

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACION
SECRETARIA DE EDUCACION

Francisco Hurtado Cal-
macho

DECLARACION DE LOS SOCIOS

TRABAJO QUE PRESENTA EL SR. FRANCISCO HURTADO CALMACHO,
PARA SUBSISTIR EL REQUERIMIENTO DE CONOCIMIENTOS Y OBRAS POR
EL TITULO DE LICENCIADO EN EDUCACION.

VO. BO.

EL C. SUPERVISOR DEL AREA

[Signature]
SECRETARIO GENERAL

VO. BO.

EL C. COMISARIO DEL CO-
LEGIO DE EDUCACION

[Signature]
SECRETARIO GENERAL

VO. BO.

EL C. COMISARIO DEL
COLEGIO DE EDUCACION

[Signature]
SECRETARIO GENERAL

SECRETARIA DE EDUCACION

17073

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CAPÍTULO	<u>Pág.</u>
I. ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA GEOLOGIA.....	I
II. LOS MINERALES.....	6
III. LAS ROCAS.....	22-38
BIBLIOGRAFIA BASICA.....	39

" CLASIFICACION DE LAS ROCAS "

CAPITULO I. ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA GEOLOGIA.

DEFINICION DE GEOLOGIA.

DEFINICION DE PTEROLOGIA.

A.- Antecedentes históricos de La Geología.

Iniciación y progreso.

Primeras ideas. Algunos filósofos antiguos razonaron en forma precisa acerca de algunos problemas geológicos, pero sus esfuerzos aislados no condujeron a ningún progreso constante. El más clarividente de estos pensadores fue Aristóteles (384-322 a.C.), cuyas observaciones acerca de los fenómenos naturales y de sus leyes fueron aceptadas sin discusión durante la larga etapa de obscurantismo intelectual de la Edad Media. A principios del Renacimiento se despertó nuevamente el interés por el estudio de la Tierra. Leonardo da Vinci, famoso artista e ingeniero italiano (1452-1519), llegó a tener un punto de vista sorprendentemente moderno al reflexionar acerca de la forma de las conchas que se encuentran a grandes alturas - en las rocas de los Montes Apéninos. Su estatura intelectual se apreciaba al compararla con el cúmulo de creencias ancestrales referentes a los fósiles, que prevalecían en su tiempo. Una de estas curiosas doctrinas, que databa de los tiempos del antiguo filósofo Teofrasto, consideraba a los fósiles como formas imitativas producidas por una "fuerza plástica" dentro de la Tierra.

ANTROPOMORFISMO HISTÓRICO EN LA GEOLOGÍA

De Vinci observó que las formas comunes en las rocas de los Apenninos tenían todos los detalles que existían en las conchas modernas, inclusive los puntos de inserción de los músculos de los animales. Asimismo observó que dichos fósiles se encuentran entre capas de material semejante a lodos y arenas depositados cerca de la desembocadura de los ríos modernos, así bien dichos materiales constituyen ahora roca firme. De acuerdo con su acertada razónamiento, la amplia distribución de estas conchas antiguas dentro de las capas de las rocas que actualmente están inclinadas y a diversas alturas, debía indicar un gran levantamiento de tierras que alguna vez formaron parte del fondo marino.

El método de De Vinci, que consiste en explicar las características de las rocas a la luz de los procesos que se desarrollan actualmente, es la esencia de la Geología moderna. Este método debe iniciarse con la observación cuidadosa de todas las evidencias que se encuentran en las rocas mismas. Este primer paso esencial fue subrayado en 1571 por un profesor de gran talento excepcional, Peter Severinus, quien, al parecer molesto por la repetición de verdades a medias y de especulaciones infundadas en los libros de texto dijo una vez a sus alumnos: "adelante, hágos más; quemen sus libros...; cómprense unas botas fuertes y vayan a las montañas, a los valles, en los valles, en los desiertos, en las costas del mar y en las profundidades más escondidas de la Tierra... De esta manera y no de otra llegarán a tener un conocimiento de las cosas y de sus propiedades".

AVANCEMIENTOS INTERIORES DE LA GEOLOGIA.

La llave del pasado. Durante muchos siglos, todo progreso para comprender el mundo natural que nos rodea, fue obstaculizado-- por la creencia general de que solo habían transcurrido unos pocos miles de años desde que la Tierra se formó. Debido a esta suposición, cada accidente de grandes proporciones, por ejemplo un profundo cañon o una montaña volcánica, se suponían como resultado de un acontecimiento excepcional o de una catástrofe. Los que sostenían esta punto de vista, los catastrofistas, ejercieron influencia hasta fines del siglo XVIII, pero un número-- cada vez mayor de hombres de ciencia empezó a aceptar la evidencia de que las características de la Tierra son resultado-- de procesos internos que actúan a través de los tiempos en intervalos enormemente largos. Este punto de vista fue expresado por un escocés notable, James Hutton, de Edimburgo (1726-1797) en la máxima "El presente es la llave del pasado". Hutton formuló el principio de la uniformidad de los procesos, el cual sugiere que las fuerzas que ahora operan cambiando la faz de la Tierra han trabajado continuamente y de manera casi uniforme a través de una gran parte de la historia de la misma. Su concepto de una historia enormemente larga está indicado en sus palabras: "no hay vestigios de un principio, ni se vislumbra un -- fin". Su punto de vista, apoyado por estudios y descubrimientos posteriores, es reconocido como uno de los principios básicos-- de la geología moderna y como una notable contribución de la-- Geología al pensamiento científico contemporáneo.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GEOLOGÍA.

El pensamiento de Hutton fue seguido inmediatamente por una serie de investigadores de Gran Bretaña y otros países, dando lugar a que sus esfuerzos coordinados sentaran las bases de la geología como ciencia.

B.- DEFINICION DE GEOLOGIA.

Concepto de Geología.

La Geología es una ciencia (del griego geo "tierra" y logos "tratado"). ciencia de la Tierra.

Definición de Geología.

La Geología es una ciencia que trata sobre la Tierra. Pero esta definición debe puntualizarse, porque la Tierra es estudiada por muchas ciencias que tienen sus propias tareas específicas y métodos de investigación.

La Geología moderna estudia la historia de la Tierra y su vida. De conformidad con esta tarea, se divide en dos secciones estrechamente relacionadas: a) Geología Física, que trata sobre las causas y procesos de los cambios geológicos, y b) Geología Histórica, que estudia los cambios corticales en tiempo y espacio y la relación entre el desarrollo del mundo orgánico y la corteza de la Tierra.

En la Geología, el método principal de investigación consiste en realizar sobre el terreno, observaciones minuciosas de la estratificación consecutiva de las rocas (Estratigrafía), sus rasgos estructurales (Tectónica), composición (Petrografía), y edad relativa basada en la fauna y flora fósiles que en ellas se conservan (Paleontología).

DEFINICION DE GEOLOGIA

La Geología es una ciencia que usa de todos Los conocimientos disponibles en un esfuerzo continuo por aprender los secretos que alberga la Tierra. El propósito principal de este esfuerzo no es sólo reunir hechos, sino, lo que es más importante, buscar los principios que pueden explicarlos. Naturalmente, estos principios nos -- les proporcionan algunas ciencias afines: La Física y la química de las Leyes de la energía y de la estructura atómica; La Química, que se refiere a la composición y a las interacciones de los materia-- les; La Biología, que es la ciencia de la vida, y en cuanto al lugar que ocupamos en el espacio debemos recurrir a La Astronomía.

El interés en el estudio de La Tierra no está limitado únicamente-- en la curiosidad humana, el bien ésta ha constituido uno de los más fuertes incentivos. Muchas de nuestros recursos básicos toman parte de La Tierra; el suelo produce alimentos y suministra a otras ne-- cesidades; los combustibles minerales-- carbón, petróleo y gas natu-- ral--; los metales y otros minerales esenciales a La industria. Es-- tos materiales constituyen la base de nuestra civilización, así-- como los problemas de la explotación y conservación de los recursos disponibles y la competencia por su control, desempeñan un papel -- muy importante en los programas de acción política de las naciones. Se necesitan habilidad y destreza técnicas para encontrar y utiliz-- zar estos recursos básicos, y naturalmente se ha desarrollado la -- profesión de geólogo, que hace una práctica de los conocimientos de-- rivados de los estudios científicos, a la vez que contribuye mucho-- a la investigación científica. Actualmente gran parte de los geó-- logos mexicanos y norteamericanos están trabajando en La industria petrolera. Otros en La minería, y algunos más en los proyectos de-- ingeniería, como La construcción de presas, túneles, puentes, etc.

C...DEFINICION DE PETROLOGIA.

Concepto de Petrología.- La palabra Petrología se deriva (del griego petros, "piedra" y logos "tratado").

