidad de sales en estado coloidal.

En seguida expresaré el resultado del análisis de 80 esquistos, según Emerson:

Silice	58 a 38%
Aluminio	15 a 47%
Oxido de hierro	5 a 49%
Calcio	3 a 13%
Magnesio	2 a 45%
Sodio	1 a 21%
Potasio	3 a 25%
Agua	5 a 0.2%

Composición química del Caolín:

Silice	46.50%
Aluminio	39.57%
Agua	13.93%

Caliza.

Esta es una roca muy generalizada y muy importante, cuyo mineral básico es el carbonato de calcio, llamado Calcita, la cual es muy usada, por la obtención de calcio como CaO por tostión. El método más común para su reconocimiento es el

de ponerles un poco de un ácido diluido, con lo cual se presentará una efervescencia por la liberación de CO₂, que comprueba que se trata de calizas. Existe una gran diversidad de calizas que están agrupadas, desde aquellas que tienen una suavidad como tiza hasta rocas muy duras y de fractura conchoide. El color puede variar del blanco al gris muy oscuro, por presencia de sustancias carbónicas, aunque éstas son menos frecuentes; no es raro hallar calcitas de otros colores por presencia de sales de hierro, manganeso, vanadio, etc. Las más importantes calizas son de origen orgánico y marino, lo cual ha sido comprobado por los fósiles hallados. Los corales son magníficos por la gran formación de rocas calizas que acusan; a éstos pueden agregarse los demás organismos marinos de esqueleto calcáreo. La *Coquina* es una de las Calizas más recientes, la cual se ha formado por esquistos y conchas marinas, cementadas con carbonato de calcio.

Existen extensos lechos de calizas formados por deposición de fangos calcáreos en aguas tranquilas a profundidades moderadas.

Como composición química aproximada para las calizas o calcitas, como también suele llamárseles, se tiene la siguiente:

Silice	5.19%
Aluminio	0.81%
Oxido de hierro	0.54%
Calcio	42.61%
Anhidrido carbónico	41.58%
Magnesio	7.90%
Sodio	0.05%
Potasio	0.33%

Entre las principales variedades de Calizas, se tienen: El *Espato de Islandia*, de muchas aplicaciones en óptica por su birrefringencia. Formaciones de incrustación, tales como las *Estalactitas*; a éstas se refieren también las Calizas fibrosas, el Alabastro Oriental, las Pisolitas y la Calcita Farinácea, llamada también harina o leche de montaña.

Calizas granulares como el Mármol en sus diversos colores y variedades, que estudiaremos como roca metamórfica.

Dándole preponderancia a la estructura que resulta del modo como se formaron, se clasifican las rocas sedimentarias en Clásticas y de depósitos químicos.

Clásticas.

Bajo esta denominación se han agrupado, como ya dije, las rocas compuestas por elementos *alotigenos*. Se distinguen entre las clásticas las siguientes: *Tobas volcánicas*, que son rocas formadas por aglomeración de materiales sueltos, fragmentados, lanzados por los volcanes en sus erupciones, siendo mucho más frecuentes las de erupciones recientes, puesto que las originadas antiguamente han sido atacadas por los agentes externos que las han destruído casi por completo o también han influído en su desaparición o modificación la metamorfosis que se opera, aunque sea muy paulatinamente.

Las Tobas volcánicas se presentan en las regiones volcánicas y reciben nombres correspondientes a las rocas eruptivas de donde provienen; así, tobas Liparíticas, traquílicas, fonolíticas y diabásicas, que al ser endurecidas se llaman *adinolas*.

Psefitas, cantos procedentes de la desagregación de rocas y acarreo por aguas, que son reunidos y cementados; si son redondeados, se llaman *Conglomerados*, y si angulosos, *Bre-*

chas. Si los conglomerados o brechas están compuestos por cantos de rocas de la misma clase, se dice que son *Monogenos*, y si entran en su composición dos o más clases de rocas, se dice que son *Poliénicos*. Se llama *Granvacas* a unos conglomerados de color gris oscuro con cantos cuarcíferos, cuarcíticos, pizarrosos, feldespáticos, micáceos, etc.; también hay granvacas arenosas y compactas. *Gonfolitas* se llaman a unos conglomerados con cabezas de clavos.