Definición de Petrología.- La Petrología tiene por objeto el estudio científico de las rocas; puede dividirse en dos partes: una, general, que enseña los métodos de investigación y propiedades generales de las rocas, y otra, especial o descriptiva, que estudia los caracteres de cada una de ellas y suministra los datos para su agrupación sistemática.

CAPITULO III.- LOS MINERALES.

Definición de Mineralogía.- La Mineralogía tiene por objeto el estudio de los minerales y de todas sus propiedades. La Mineralogía, es una materia vasta cuyo campo de estudio se ha ido ampliando.

Hace apenas unas cuantas décadas el número total de minerales que se conocía era tan sólo de poco más de mil. Las nuevas técnicas y nuevos motivos de interés, que estimulan la investigación, han dado lugar a muchos descubrimientos, y la lista actual de minerales incluye más de 2000 variedades. La atención que en este siglo se le ha prestado al uranio ha conducido al reconocimiento de varias decenas de minerales que contienen ese elemento. El rápido desarrollo de la Geoquímica, equipada con instrumentos dotados de rayos X, el microscopio electrónico y otros recursos modernos han abierto un mundo nuevo en la Mineralogía.

Aspectos esenciales que caracterizan a un mineral:

I. Un mineral es una sustancia inorgánica sólida, que se encuentra en la naturaleza.

II. Los minerales están constituidos de átomos o iones que representan uno o más elementos químicos dispuestos en una forma definida.

LOS MINERALES

que es característica para cada uno de ellos.

3. Las propiedades físicas y la composición química son constantes en algunos minerales; en otros presentan variaciones si los iones de un elemento reemplazan a los de otro.

La Cristalografía es el estudio de los cristales y de una materia especial complicada y abstrusa.

Los cristales bien formados de un mineral despiertan mucho interés y ayudan a hacer las identificaciones. Se distinguen por su gran tamaño y forma de cristales, (los llamados sistemas cristalográficos), y dentro de cada uno de ellos hay a su vez muchas variaciones en la forma externa. Ver Figuras I y II.

Como identificar los minerales comunes.

Los minerales abundantes en las rocas y minerales como menas forman apenas unas cuantas docenas y la mayoría se pueden reconocer sin equipo especial si se dispone de ejemplares de regular tamaño; cada especie mineral posee particularidades que se descubren al examinarla cuidadosamente o mediante pruebas simples.

Quiénes se dedican al estudio de minerales pueden reconocer cientos de ellos, con la ayuda de equipo sencillo. Algunos de los minerales más comunes son difíciles de identificar si se presentan en granos muy pequeños dispersos en una masa de roca. Los laboratorios para el estudio de minerales están dotados de elementos para (1) hacer exámenes con microscopio petrográfico, mediante el uso de secciones delgadas o mediante la inmersión del mineral pulverizado en líquidos especiales, (2) Fotografar y estudiar con un micros-

Polígonos


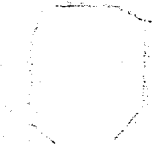




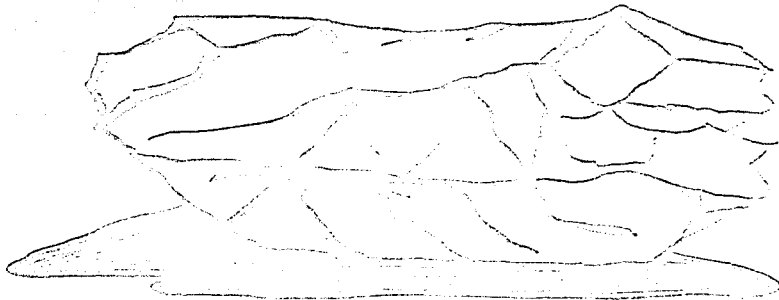
				
<p>Cubo</p>		<p>Octaedro</p>		<p>Prisma</p>
				
<p>Cubo</p>		<p>Octaedro</p>		<p>Prisma</p>

Gráfico de los sólidos geométricos. Los sólidos geométricos están en los recuadros de la izquierda y los sólidos geométricos en los recuadros de la derecha.



Quartz.



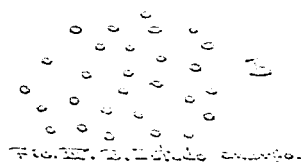
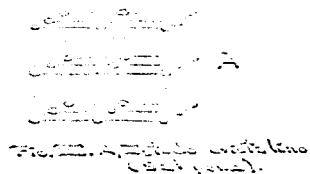
Quartz.

LOS MINERALES

copio electrónico el material pulverizado, (3) estudiarlos por medio de análisis químicos, y (4) estudiarlos por medio de análisis de rayos X. No siempre se dispone de tal equipo y su empleo requiere conocimientos especiales y experiencia.

I. Propiedades físicas.

Estado cristalino y estado amorfo. En los minerales, como en toda materia, los átomos pueden agruparse de dos modos principales, extremadamente diferentes. En el estado cristalino (Fig. III) se disponen en filas regulares, a intervalos constantes, similares a gimnastas en un



estado, y el conjunto forma una red. Obrero es que cada uno de ellos conserva una cierta libertad de acción, algo así como si un gimnasta levantara su brazo derecho mientras su vecino levanta el izquierdo; pero, sin embargo, cada uno permanece en su puesto. En el estado amorfo, por el contrario, los átomos están distribuidos irregularmente, como los visitantes de una feria (Fig. IV).

El estado cristalino sólo existe en los cuerpos sólidos. El estado amorfo, en los gases, los líquidos y los líquidos envejecidos en estado pastoso con apariencia sólida, llamados vidrios.

En el estado amorfo, las propiedades no dependen de la dirección o -- bien ellas varían en forma continua.

En el estado cristalino, en cambio, algunas propiedades varían mucho, por saltos bruscos, en las direcciones de algunas direcciones privilegiadas, tales como las A las otras cristalinidad.

LOS MINERALES

Formas. Es un hecho comprobado que los cristales, si se han desarrollado libremente, están limitados por caras planas, mientras que los minerales amorfos están limitados por caras lisas e irregulares. El ejemplo de los gimnastas y de los visitantes puede contribuir a aclarar la razón de lo expuesto.

Supongamos que una vez formado el primer grupo, entran con él arriba de nuevo concurrentes: el grupo de visitantes aumentará, al entrar, en diversas direcciones; en cambio, gimnastas disminuyendo que se retiran con sus compañeros ya ubicados y que siguen el orden establecido, completarán pronto las filas ya iniciadas, y más tarde formarán nuevas filas; de tal manera, el grupo crecerá con mayor rapidez en el sentido de las filas, y con menor velocidad en las otras sentidas. Todo mismo sucede con los cristales, en los cuales los átomos desempeñan el papel de los gimnastas; la velocidad de crecimiento presenta un máximo, discontinuo, en ciertos direcciones, siguiendo las cuales el cristal queda limitado por caras planas, equivalentes a las filas alineadas que limitan al conjunto de gimnastas.

El número de las diversas formas cristalinas existentes es limitado; en una misma especie cristalina, la disposición y distancia entre los átomos permanecen invariables y, por consiguiente, los ángulos Newton entre sí ángulos de valor constante (ley de Stünon o de Romé de L'Isle) vinculados unos con otros por una relación geométrica fija de encontrar si se tienen en cuenta las condiciones físicas. Minerales dados a los átomos que poseen de las mismas "propiedades"; así como los gimnastas, aquéllos están dispuestos en cada fila en intervalos regulares. Unos de los átomos consecutivos de una fila con dos átomos consecutivos de la fila paralela próxima inmediata; obtendremos la misma cosa cada átomo de cualquiera para el plano de las dos filas, pero puede variar de un plano a otro.

LOS MINERALES

La inversa de esta d'ica se llama densidad reticular: cuanto mayor sea ésta en el plano considerado, tanto más próximos estarán los átomos entre sí. Ahora bien, los cristales son siempre planos de gran densidad reticular (ley de Haüy) y aun los planos de mayor densidad reticular (ley de Bravais). A la inversa de los ángulos, siempre constantes, las dimensiones absolutas de las caras son variables.

Si la malla de un cristal, en un plano, o uno de sus múltiplos, puede coincidir con la malla de un cristal de la misma especie, en otro plano, o en el mismo pero en distinto sentido, los dos cristales pueden unirse en un solo edificio que se denomina macra. Su imagen puede representarse por una pared que se construya con una sola clase de ladrillos, pero echándosele primero de plant y continuándola luego con ladrillos de canto; el edificio es posible con la condición de que el ancho sea igual al doble del espesor. Lo mismo sucede con la macra.

Las diferentes formas cristalinicas se clasifican en siete sistemas, según los elementos de simetría que puedan presentar y su correspondencia, en cada caso, como máximo, a los de los sólidos siguientes:

Sistema	Simetría máxima, la del
Cúbico.....	Cubo.
Hexagonal.....	Prisma recto con base hexagonal regular.
Romboédrico o trigonal.....	Paralelepípedo cuyas caras son todas rombos iguales.

LOS MINERALES

Tetragonal o cuadrático.....	Prisma recto de base cuadrada.
Rómbico u ortorrómbico.....	Prisma recto de base rómbica.
Monoclínico.....	Prisma oblicuo de base rómbica.
Triclínico.....	Un paralelepípedo cualquiera.
	Prisma oblicuo de base rómbica, in- clinado hacia atrás y hacia un costado.

Un mismo mineral puede presentar distintas variedades de forma y de propiedades ligeramente diferentes. Ejemplo: cuarzo α y cuarzo β ; el primero es estable a la temperatura ordinaria. Finalmente, algunos cristales no presentan elemento alguno de simetría.

Clivaje y fractura. La estructura atómica de muchos minerales determina el clivaje o crucero, que es la tendencia a separarse a lo largo de planos en una o más direcciones. Estos planos son paralelos a ciertas caras cristalinas e intersectan a otras, siempre y cuando se hayan formado esas caras. Aunque un mineral se presente en granos irregulares, sin caras cristalinas reconocibles, los granos se romperán a lo largo de planos de clivaje característicos del mineral. En consecuencia, el clivaje o crucero es una verdadera ayuda para la identificación de minerales.

La estructura atómica de ciertos minerales no permite la separación a lo largo de superficies planas. Algunos minerales se rompen con fractura desigual e irregular; otros poseen fractura conchoidal, que se caracteriza porque las superficies de ruptura resultantes son curvas, como una concha de almeja. Otro tipo de fractura es la astillosa, como la de la madera.

LOS MINERALES

Color. Depende principalmente de la naturaleza química. Los minerales de brillo metálicos pueden ser grises, como la plata o el aluminio (magnetita, hierro), o bien rojizos o amarillos, como el cobre o el bronce (pirita, bronceada). Con el microscopio el color de éstos se observa por reflexión, manifestando los rasgos; aquí es brillante con respecto al de los minerales de brillo vítreo, que son más apagados. Estos son, a menudo, incoloros o blancos; para rastros de óxidos e hidróxido de hierro bastan para colorarlos con tinte rojo o de herrumbre y, rastros de carbono o azufre, de pardo o negro.

El color de algunos minerales es una propiedad constante y definida y por lo tanto, una ayuda para la identificación, siempre que se los observe en superficies no intemperadas. La intemperie y la acción de las aguas subterráneas pueden cambiar el color de manera apreciable. Por otra parte, muchos minerales isomorfos varían de color de acuerdo con su composición y otros adquieren una amplia gama de colores a causa de diversas impurezas. Por lo tanto, se requiere cuidado al emplear este método de identificación.

Transparencia. Debe observarse siempre en fragmentos de poco espesor. Algunos minerales, como el andalúscico, son opacos a simple vista, transparentes en láminas delgadas de 0,025 mm. Otros como el ópalo, son translúcidos, es decir que sólo dejan pasar luz difusa, al modo similar a la porcelana. Finalmente, otros siempre son opacos, aun en láminas delgadas; pirita, bronceada, hematita.

Rayo o raspadura. La raspadura es una delgada capa de mineral pulverizado que se forma al frotar o raspar un ejemplar de mineral contra una superficie de porcelana sin pulir. El polvo difunde la luz

LOS MINERALES

y da un efecto de color que para ciertos minerales puede ser bastan-
te diferente de color del ejemplar en sí. En muchos casos, la raya e-
raspada es blanca y carece de valor para la identificación; en-
tonces, especialmente en aquellos minerales con alto contenido de meta-
les, la raspadura es característica y útil para identificarlos.

Lustre.- La propiedad que ciertos minerales de reflejar la-
luz y la intensidad de luz producen un efecto llamado lustre. Dos-
minerales con casi el mismo color pueden tener lustres totalmente di-
ferentes. Los más importantes son el metálico, semejante al de una su-
perficie de metal pulida; el vítreo, semejante al del vidrio; el resi-
noso, que recuerda al de la resina ambarina; el apalado, como el de-
las perlas; el grasoso, como si la superficie estuviera cubierta con
una película de aceite y el adamantino, cuando el mineral posee el-
brillo de un diamante.

Dureza.- La resistencia relativa al rayado, o dureza, es una de las
propiedades más notables que distinguen a los minerales. Son 10 los
minerales elegidos para formar la escala comparativa y cualquier mi-
neral desconocido se puede clasificar entre 1 y 10, probándolo con
los ejemplares conocidos de la escala, los cuales están ordenados de
acuerdo con su dureza, en sentido creciente, como sigue:

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. Talco | 6. Ortoclasa |
| 2. Yeso | 7. Cuarzo |
| 3. Calcita | 8. Topacio |
| 4. Fluorita | 9. Corindón |
| 5. Apatita | 10. Diamante |

LOS MINERALES

Es común usar valores de dureza Francésianos.

Si un ejemplar raya a la calcita, pero se a su vez rayado por la fluorita, el valor aproximado de su dureza será de 3.5. Esto es solo una aproximación. Con equipo adecuado se pueden determinar valores de dureza hasta con pequeñas fracciones.

De precise tener diversas precauciones al hacer las pruebas. Un mineral más duro que otro puede dejar una marca que se ve como una raya, tal como una marca que deja un lápiz sobre. Una verdadera raya o rayadura no se puede borrar. La estructura física de algunos minerales puede dificultar la prueba de la dureza; si un espécimen es pulverulento o está en granos finos, o si se rompe fácilmente en astillas, una rayadura aparente puede ser engañosa.

Si no se dispone de una escala de dureza, se pueden hacer pruebas buenas usando la uña como 2.5, una moneda de cobre como 3.0 y la hoja de una navaja de bolsillo o un fragmento de vidrio común como 5.5.

Peso específico.- Al comparar los pesos unitarios utilizamos el agua como referencia. El peso específico de cualquier sustancia se expresa por un número que indica la relación del peso de esa sustancia con el peso de un volumen igual de agua pura a 4°C. La mayor parte de los minerales tienen un peso específico que varía entre 2 y 4, pero algunos pasan de 10 y el platino crece de 20.

Para hacer determinaciones precisas se usa la balanza de Jolly o una delicada balanza de resorte. Con un poco de práctica, aun las pequeñas diferencias de peso específicas pueden apreciarse sopesando a mano fragmentos de diferentes minerales.

Sabor.- Lavar bien la muestra antes de probarla. Un sabor azulado indica sal gema, o una sal de magnesio o potasio; un sabor amargo, amaro,

LOS MINERALES

bre. Los minerales restantes y las rocas comunes son insolubles.

Acción de los ácidos. Sobre los minerales de las rocas, la calceolita produce efervescencia, con el ácido clorhídrico diluido, en frío; la dolomita y la siderita con el ácido diluido, en caliente, y, finalmente, la apatita, previamente triturada, se disuelve en frío. Los minerales restantes comunes de las rocas, insolubles en el agua, no son atacados por los ácidos.

Acción del calor. Calentado a 500°C, en un tubo de ensayo, el yeso cristalizado se transforma en yeso común, debido a la pérdida de agua que se condensa en gotitas en la parte superior del tubo. Al calentar la anagonesa y la calceolita hasta unos 3000, se transforman en cal, con desprendimiento de gas carbónico; el ópalo y algunos vidrios volcánicos desprenden agua.

Acción de la llama. La pirita se ennegrece y despiden olor a azufre quemado. Algunos minerales, en contacto con una llama muy caliente, se colorean a una u color característicos debido a la presencia de determinados átomos.

Otras pruebas. Algunos minerales poseen propiedades peso comunes que sirven para distinguirlos. Uno de los óxidos de hierro es atraído por un imán. Otros cuantos minerales tienen sobre las caras de los cristales o sobre los planos de clivaje o cruces finas líneas paralelas que indican formas peculiares de desarrollo.

Formación de los minerales. Tanto en la naturaleza como en el laboratorio, los cristales pueden formarse de varios modos:

1o. A partir de vapores, por condensación: depósitos de las fumarolas volcánicas. Es fácil dar una imagen de este fenómeno, calentando un abrigo de la llama un poco de nitaldehído, utilizando por las estrechuras y hincos para hacer fuego :

LOS MINERALES

Los vapores se condensan en filamentos entrecruzados sobre las paredes más frías del recipiente.

2o. A partir de líquidos fundidos, por solidificación: lavas y otros desprendimientos volcánicos.

3o. A partir de soluciones, por cristalización: depósitos de calizas, como las incrustaciones en las calderas; de sal, como en las lagunas salinas; de yeso, tal como las rocas del desierto. Numerosas transformaciones (diagénesis) de las rocas sedimentarias. Migraciones profundas (según teorías de fuentes intruísticas que depositan calizas; volcanismo, etc.).

4o. A partir de sólidos por recristalización: rocas metamórficas. Diagénesis de algunas rocas sedimentarias.