Psammitas (areniscas).

Rocas compuestas esencialmente por pequeños granos de cuarzo, a veces acompañados de mica, feldespatos, glauconia y zircon; estos granos están cementados con pastas arcillosas, calizas o silíceas. Las Areniscas ricas en feldespatos y micas se llaman *Arcosas*.

Petilas.

Que comprende: *Arcillas*, que son caolines de inferior calidad, o mejor, con ocurrencia de carbonatos, arenas, mica, etc.; *Greda*, que es una arcilla con la propiedad de absorber las grasas; *Pizarra arcillosa*, que es una arcilla endurecida y de colores oscuros y que resultan de las presiones orgánicas sobre las arcillas ordinarias. *Margas*, que son arcillas que contienen de 20 a 60% de dolomita y que carecen de plasticidad, fragmentándose fácilmente a la intemperie. *Limo*, mezcla de arcilla y arena, con presencia, generalmente, de óxidos de hierro. *Loes*, mezcla de fino polvo de cuarzo, arcilla y carbonato de calcio, resultante de la acción del viento, por lo que se le llama producto *Solico*.

Depósitos químicos o precipitados.

Son las rocas resultantes de un complejo proceso químico de precipitaciones y reacciones ocasionadas estas últimas por propiedades inherentes de los cuerpos y por acciones estalíticas de terceros; entre estas rocas se tienen *Anhidrita*, roca granulada, blanca azulosa, grisácea o rojiza, compuesta de partículas cristalinas de sulfato anhídrido de calcio, casi siempre mezclado con arcilla. Su dureza en la tabla de Mosh es 3; su peso específico es 2.9. Como elementos secundarios tiene cloruro de sodio, dolomita, leorcita, etc.

Yeso.

Dureza 2 y peso específico 2.3; es un compuesto fácilmente rajable con la uña, de sulfato de calcio hidratado, soluble fácilmente en HCl. Su color puede ser blanco, gris, azuloso, amarillento y rojizo y sus elementos accesorios cuarzo, cloruro de sodio, boracita, azufre, arcilla, etc. *Alabastro* es un yeso muy fino y compacto, blanco, de usos comerciales.

Sal Gema:

Compuesto de cloruro de sodio y otras sales como elementos accesorios. Su dureza es 2 y peso específico 2.2; soluble en agua fría y caliente; su color es blanco transparente y con frecuencia coloreado de gris, rojo o amarillo; a veces es azul intenso por cuestiones radioactivas; es un tanto higroscópico. En Zipaquirá, Colombia, existe un gran yacimiento de esta sal.

Sales Potásicas:

Después de separar de las aguas marinas la sal gema, y

continuar la concentración, se separan estas sales con las magnesianas. En asocio con la sal común y la anhidrita, se encuentran las siguientes sales: *Carnalita*, cloruro soluble de magnesio y potasio, con seis moléculas de agua; *Kaninita*, cloruro de potasio y sulfato hidratado de magnesio; *Silvina*, cloruro de potasio; *Polihalita*, asociación de sulfato de calcio, magnesio y potasio, con dos moléculas de agua; a éstas casi siempre acompañan varias sales de magnesio, entre las cuales, la principal es la *Kieseterita*, sulfato de magnesio con una molécula de agua.

Rocas Ferruginosas:

Son varios los minerales de hierro que, por su cantidad en las rocas donde ocurren, pueden ser agrupados en los sedimentos químicos; el óxido de hierro unas veces ocurre como *Oligisto* escamoso y otras, hidratado, como *Limonita*.

Rocas Silicosas:

Estas son de origen ya químico, ya orgánico o a veces mezcla de las dos; entre las principales están la *Lidita*, de color negro, utilizada por los joyeros como piedra de toque; las *Calizas* ya tratadas.