La materia sólida amorfa puede formarse:

1o. A partir de líquidos fundidos; vidrios volcánicos.

2o. A partir de soluciones; diagénesis de sedimentos.

El sólido formado se amorfo o cristalino, según que la solidificación sea rápida o lenta. Cuanto más lenta sea y próxima al equilibrio, tanto más grandes y bien formados serán los cristales.

Uso de la tabla de minerales. Más de la mitad de los minerales que se mencionan en la tabla A-I son abundantes en las rocas de la corteza terrestre. Otros son importantes en los depósitos minerales. Algunos son tan característicos que fácilmente se los reconocen, pero otros requieren estudio cuidadoso. Unos poseen una composición química definida y bastante simple, pero algunos otros, que son isomorfos y contienen varios elementos químicos sólo se pueden definir por símbolos químicos de una manera general.

LOS SILICATOS

Esto sucede particularmente en el caso de diversos silicatos abundantes en las rocas comunes. Por ejemplo, las plagioclasas son un grupo de feldespatos en los cuales los elementos sodio y calcio se reemplazan entre sí en todas proporciones. Solamente los dos "miembros extremos", uno que carece de calcio y otro que carece de sodio, responden a fórmulas químicas simples y definidas. Un grupo de los anfíboles y el de las piroxenas son soluciones sólidas con proporciones variables de diversos elementos. Ambos grupos se conocen con el nombre de "silicatos ferromagnesianos" porque en ellos predominan el hierro y el magnesio.

En las fórmulas generalizadas de las soluciones sólidas de los silicatos se emplean tres símbolos para designar elementos con diferentes radios iónicos. Por lo tanto, en varias de las fórmulas que se mencionan en la tabla A-I, las literales utilizadas tienen el significado siguiente:

A= elementos de radio iónico grande, tales como K, Ca, Na.

B= elementos de radio intermedio, tales como Mg, Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Al⁺⁺⁺.

C= elementos de radio pequeño, principalmente Si, Al.

Las valencias están indicadas por los símbolos ⁺, ⁺⁺, ⁺⁺⁺.

En virtud de que el silicio es abundante en el cuarzo y en los minerales afines, estos óxidos comunes están enlistados alfabéticamente con los silicatos comunes.

La composición química se menciona en la tabla como cosa de interés, pero no como una ayuda para hacer la identificación. Cada ejemplar de laboratorio se debe examinar cuidadosamente para definir las propiedades físicas que lo caracterizan. Su posición dentro de la tabla se determina mediante un proceso de eliminación.

LOS MINERALES

ANEXO A-I. Propiedades de algunos minerales importantes en las rocas.

Mineral	Composición química	Forma	Coloraje o aspecto
I. Silicatos comunes y raras.			
Amfibola (Grupo complejo de minerales; la mayoría se da en las rocas más comunes)	Silicatos de Ca, Mg, Fe, Al, etc. Fórmula General: $M_2Si_2O_6(OH)_2$	En cristales alargados de 2 caras; también en fibras y en granos alargados.	De color verde a negro y azul. (Fig. V A y B)
Biotita (trigonal)	Silicatos complejos de Mg, Fe, Al. Fórmula General: $M_2Si_2O_6(OH)_2$	En hojas delgadas, aplanadas; cristales de 2 caras.	Una variedad de color verde; también de color negro.
Clivado	Propiedades variables de Fe, Mg. Fórmula General: M_2SiO_4	En pequeños granos o cristales granulares.	Variedad; fractura concoidal.
Fluorapatita Fosfatos (Fosfatos de Ca-P).	$Ca_5(PO_4)_3F$ (apatita). Fórmula General: AC_3O_8	Comúnmente en grandes agregados y masas granulares que se separan según su clivado; algunas variedades, en láminas delgadas.	De color blanco a gris; también en agregados y masas granulares.
Feldspatos potásicos (Ortoplasa y sanidino)	$KAlSi_3O_8$	En cristales prismáticos o granos cruciformes.	De color blanco a rosado; también en granos cruciformes.
Granatita (Grupo complejo de minerales; la mayoría son las más comunes)	Silicatos de Ca, Fe, Mg, Na, Al. Fórmula General: AB_2O_3	En cristales de 2 caras; también en masas granulares.	De color rojo, casi negro en ángulos rectos.
Cuarzo	SiO_2	En cristales de 6 caras; que se ven en pedruzcos en todos los frentes; también en grandes agregados y en masas.	Variedad; fractura concoidal.

LOS MINERALES

Tabla A-1. Propiedades de algunos minerales importantes de las rocas

Estructura	Dureza	Peso específico	Otras propiedades
II. Silicatos comunes y simples. (Continuación)			
Vitróo coloreado con opacidades de silicatos	3 a 5	2.9 a 3.3	Comúnmente negro, oscuro y verde oscuro; rara vez blanco
Aparente opalescente	2.5 a 3	2.8 a 3.2	Negro; más oscuro o verde; casi siempre opalescente; las laminas son flexibles y chatas
Vitróo	3.5 a 7	3.2 a 4.4	Verde olivo o verde amarillento; opalescente a translúcido
Vitróo a opalescente	6 a 6.5	2.6 a 2.7	De blanco al verde oscuro y también en otros colores; algunos plenas de agujeros; muestra líneas de rayas paralelas; juego de colores en algunas variedades
Vitróo	6	2.5 a 2.8	Comúnmente de color claro, rosado o gris; hay una variedad verde
Vitróo	5 a 6	3.2 a 3.9	Verde claro a oscuro o negro; las variedades oscuras de las cordales forman agujeros rectos (en forma de la columna de una casa)
Vitróo a opalescente	7	2.85	Verde, de incoloro o translúcido a opaco, con amplia variedad de colores

LOS MINERALES

TABLA A-I. Propiedades de algunos minerales importantes en las rocas.

Mineral	Composición química	Forma	Crucejo o crucejos
2. Carbonatos comunes, cloruros y sulfatos			
Calcita	CaCO_3	En cristales alargados que forman cruces; en forma granular	Perfecto en tres direcciones en ángulos oblicuos
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	En cristales de caras rombicas; también en masas granulares	Perfecto en tres direcciones, pero en un ángulo
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	En cristales tabulares, de forma de alfilerete; también granular, fibroso o terroso	Un crucejo perfecto y dos imperfectos
Halita (Roca de sal o sal común)	NaCl	En cristales cúbicos o en masas granulares	Perfecto en tres direcciones que forman ángulos rectos

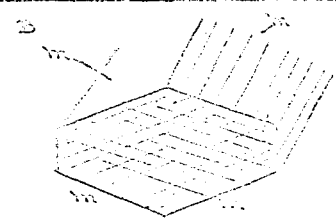
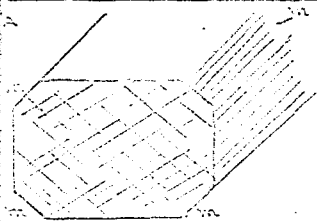


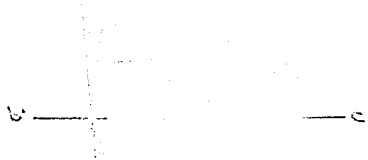
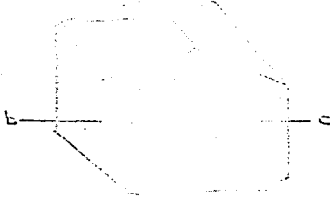
Fig. 4 A. Este cristal de piroxena cortado en ángulos rectos con relación a su eje mayor muestra dos direcciones de crucejo, cada una de ellas paralelas a dos de las caras marcadas con m y que intersectan a las otras. B. En un cristal de anfíbola los dos crucejos se intersectan según ángulos oblicuos. Cada crucejo es paralelo a dos de las caras marcadas con m.

LOS MINERALES

TABLA 2-1. Propiedades de algunos minerales importantes en las rocas.

Nombre	Dureza	Peso específico	Otras propiedades
C. Carbonatos, silicatos, cloruros y sulfatos. (Continuación)			
Vitrreo a opaco mate	3	2.7	Ingredientes esenciales de la caliza; insoluble en HCl blanco, a menos que tengan impurezas. Se fractura libremente en HCl diluido
Aperlado a vítreo	3.5 a 4	2.2 a 2.9	Blanco, gris o lt. color carne; algunas variedades tienen otras color.; Dañado e pulverizado en HCl con HCl diluido, - H ₂ O
Aperlado a vítreo	2	2.3	Unicamente blanco e incoloro; transparente en translucido; las placas de clivaje son chatillas y no son elásticas
Vitrreo	2.3	2.1	Incoloro o blanco cuando es puro; transparente a translucido; fuerte sabor salado

Fig. VI. A. Este cristal de ortoclasa se rompe con un cruzero perfecto paralelo a la cara a, y uno menos perfecto paralelo a la cara b. B. En este fragmento de ortoclasa, provee a través de sus pinos el cruzero y que proviene de un cristal mayor que en él, los planos de clivaje del lado c' corresponden a la cara c del cristal y los del lado b' corresponden a la cara b del cristal. Todas las demás superficies de fractura son irregulares.