Dolomitas, rocas secundarias formadas a espensas de las anteriores, principalmente de corralinas con algo de magnesio, presentándose a veces como carbonato doble de calcio y magnesio con clasita granulada o espática; de ésta se diferencia fácilmente por su dureza, que es 4 y peso específico que es 2.9, y sobre todo por la falta de efervescencia al tratarla con un ácido diluido en frío, porque al calentar el líquido hay abundante.

Fosforita:

Compuesta de fosfato tricálcico de fórmula $\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$; es compacta y concrecionada.

ROCAS METAMORFOSEADAS

Estas rocas por su estructura y composición mineralógica parecen eruptivas y por su yacimiento y presentación se acercan a las sedimentarias. De las primeras se diferencian por su yacimiento, por la carencia de vidrio y estructura fluidal y a ellas se asemejan por los minerales integrantes, su recristalización y falta de estructura clástica; de las segundas se distinguen por lo que se asemejan a las primeras y se parecen a ellas por lo que las aparta de las ígneas. Aunque es un hecho que tienen caracteres que las acerca a unas y otras, y en otros casos, puntos ajenos a las ígneas y sedimentarias.

Mediante un proceso de metamorfosis, a veces gradual y paulatino, otras rápido y sin ordenación precisa, pueden las rocas ígneas perder su naturaleza de tales y pasar a metamórficas, lo cual sucede también en las sedimentarias y aún en las mismas metamórficas.

Este proceso de metamorfosis puede dar origen a cambios físicos como en el caso de la calcita, que mediante a agentes especiales pasa a ser mármol, entre los cuales sólo hay diferencias físicas, puesto que las químicas son pocas, etc.; puede originar cambios químicos como en el caso de los fosfatos y en el de la ortosa, que pasa a ser moscovita mediante el agua; un tercer cambio puede ser el mineralógico.

Entre los procesos de alteración que han influido en la aparición de las rocas metamórficas, bien pueden aparecer los siguientes:

Alteración: Acción química que obra sobre los elementos de las rocas para adaptarlas a las condiciones físico-químicas, de la superficie, y equilibrarlas en las mismas condiciones con el ambiente, estado este último que no se logra integralmente por concepto de diversidad de afinidades y resistencias a las reacciones de los mismos elementos; estos procesos se operan mediante la acción del agua, oxígeno, aire, gas carbónico y otros gases y trituraciones mecánicas debidas a fuertes presiones, enfriamientos bruscos, etc. Esta acción química denominada alteración, es muy manifiesta en los minerales ferruginosos, etc.

Diagenesis: Fenómeno muy ligado a los procesos de alteración. Los sedimentos clásticos, por ejemplo, que se depositaron formando en un principio rocas sueltas e incoherentes, fueron cementándose y consolidándose, por depósito de determinadas sustancias, en condiciones especiales. Esta consolidación puede operarse también en la roca por reacciones mutuas entre sus componentes. Este tránsito de los sedimentos sueltos a rocas incoherentes, es el proceso que se ha denominado con el término que inicia este párrafo.

Metamorfismo de contacto: Así se denomina la involucración de las modificaciones que ocurren en las rocas cuando se ponen en contacto con *magma* eruptivo. La misma roca eruptiva puede modificarse por influencias del contacto, caso en el cual, hay que distinguir dos clases de este metamorfismo: de contacto endógeno o endomorfismo, que modifica a la roca propiamente dicha, y exógeno o exomorfismo, que afecta a las rocas envolventes. Al estudiar estos casos hay que tener en cuenta el agente térmico, movimientos del magma eruptivo hacia las rocas envolventes, profundidad de las modificaciones, tiempo que duró, clase de rocas que había en contacto.

Dinamometamorfismo: Este es el conjunto de transformaciones experimentadas por las rocas, en el que actúan los agentes orgánicos y las diversas presiones que son tanto más activas cuanto mayores profundidades se alcancen.

Es claro que las transformaciones que acusa cada uno de estos procesos, puede no crear directamente una roca metamórfica, pero si es un hecho que ellas son la resultante de estas influencias unas veces directa y otras indirectamente.

Vista rápidamente la manera como se han formado las metamórficas, daré una corta descripción de ellas, adoptando la clasificación citada por Emerson. Según este autor, estas rocas se reúnen en dos grupos: las *foliadas* y las *no foliadas*; entre las primeras están el *Gneiss*, los *esquistos* y las *pizarras* y entre las segundas el *mármol* y la *cuarcita*.

Gneiss.

Con esta denominación se conoce un grupo de rocas pizarrosas, cuyos componentes minerales son casi siempre los mismos del granito y que son: cuarzo, feldespato, generalmente como ortosa y mica, que es el mineral que le da su estructura pizarrosa; como elementos accesorios pueden citarse los siguientes: granate, turmalina, hornblenda, apatita, magnetita, etc.

El cuarzo suele presentarse en bandas, casi puro y encerrando láminas de mica; con frecuencia tiene inclusiones líquidas de anhídrido carbónico. Debido a la cristalización de finas láminas de plagioclasa, el feldespato al microscopio presenta estructura fibrosa.

Entre las variedades de *Gneiss*, son dignas de mencionarse las siguientes: Porfirítico, Augítico, Cordierítico, Hornbléndico, según los minerales que predominan; también pueden ci-

tarse el Grafítico, Epidóticos y Hermatíticos.

Llámase *Ortoneis* a los Gneiss procedentes de la metamorfosis de las rocas ígneas, principalmente Granitos y Paragneis a las resultantes de rocas sedimentarias.

Algunos acostumbran clasificar los Gneiss en grupos, atendiendo a su estructura; estos grupos son: Gneiss granulados, glandulares, pizarrosos y compactos, y otros atienden a su constitución mineralógica y les dan nombres de acuerdo con el mineral predominante, esta última es la adoptada atrás. La generalidad de los Gneiss son resultante del metamorfismo de rocas ígneas ácidas, tales como granitos, sienitas, etc.

Esquistos.

Son rocas generalmente negras, que contienen menos cuarzo y feldespato que los Gneiss. Puede decirse que los esquistos son originarios de las rocas ígneas básicas. Los esquistos pizarrosos sedimentarios, las Dioritas y los Esquistos metamórficos tienen, por regla general, la misma composición. Como mineral predominante en los esquistos se tiene la mica, no faltando por esto el cuarzo, feldespatos, hornblenda, talco y muchos otros. Como en los Gneiss, éstos se denominan de acuerdo con el mineral predominante.

Pizarras.

Estas rocas son fácilmente confundibles con los esquistos pizarrosos sedimentarios, por lo cual debe tomarse un especial cuidado al clasificarlas y pensar que los esquistos pizarrosos se han formado por precipitaciones de arcilla y endurecimientos de éstos, y que las pizarras casi siempre provienen de descom-

posiciones de los esquistos. El color de estas rocas puede variar de azul a rojo, estaño negro y gris.

Existe una extensa división de las pizarras, hecha según diversos factores.

Pizarras cristalinas: Estas constituyen una gran serie de rocas bien definidas, cuya estructura es cristalina y sus minerales son silicatos. Se diferencian de las ígneas por su disposición en capas más o menos paralelas, pero falta de continuidad y presentando corrugaciones a trechos asimétricos, caracteres los últimos que las distinguen de las sedimentarias. Durante el proceso de esta alineación o exfoliación que ha hecho perder a las rocas su carácter primitivo, se han realizado combinaciones químicas y mineralógicas que han afectado hondamente la composición de la roca y le han dado nuevas características.

Pizarras Piroxénicas: En las cuales se presentan agregados piroxénicos con cuarzo, plagioclasa, magnetita, etc.