En la fig.VII indica los sitios en donde aparecen ciertos minerales.

CAPITULO III. LAS ROCAS.

A.-ROCAS ÍGNIAS

B.-ROCAS SEDIMENTARIAS

C.-ROCAS METAMORFICAS

Rocas. Los antiguos egipcios dejaron inscripciones en tablillas de piedras, referencias o informes valiosos sobre las primitivas civilizaciones del valle del Nilo. Sin embargo, muchas de esas tabletas incisas con caracteres entrecruzados llamados jeroglíficos, permanecieron mucho tiempo indecifradas y no se consideraron sus secretos hasta que se descubrió una clave, la famosa piedra Rosetta, en la que un mensaje jeroglífico está repetido en idioma del antiguo Egipto y en griego. Asimismo los registros de la historia de la Biblia tampoco pudieron descifrarse hasta que en el siglo XVIII algunos hombres excepcionales, entre ellos el doctor James Hübner, penetraron poco a poco en el significado de algunos signos en las rocas. Los resultados obtenidos proporcionalmente a su vez nuevas claves que condujeron a nuevos descubrimientos, y esta especie de "tracción en cadena" ha continuado hasta nuestro tiempo.

Si un viajero observa los cerros del camino en diversas regiones, las rocas le parecen muy diversas y complejas. Podrá observar rocas en capas delgadas que brillan con laminillas de mica; verá capas de diversos colores y espesores, algunas horizontales, otras inclinadas o verticales; en otros lugares verá granito macizo de grano grueso, o bien oscuros viscosos de lo que se llama localmente "pedra traposa" o la palabra de origen sueco. Se aplica a la estructura de las rocas ígneas, llamadas genéricamente trap, que se presentan en muchos sitios

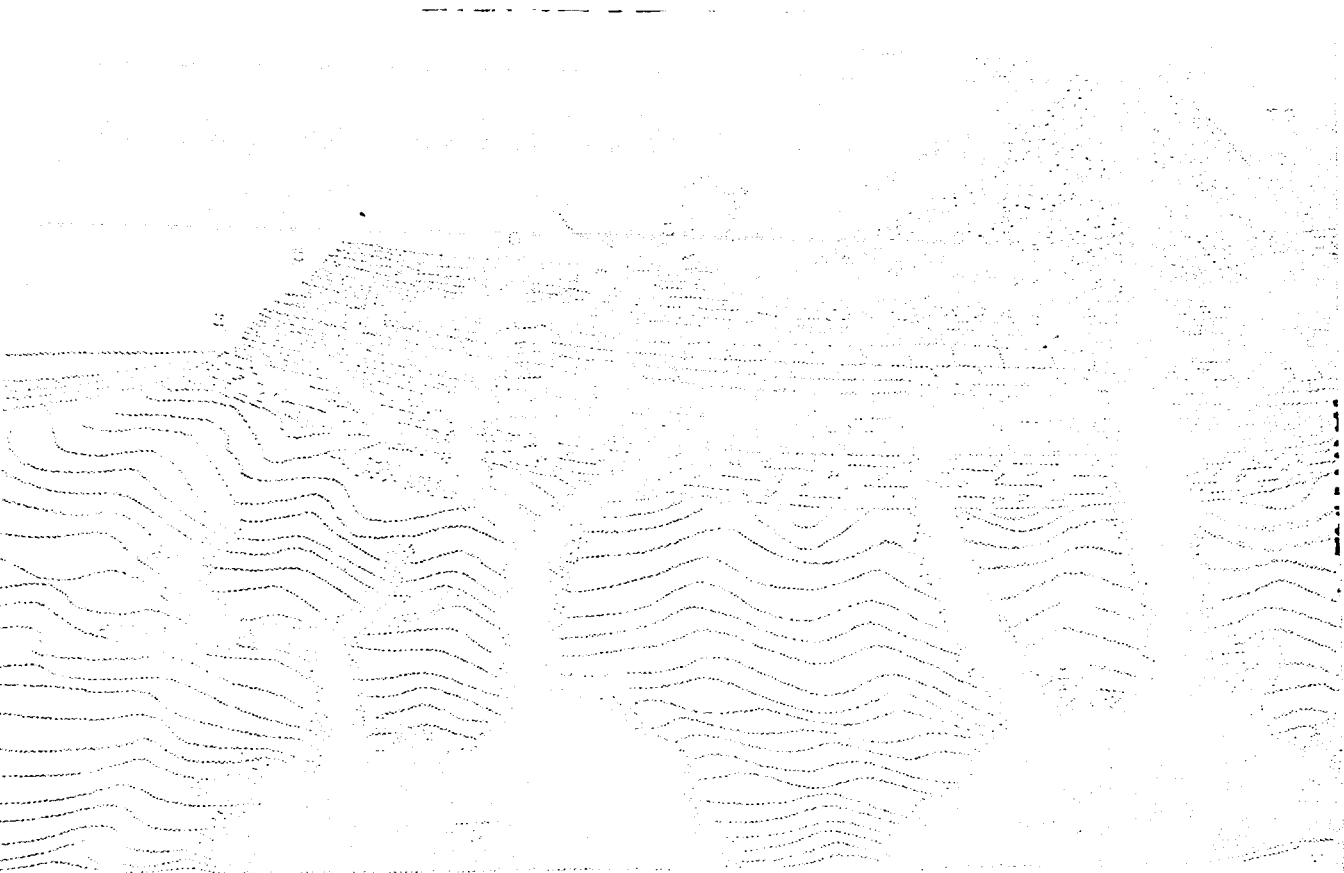


Fig. 10. A contour plot showing the distribution of a variable across a field. The lines represent constant values of the variable, and their spacing indicates the gradient of the field.

The contour lines in the figure represent the distribution of a variable across a field. The lines are most densely packed in the lower-left and lower-right quadrants, indicating steeper slopes or higher values in those regions. In the upper-left quadrant, the lines are more widely spaced, indicating a shallower slope or lower values. The overall pattern is irregular and non-linear, with the lines curving and bending across the field.

The contour lines in the figure represent the distribution of a variable across a field. The lines are most densely packed in the lower-left and lower-right quadrants, indicating steeper slopes or higher values in those regions. In the upper-left quadrant, the lines are more widely spaced, indicating a shallower slope or lower values. The overall pattern is irregular and non-linear, with the lines curving and bending across the field.

ROCAS

lavados correspondientes a efusiones sucesivas de lava.

Todas estas rocas se clasifican sin embargo, en tres grupos generales--según su origen; que es conocido como ígneas, sedimentarias y metamórficas. Para estudiar las rocas de cualquiera de estos grupos deben conocerse previamente los procesos que han dado lugar a su formación, especialmente en las rocas sedimentarias que son el producto de cambios complejos y persistentes en la superficie terrestre.

El estudio científico de las rocas es la Petrología (del griego petros, "piedra").

A.- Rocas Ígneas. Las rocas ígneas son las que se formaron por consolidación de sustancia rocosa fundida y deben su nombre al hecho observado de que los volcanes expulsan muestras de esos materiales fundidos; los volcanes se consideran como "montañas ardientes", "fuegos", "montañas" y tienen otros sistemas de "fuego" (líquido). Sabemos ahora que no están "ardiendo", que su "fuego" es en gran parte vapor y que en sus erupciones no se verifica ningún proceso de combustión. A pesar de eso, es posible emplear todavía el término "ígneas" siempre que se defina con precisión, y lo mejor que podremos hacer es aceptar la definición que da la Enciclopedia Británica, especialmente porque presenta otro término fundamental.

La definición dice:

...todas las rocas ígneas se han consolidado partiendo de un estado de fluidos; el líquido que finalmente se consolida en forma de roca se llama en términos técnicos, magma. La magma rocosa es un silicato complejo que lleva sales y vapores; el más importante de éstos es el agua. Tendremos una idea de lo que es una roca ígnea, y de su formación, al estudiar la consolidación de la lava de las que hoy erupcionan los volcanes en actividad. Tan pronto como se reconocía, por ejemplo, un volcán

ROCAS

mitarios, que tales rocas se formaban por consolidación de materiales viscosos fundidos, era evidente que debían proceder de niveles profundos de la corteza terrestre, o se habían formado en los citados niveles y quedado después al descubierto por la erosión.

Las rocas ígneas se clasifican en extrusivas y intrusivas. Primeramente estudiaremos las rocas ígneas intrusivas.