Pizarras Satinadas: Rocas de grano muy fino, el cual resulta de la presencia de *Sericita*; contienen también cuarzo, mica y otros minerales. Pueden pasar a pizarras arcillosas, a micacitas; si su contenido de feldespato es grande, pasan a Gneiss superficiales o Epineis. Estas rocas yacen en la zona superior y su abundancia y frecuencia en terrenos antiguos y metamórficos es considerable.

Calcoflitas: Son las mismas anteriores con notable tenor de calcita.

Otrelíticas: Pizarras satinadas con cristales grandes o fenocristales.

Pizarras Peridóticas: Con olivina asociada a un mineral piroxénico, hornblenda, granate, etc. Estas por alteraciones pasan a pizarras serpentinosas.

ROCAS NO FOLIADAS

Mármol.

No es más que una calcita que se presenta como un agregado de cristales más o menos deformados, de tamaño uniforme; algunos consideran que el mármol es el resultado de la recristalización *in situ* de la calcita. No es raro encontrar láminas de mica o talco en mármoles, por puros que ellos sean. Las variedades de mármol son muchísimas y ellas se han establecido por cuestiones de pureza en CaCO_3 , cristalización, coloración, etc.

Cuarcita.

En esta roca entran como mineral primordial el cuarzo, acompañado de pequeñas porciones de moscovita y otros accesorios. Son rocas blancas, rojizas, grises, etc.; su fractura es lustrosa característica; a simple vista se presenta de estructura arenácea o granular, pero al microscopio revela que la roca primitiva era una arena cuarcífera casi pura, en la que los granos se deformaron y en los cuales, tal vez por acción de aguas termales se produjo un cemento, lo que la transformó en un conglomerado sedimentario y que luego pasó a roca metamórfica.

SEGUNDA PARTE

DESCOMPOSICION DE ALGUNAS ROCAS Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS

CAUSAS DE LA DESCOMPOSICION DE LAS ROCAS

De una manera tan sintética como lo permite la índole de

este trabajo, trataré algunas de las causas que han influido en la descomposicio de las rocas.

Estas causas pueden clasificarse en dos grupos, segun el campo donde ellas han actuado; estos grupos son: causas *Hipogénicas* y *Epigénicas*.

Se denominan Hipogénicas todas aquellas que en una u otra forma han obrado en la descomposición de las rocas en el plano inferior a la superficie de la tierra, o sea en su interior. Causas epigénicas las que han acusado modificaciones en su superficie, o, mejor, las que han obrado externamente. Entre las primeras se tienen: el Calor, el Agua en diferentes estados y otras acciones mecánicas y químicas y entre las segundas el Agua, el Aire y la Vida.

El Calor se manifiesta en las diversas fluctuaciones de temperatura que resultan de fenómenos físicos como en los casos de trituraciones, depresiones, intrusiones, dilataciones, cristalizaciones, etc., y por cuestiones químicas, como el que engendran las incontables reacciones directas o indirectas, estas últimas mediante la acción de los catalizadores, que tienen lugar entre los componentes de las rocas, principalmente las reacciones exógenas.

El Agua actúa como disolvente y como agente mecánico, siendo por esto responsable de infinidad de modificaciones. Bien conocida es por todos la acción poderosa del vapor de agua en el interior de la esfera terrestre; por ello no me detendré en sus múltiples efectos.

Entre las acciones mecánicas que algunos autores consideran como efectos de las causas anteriores y otros como causas propiamente tales, se pueden enumerar: los frotamientos, deformaciones, plegamientos, etc.

Entre las acciones químicas se pueden considerar las reac-

ciones, volatilizaciones, precipitaciones, isomerías, alotropías, etc., que en ningún caso pueden ocupar papel secundario, toda vez que sus efectos tan notorios son un claro índice de su importancia.

Analizando las epigénicas veremos que el Aire actúa como agente mecánico muy relievante, bien sea demoliendo o edificando en sus diversas formas de vientos. Creo innecesario detenerme en narraciones explicativas del modo como actúa este agente, por considerarlas de elementales conocimientos.