Rocas volcánicas o extrusivas. La palabra volcán se deriva de Vulcano, el dios romano del fuego. Los volcanes actuales están profusamente distribuidos por toda la superficie terrestre, y en algunos de ellos podemos ver las rocas ígneas en formación. Muchas rocas son de varias clases, todas ellas con características específicas. En una clase general se visan los lavas y las lavas de cenizas volcánicas finas y los fragmentos encerrados en pedregales durante las erupciones violentas; estos son los pedregales fragmentarios. Otra clase general de rocas extrusivas son los flujos de lava, constituidos por materiales fundidos sobre la superficie que fluyen como aguas o corrientes calientes y que al enfriarse forman masas de roca con gran variedad de colores y otras propiedades. Algunos se solidifican rápidamente (flujos) y forman vidrio natural u obsidiana; al rápido enfriamiento no permite el arreglo atómico necesario para formar grandes minerales, de manera que al cristalizar las átomos se quedan al azar. Otros flujos, particularmente aquellos de gran extensión y espesor, requieren mucho tiempo para enfriarse completamente. La roca resultante consta, en gran parte o totalmente, de grandes minerales definidos, aunque por lo general sólo puede identificarse con la ayuda del microscopio. Salvo algunas excepciones, las superficies de lavas endurecidas son un tanto porosas e irregulares a causa de innumerables orificios formados por el escape de gases que permanecen en disolución y bajo el efecto de las presiones cuando el material está

ROCAS

das estaba en el subsuelo. Los mantos de obsidiana generalmente tienen gruesas capas de pumiceos, pedras púas blancuecías, que en una roca volcánica formada por el escape rápido de los gases y que consiste en un espuma endurecida.

Cuerpos ígneos intrusivos. Muchas volcánicas, por ejemplo el Monte Etna, han formado miles de hilachos efusivos de roca volcánica, principalmente lavas. Este encubrimiento con persistente sugiere la existencia de un reservorio de roca fundida a cierta profundidad y bien protegido, que un volcán se elevaba desde todo el material fundido que aún se encuentra en su cámara interna de lava caliente y solidificada. Si pudiéramos rebajar un volcán de la misma manera que un volcán se hace la dirección de uno de los ejemplares que vendían en profundidad? Afortunadamente la naturaleza ha realizado muchas "estructuras" - valiéndose de la erosión, lo cual permite responder en gran parte a esta pregunta. La erosión moderada en muchas montañas volcánicas antiguas muestra en cada una un tapón cargado de roca ígnea que rellena el conducto u orificio del cual la roca fundida ascendió a la superficie. Muchas veces sucede que una parte del líquido caliente se acumula del conducto a lo largo de fracturas más verticales y al salirse de superficie en mantos de roca ígnea, grandes y pequeños, que arrojaban a las rocas preexistentes. La erosión más profunda en algunas montañas antiguas ha dejado al descubierto grandes cuerpos de granito y otras rocas ígneas de grano grueso. El estudio comparativo de muchos cuerpos ígneos indica claramente que los de granito propiamente y con granos gruesos se formaron a considerable profundidad, bajo la superficie del terreno, habiendo sido descubiertos por el lento proceso de la erosión a través de muchísimo tiempo. Si bien muchas de las evidencias

ROCAS

directas se han perdido por el efecto de una proceso destructivo, los estudios comparativos indican que algunas de las grandes cuencas igneas actualmente expuestas, fueron depósitos profundos que suministraron materiales a los volcanes antiguos.

El material rocoso en estado de fusión es el magma. En forma de el magma que fluye sobre la superficie de la tierra formando una erupción. Todos los cuerpos igneos formados bajo la superficie de la tierra se clasifican como intrusivos porque representan el magma de masas de roca de mayor antigüedad.

Textura de las rocas igneas. La textura de una roca está determinada por el tamaño, forma y disposición de los granos que la componen. Generalmente, los granos de las rocas igneas son angulosos y muy irregulares, porque durante su crecimiento las partículas minerales se apretujan unas contra otras llegando inclusive a entrelazarse. Hay gran diferencia en el tamaño de los granos. Las rocas intrusivas que se formaron a gran profundidad, generalmente son de grano grueso debido a que se enfriaron lentamente, lo cual dio a cada uno de los granos la oportunidad de seguir creciendo. Por el contrario, las rocas volcánicas tienden a ser de grano fino; muchas tienen textura afanítica (del griego afanos "oculto"), formada por granos visibles sólo con algún aumento. A causa de su enfriamiento extremadamente rápido, algunas rocas volcánicas son vítreas, sin que se hayan formado cristales en ellas. Cuerpos intrusivos formados a profundidades moderadas, generalmente tienen granos de tamaño medio, pero cuando en esto se presentan variaciones notables. Una roca de grano grueso es la pegmatita también llamada "granito gigante", que se presenta en masas de forma tabular e irregular cerca de los bordes de grandes cuerpos intrusivos. La pegmatita está formada principalmente por los minerales feldespato y cuarzo, con cristales de 1) centímetros a más, al máximo.

ROCAS

cada uno. Algunas pegmatitas en las montañas Black Hills de Dakota del Sur contienen cristales que semejan troncos de varios metros-- de longitud. Casi todas las pegmatitas producen grandes "candores-- de mica".

Las rocas ígneas tanto exteriores, como interiores, son granos de-- tamaño excepcional discontinuados en una pasta de grano más fino con-- las pórfitas y su textura correspondiente se llama porfirítica. Una explicación lógica de tal textura es el movimiento de una masa de-- magma dentro de un medio más frío después de que unos cuantos cris-- tales han crecido hasta alcanzar un tamaño apreciable. Posterior-- mente, con un enfriamiento más rápido, la parte restante del magma-- formó rocas de grano más fino. Los cristales aislados que se en-- encuentran dentro de la masa fina se llaman xenocristales (del grie-- go "cristales visibles"). Como estos cristales crecen libremente-- dentro de un fluido es frecuente que tengan formas perfectas.

Algunas rocas volcánicas tienen cierta semejanza con las pórfitas,-- pero los manchones de minerales dispersos son redondeados y no an-- gulosos. Este tipo de roca se presenta en la parte superior de al-- gunas corrientes de lava oscura. Las pequeñas aberturas y cavidades que se forman por el escape de gas mientras la lava se enfría son-- las vesículas. Las aguas que circulan después depositan materia-- mineral que rellena las cavidades; el relleno redondeado de las ve-- sículas constituye lo que se llama amígdalas, y a la roca en que se encuentran se le llama basalto amígdaloide.

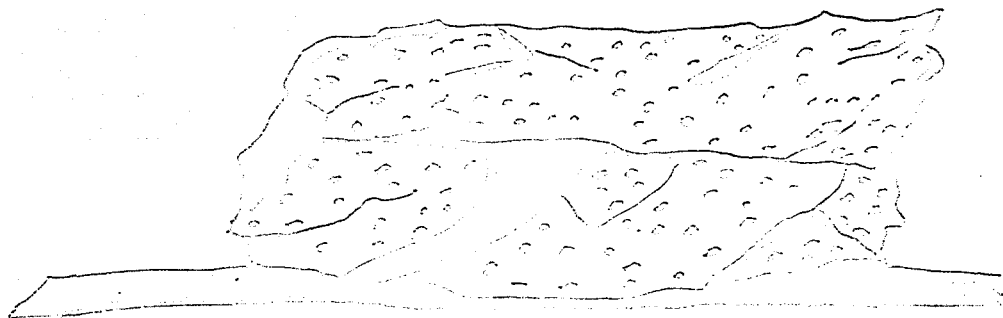
Los materiales fragmentarios arrojados por un volcán pueden llegar a compactarse y cementarse hasta formar una roca maciza. Así, cuando el polvo o la ceniza volcánica se consolidan forman lo que se-- llama toba volcánica, en tanto que la roca constituida por los frag--

ROCAS

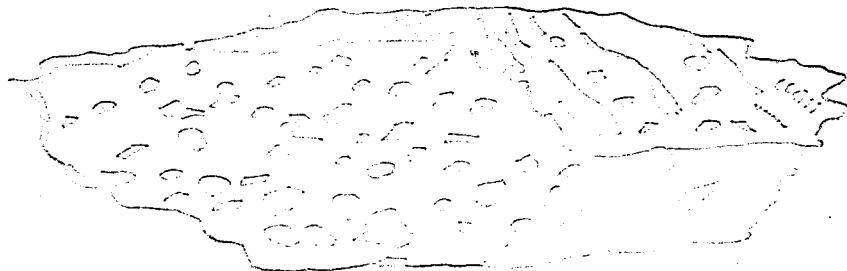
mentos volcánicos angulosos y más gruesos forma la especie volcánica. Composición de las rocas ígneas. En todas las rocas ígneas, los elementos químicos más abundantes son el oxígeno y el silicio que combinados forman los minerales llamados silícatos. El oxígeno y el silicio se unen formando el cuarzo (silice, SiO_2), pero si se presentan otros elementos, tienen tendencia a formar combinaciones más complejas tales como los feldspatos. El granito, una roca de gran tamaño, está constituida principalmente por feldspatos, pero contiene también granos de cuarzo en abundancia. Nada, por lo tanto, desista que el granito tiene un exceso de silicio, y de hecho el silicio y el oxígeno no pueden llegar a formar hasta el 70% de la roca granítica. (Ver sig. VIII). A continuación presentamos la composición mineralógica de tipos representativos de rocas graníticas es, por ejemplo, la que sigue:

Granito de St. Austell, Cornualles. Cuarzo 32.3%, Feldspato potásico 34.3%, Feldspato cálcico-sódico 13.3%, mica 3.3%, otros minerales 6.5%
Granito bermellón, Minnesota. Cuarzo 33%, Feldspato potásico 30%, Feldspato sódico-cálcico 30%, biotita 3%, otros minerales 3%.

El material ígneo extrusivo cuya composición química es parecida a la del granito, forma la riolita, en la cual los granos de mineral generalmente sólo pueden distinguirse con el auxilio de una potente lente de mano o con el microscopio, si bien algunos granos de cuarzo pueden ser visibles a simple vista. Todas estas rocas ricas en silicio son relativamente claras; en los granitos y en las riolitas los márficos grises y rosados son muy comunes. En el extremo opuesto de la escala se encuentran las rocas cuyo contenido en silicio no inferior al 50%, la mayor parte de las cuales presentan color oscuro, como, por ejemplo, el basalto, como ocurre las lavas y su correspondiente masa interior de



Cerro de



Cerro de

ROCAS

grano grueso, llamada gabra. Las inferiores se clasifican como rocas pobres en sílice, aun cuando ésta forma casi la mitad de su composición. Entre los grupos ricos y pobres en sílice hay muchos tipos de rocas que pueden reconocerse en una clasificación detallada, pero solamente algunos de ellos abundan en la parte visible de la corteza terrestre.

La Fig. 3-17 indica gradualmente la composición mineralógica de las diversas tipos de roca, desde las ricas en sílice, del lado izquierdo, hasta las pobres del lado derecho. Los minerales están distribuidos en un orden lógico con el cuarzo (sílice) en estado de pureza en el extremo izquierdo, y el olivino (pobre en sílice) en el extremo derecho. El feldespato potásico, abundante en las rocas graníticas, da lugar hacia la derecha a la plagioclasa (feldespato sodio-sílice), la que a su vez casi desaparece más a la derecha. Los minerales ferromagnesianos (biotita, hornblenda, piroxeno y olivino) constituyen un pequeño porcentaje de las rocas ricas en sílice a la izquierda, pero aumentan hacia la derecha, en donde predominan el olivino. Un símbolo que representa el feldespato plagioclasa, en sodio sobresale, indica calcio en la porción del lado izquierdo. Cerca de la línea vertical interrumpida, las cantidades de los dos elementos son esencialmente iguales pero a la derecha predomina el calcio. Tenemos entonces una expresión gráfica del papel que desempeñan los feldespatos en la composición de las rocas ígneas: al disminuir el contenido de sílice, los feldespatos que contienen el elemento potásico son remplazados por aquellos que combinan el sodio y el calcio, y al aumentar el contenido de minerales ferromagnesianos, la cantidad cada vez menor de feldespatos se hace progresivamente más rica en calcio.

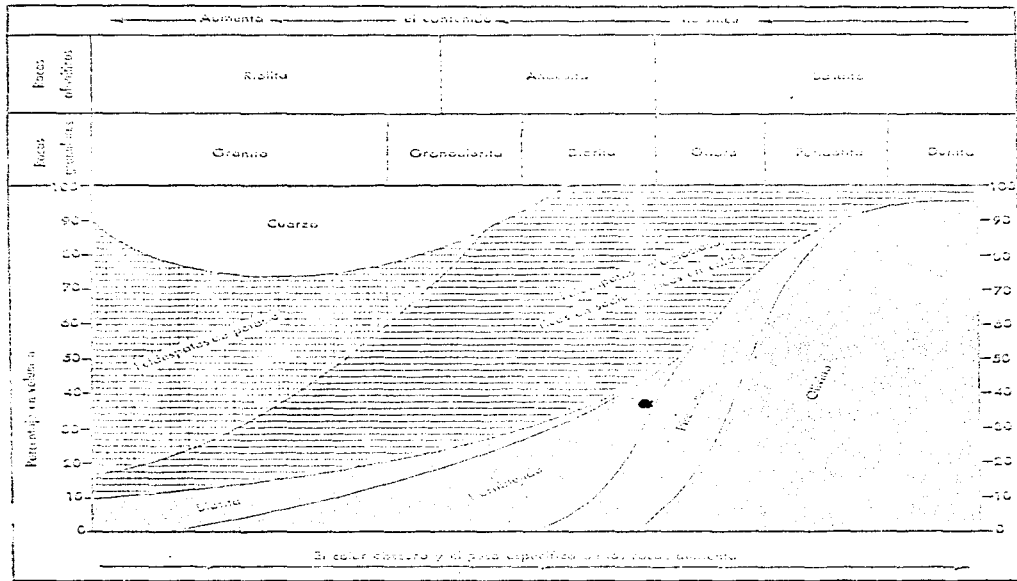


Fig. 117. Diagrama que muestra la proporción de los principales minerales en las rocas ígneas básicas, que se puede utilizar para clasificarlas con más precisión que el que se usa en el método de Streckeisen. Este tipo de rocas se dividen en subtipos que no son abruptos, sino graduales, lo que se muestra por medio de líneas intermedias. Nótese la gran variación en las plagioclasas de un lado del diagrama a los otros. Véase el gran número de ejemplos que aparecen en las tablas de minerales de plagioclasas, como las de la parte izquierda del diagrama, con una lista de ellas a la derecha del límite de la plagioclasa diorítica. Para obtener un buen concepto aproximado de cómo varía la proporción de plagioclasas y otros minerales en las rocas básicas, como se muestra en el diagrama, se debe considerar las cifras que aparecen en los extremos derecho e izquierdo del diagrama. Solamente se incluyen tres tipos de rocas básicas, ya que con el aumento suficiente no es posible estimar la proporción de minerales en este tipo de rocas. Las diferencias de color y otras características se usan también para identificar tales rocas, como se explica en el apéndice de la Tabla I. Se puede consultar en relación con esta figura. (Modificada de la de R. V. Dietrich, Virginia General and Geologic Survey, Charlottesville, Va., Polytechnic Inst.)

ROCAS

El diagrama de la fig. 3-17 tiene relativamente pocos nombres de rocas, y la ausencia de límites verticales indica que esas rocas pasan de una a otra en forma gradual y no están separadas rígidamente. Para estimar la composición mineral aproximada del granito, examinamos verticalmente el área debajo del nombre y haciendo uso de la escala de porcentajes que se encuentra a la izquierda, calculamos las proporciones del cuarzo, feldespato potásico, feldespato sódico-cálcico y minerales ferromagnesianos. En un estudio de ejemplares sin el auxilio de equipo adecuado, tales cálculos serán necesariamente de carácter general. Una práctica común, en los estudios de tipo general, es la de agrupar o considerar como "rocas graníticas" a todos los ejemplares de grano grueso en los que el cuarzo y los feldespatos se pueden reconocer claramente. Tal agrupación incluiría a la granodiorita y otros varios tipos reconocidos y bautizados por los petrógrafos. Para clasificar exactamente las rocas ígneas afáníticas y vítreas se necesita más destreza y experiencia que cuando se estudian los tipos de rocas de grano grueso. Los nombres de las rocas afáníticas están reducidos al mínimo en nuestro diagrama, y las equivalencias que se indican entre las rocas de grano grueso y los tipos afáníticos son únicamente aproximadas.

Los tipos más comunes de rocas ígneas se describen en la tabla B-I.

B.--ROCAS SEDIMENTARIAS.