El Agua es, sin lugar a dudas, el agente que más cambios ha determinado y determinará en la constitución de la tierra; ella obra químicamente, bien sea con un alto o bajo tenor de sales en solución. Como disolvente, como agente de reacción o como catalítico y también obra de muy variada manera, según los estados físicos en que se halle, sólida, líquida o gaseosa. Dentro del término, la Vida, que se anota como causa epigénica, se comprenden las acciones directas o indirectas que en una u otra manera acusan los seres que por características definidas han sido agrupadas en los reinos vegetal y animal, comprendiendo así el cuarto reino, que con el nombre de *Protistas* o indeterminados, han querido crear los naturalistas modernos y que corresponde a los individuos que parecen formar el puente entre los dos reinos, vegetal y animal, por la complejidad de sus condiciones. Es preciso advertir que aunque algunos de los anteriores organismos actúan bajo la superficie de la tierra, son considerados como participantes del grupo de las causas epigénicas por cuestiones, casi pudiera decirse, convencionales, no importando que sean organismos aerobios o anaerobios. Todos estos seres causan cambios en las composiciones física y química de las rocas, bien sirviendo de vehículo entre la atmósfera y el mundo mineral y

viceversa, o en otras muchísimas y variadas formas.

Vistas ligeramente las causas que han intervenido en la descomposición de las rocas, haré en seguida un bosquejo de esta cuestión y sus resultados, advirtiendo la forma sumaria en que lo presentaré, dada la intrincada complejidad que caracteriza esta cuestión.

Existe un principio que conociéndose con el nombre de "Ley de la resistencia a la descomposición", define claramente la relación existente entre el pH de la roca y su resistencia a la descomposición. La ley apuntada es la siguiente: "La resistencia de una roca a la descomposición está en relación directa a su acidez y en inversa a su alcalinidad". En términos corrientes esta ley se aplica diciendo que las rocas alcalinas son más débiles a la descomposición que las ácidas y que dentro de éstas son más resistentes aquellas cuyo pH sea mayor.

Según lo anotado, tenemos que las rocas de más difícil descomposición entre las ígneas son: el granito, el pórfido cuarífero, la riolita oliparita, la obsidiana y otras de menor importancia. En grado descendente, o sea las de la serie intermedia, hallamos la sienita, diorita, traquita, fenolita, andesita, etc., y en tercer lugar se encuentran las de más fácil descomposición en el grupo de las ígneas, el gabro, dolerita, basalto, serpentinas, etc.

El granito es quizás la roca de más difícil descomposición de cuantas acuden en la formación de la masa terrestre; en cuanto al cuarzo, que con la ortoclasa ocupa el lugar de los principales componentes mineralógicos, es considerado como prácticamente inalterable en virtud del bajísimo coeficiente de alterabilidad que lo caracteriza. El elevado tenor de sílice que acusa su análisis químico es un índice que nos permite juzgar positivamente su gran radical ácido que es, en virtud de la ley

antes anunciada, lo que le da notoria resistencia a la descomposición que ha definido a esta roca en el lugar preferente de las resistentes a esta cuestión. La alteración de esta roca se consigue gracias a la acción persistente del anhídrido carbónico y el agua sobre la ortoclasa, que es un trisilicato de aluminio y potasio, según puede verse en la ecuación siguiente:



La moscovita o mica blanca que contiene en pequeñas cantidades, es también responsable de la alteración del granito por lo atacable por el agua cargada de anhídrido carbónico, según puede apreciarse en seguida:



La plagioclasa también es factor importante en la descomposición granítica, por su facilidad a la acción del agua cargada de CO_2 , como puede apreciarse en la ecuación que se expresa:



Como la moscovita o mica blanca o potásica, la biotita o mica magnesiada se descompone de la misma manera dando en lugar del Carbonato de potasio, el de magnesio. La magnetita, que es un óxido ferroso-férrico, se descompone por oxidación, y pasa al estado de óxido férrico como hematita, ocre, etc., o se transforma en carbonato en presencia de CO_2 , o pasa a sulfato de contacto con el SO_2 .

Tenemos que en las descomposiciones hasta aquí estudiadas, se han formado dos sales que mediante la acción del agua pasan a bicarbonatos solubles en agua y directamente asimilables por las plantas que son los carbonatos de Na y K. Es un hecho claro y evidente que el agua y el anhídrido carbónico son las causas determinantes de este proceso degenerativo del granito y otras muchas rocas, y tan complejas, que es imposible determinarlas precisamente y, por consiguiente, sólo es aceptable decir que allí han actuado todos los agentes atrás enumerados, reacciones, etc. Siendo el agua un elemento de ocurrencia universal, se puede decir que ella está acusando siempre una tendencia general de simplificación que se va cumpliendo muy paulatinamente. Así, la caolinita resultante de la descomposición antes anotada, mediante la acción del agua, se va descomponiendo o regresando a la forma de silicatos alcalinos y pasa al estado de solución en el agua, para sufrir posteriores descomposiciones. El cuerpo por varias causas se va disgregando físicamente hasta llegar al estado coloidal, y entonces participa de todas las actividades de este estado de la materia.

La Eurita o pórfido cuarcífero, por ser una roca compuesta por mismos minerales, más o menos del granito, sufre un proceso de descomposición similar a éste. En ésta se presenta la desintegración de la hornblenda que entra en la descomposición mineralógica del pórfido cuarcífero, mediante complicadísimos accidentes.

La Liparita está sometida a una alteración semejante a la del granito, toda vez que está considerada como su representante moderno.

La Sienita sufre la descomposición de sus minerales integrantes, feldespatos, hornblenda, augita, magnetita apatita y

cuarzo de una manera semejante a la ya descrita.

La Augita y Hornblenda, que tienen en su composición los mismos elementos, aunque en proporción diferente, se descomponen dando lugar a carbonatos, óxidos y silicatos. Los carbonatos, merced a la acción del agua, pasan a bicarbonatos solubles y asimilables.

La Apatita, que es un cloruro y fluofofato de calcio, se altera, dando origen a fosfatos y carbonatos que más tarde se hacen solubles y principian a desempeñar su papel de nutrientes.

La traquita está sometida a un proceso de alteración semejante a la anterior, toda vez que su composición mineralógica es muy parecida a la anterior.

La Fonolita se altera de manera análoga a la Sienita, con la diferencia de que la serpentina que contiene, que es un silicato doble de aluminio y sodio, con algo de potasio a veces, y cuya fórmula química es NaAlSiO_4 , se transforma en Zeolitas, que son silicatos hidratados. Los suelos que las contienen se denominan zeolíticos y tienen las propiedades de ellas, entre las cuales puede citarse el denominado cambio de bases, por la facilidad con que se desalojan mutuamente el Ca y el Na, según se las trate con soluciones de cloruros de Na o de Ca. Las zeolitas son descompuestas con gran facilidad por el HCl.

La Diorita se altera como la Sienita, pues la principal diferencia que existe entre ellas es que los feldespatos de la Diorita son calcosódicos, cuya cristalización se hace según el sistema triclinico y que, cuando son muy abundantes en sodio, se denominan Labradorita. En la Sienita los feldespatos son potásicos, del sistema triclinico. Estos caracteres, como puede comprenderse, no afectan en nada la resistencia a la descom-

posición en las dos rocas. Tales feldespatos se alteran por la acción del agua cargada de CO_2 , de manera semejante a como se aplica en el granito. Los demás minerales integrantes de la roca, evolucionan como ya se explicó.

La Andesita se descompone de una manera análoga a la Traquita y a la Sienita, y por lo tanto, análoga también a la Diorita.

Entre los de más fácil descomposición se tienen: los Gabros, cuyos minerales, como los de esta serie, se descomponen del mismo modo que los anteriores, siendo característico de ellos una mayor rapidez, debida a la basicidad.

(Continuará).