Mientras que el interior de la Tierra consiste en su mayor parte de rocas ígneas, el 70% de su masa superficial se compone de rocas sedimentarias. En general, las capas sedimentarias no son de gran espesor. En algunos lugares sólo tienen algunos cientos de metros, pero en algunas áreas de la corteza terrestre las rocas sedimentarias alcanzan un es-----

TABLA B-1. ROCAS ÍGNEAS

DIVISIONES BASADAS EN LA TEXTURA		Contenido de sílice decreciente					
		Contenido de minerales ferrosos principales en aumento					
Disminución del tamaño de los granos		SUBDIVISIONES BASADAS EN LA COMPOSICIÓN MINERAL					
		Predominio de minerales de color claro, principalmente feldspatos		Predominio de minerales oscuros		Principalmente minerales oscuros	
Disminución del tamaño de los granos	Granular, granos de tamaño casi uniforme	Granito (gran proporción de feldspatos potásico, mucho cuarzo)	Gabro (feldspato plagioclásico en gran proporción; disminuye el cuarzo)	Diorita (feldspato plagioclásico, (sin cuarzo))	Gabro (granular grueso) Dolerita (granular fina)	Peridotita (princip. luzenta plagioclasa y olivino) Píroxenita (principalmente piroxeno)	Dunita (principalmente olivino)
	Granular, con muchos fenocristales	Peridotita (muchos minerales oscuros, mucho cuarzo)	Feldspato plagioclásico (mucho cuarzo)	Peridotita (sin cuarzo)	Peridotita (sin cuarzo), Dolerita (no es común)		
	Matriz afanítica con muchos fenocristales	Peridotita (sin cuarzo)	Riolita (sin cuarzo)	Peridotita (sin cuarzo)	Peridotita (sin cuarzo)		
	Afanítica, fenocristales raros o nulos		Riolita (sin cuarzo)	Andesita (sin cuarzo)	Basalto		
	Vitrea	Olivinita (vidrio con muchos minerales oscuros) Vidrio volcánico (traza de minerales oscuros, granos) Pómez o pumiceíta (espuma, vidrios, casi blanca)					
Piroclástica	Toba volcánica (arena volcánica cementada) Brecha volcánica (fragmentos volcánicos granos cementados)					Las texturas porfiríticas, afanítica y vitrea son raras con esta composición	

pesor de 18 a 20 kilómetros.

Conceptos modernos de las rocas sedimentarias. Hacia fines del siglo XVIII las rocas fueron examinadas de manera sistemática en un estudio que condujo al reconocimiento del gran principio llamado uniformidad de los procesos (cap. II, 3), en el cual se habían basado las inducciones de Leonardo da Vinci, 300 años antes. El concepto, que ha evolucionado después de estudios amplios e intensos, puede resumirse como sigue:

1. Las rocas sedimentarias se han formado por procesos que actúan consecutivamente sobre la superficie de la Tierra.
2. Los grandes espesores de capas sedimentarias representan acumulaciones a través de largos períodos de tiempo.
3. Los guijarros, granos de arena y partículas más pequeñas en los depósitos sueltos, junto con materiales de origen químico u orgánico, han sufrido compactación y se han cementado en el curso del tiempo hasta formar rocas sólidas y firmes.
4. Grandes extensiones de la superficie terrestre han sido alternativamente fondos marinos y tierras elevadas a causa de lentos movimientos de descenso y ascenso de la corteza. Las capas sedimentarias formadas en cuencas profundas han sido levantadas y deformadas por tales movimientos, y constituyen nuestros mejores registros de la historia geológica.

Diversas clases de material sedimentario. Una acumulación de partículas de roca suelta que han sido transportadas constituye un sedimento. La palabra se deriva del latín sedimentum "asentamiento" y fue primeramente usada cuando se suponía que todas las partículas de roca transportadas habían sido depositadas al dejar de estar en suspensión en-

ROGAS

Los fluidos, agua y aire, los que, en efecto, son los agentes de transporte más evicente. Los guijarros, granos de arena y partículas más pequeñas arrastradas por las corrientes se asientan en las aguas tranquilas para formar estratos sobre el fondo de los ríos, en el fondo de los lagos, o en el fondo marino. Después de que las aguas tranquilas de las avenidas se retiran de un amplio valle, encontramos una nueva capa de lodo formada por el asentamiento de partículas finas. Un vendaval deja partículas de polvo que se asientan en cuanto disminuye la fuerza del viento. Enormes cantidades de material, que en gran parte es producto de la actividad química inorgánica y orgánica, están asentándose continuamente en el fondo de los océanos, mares y lagos.

Se comprende, sin embargo, que aunque la mayor parte de los sedimentos se acumulan por estos procesos de asentamiento, existen otras formas de transporte y depósito. La roquilla puede deslizarse, resquebrajarse o flotar hacia abajo sin formar parte de ninguna suspensión, y un guijarro puede rodar o ser empujado sobre el fondo de una corriente sin llegar a estar suspendido en ésta. Consecuentemente, la definición de sedimento ha sido ampliada para incluir a todas las partículas que se mueven, cualquiera que sea la forma de hacerlo. Puede resultar difícil distinguir entre la roquilla formada esencialmente "in situ" y los sedimentos que solamente se han desplazado en una corta distancia, pendiente abajo. Este es un ejemplo de las variaciones graduales que se presentan en la naturaleza.

Reconociendo guijarros y granos de arena como fragmentos redondeados de rocas o minerales; vemos que la mayor parte de las partículas finas en el polvo o en el lodo se derivan también de rocas desmenuzadas, frecuentemente con algún cambio químico. Todos los sedimentos de esta clase se llaman sedimentos clásticos (del griego clastos "trozo") y se llaman

ROCAS

por la acumulación de partículas de rocas fragmentadas (o de sílice). Desde luego, existe una gradación del tamaño desde los cuantos redondos más grandes hasta las partículas de polvo ultramicroscópicas, pero con el objeto de disponer de cierta precisión en el uso de los términos-- se ha adoptado la clasificación que se presenta en la siguiente tabla:

Definición de las partículas silíceas y agregadas

Nombre de la partícula	Diámetro límite en mm.	Nombre del agregado silíceo	Roca consolidada
Canto rodado	más de 350 mil.	arena	conglomerado
Guijarro	31 a 350	línea	y
Grava	3 a 31	arenilla	brecha
Grava de arena	0.08 a 3	grava	arenisca
Partícula de línea	0.008 a 0.08	grava	limolita
Partículas de arenilla de menos 0.008 (aproximadamente 2 micras)		grava	lutita.

En resumen, los estudios que se han llevado a cabo y continúan desarrollándose, demuestran que tanto los sedimentos actualmente en proceso de acumulación como aquellos que son componentes de las rocas sedimentarias constan de: 1) masas silíceas que varían de gruesas a finas, 2) depósitos químicos tanto orgánicos como inorgánicos, y 3) materiales puramente orgánicos, tales como las capas de carbón formadas por materia vegetal y los estratos formados principalmente por partes duras de animales marinos invertebrados.

Principales clases de rocas sedimentarias. Sólo mediante el estudio de los procesos actualmente activos sobre la superficie terrestre, puede apreciarse debidamente la importancia que tienen las rocas sedimentarias en los estudios geológicos. Las rocas formadas en etapas pasadas sufrieron los mismos procesos que operan actualmente. El siguiente es resumen, más una breve descripción de algunos tipos de rocas sedimentarias.

ARCAS

Unirá sin duda a entender ciertos granitos.

Conglomerado. Ha grava gruesa e fina cuando se cementa forma el conglomerado (ver pag. 13). Los cementos pedregos, guijarros y chinas que lo constituyen se reconocen más o menos fácilmente con sus superficies por las orientaciones diversas, los límites de un granito o por el efecto de la arena que los golpea contra la corteza. Pueden estar cementados por cualquier clase de arena, pero generalmente derivan de arenas ricas en cuarzo, que es un mineral muy resistente. Es frecuente que los granitos en los guijarros contengan arena cementada con sílice, arcilla, óxido de hierro e carbonato de calcio.

Arenisca. La arenisca consta de granos de arena cementada. Con cambios progresivos en el tamaño de los granos, las areniscas gruesas se aproximan al conglomerado, y las areniscas de grano fino pueden pasar a limolita. En muchas veces los granos de diferente tamaño están entremezclados dando lugar a la arenisca conglomerática, limolita arenosa, limolita arenosa, etc.

En muchas areniscas los granos son casi totalmente de cuarzo, un mineral duradero y resistente que abunda en la mayoría de ellas. Al igual que en los conglomerados, el material cementante varía; el carbonato de calcio es bastante común, pero el de sílice forma una red más abundante. El color de las areniscas, producido en parte por los granos que las forman y en parte por el material cementante, varía dentro de límites muy amplios.

Caliza. La caliza consta principalmente de calcita, pero tiene muchas impurezas y varía notablemente en apariencia. Algunas calizas que son uniformemente arenosas probablemente se formaron con precipitados químicos con la ayuda de ciertos organismos poquísimo. Algunas limolitas e lodos calcáreos (bozes) de los fondos marinos recientes, probablemente

mente representan una primera etapa en la formación de las rocas sedimentarias silíceas. En contraste, muchas calizas son de grano grueso, bien sea por la existencia del carbonato de calcio o porque están constituidas principalmente por fragmentos de concha. Toda caliza debe verse en dicho estado diluido.

En la tabla B-C se presenta un cuadro de auxiliares para la identificación de rocas sedimentarias.

C.- Rocas Metamórficas.

Metamorfismo. "No único permanente es el cambio". La formación de las rocas tanto ígneas como sedimentarias implica cambios en los materiales preexistentes. En un caso la completa fusión, en el otro el desmenuzamiento por procesos mecánicos e químicos, movimiento, transporte, clasificación y dispersión de las partículas, seguida todo esto por la compactación o cementación. Pero el término metamorfismo, que significa transformación, está reservado para referirse a cambios en la forma y en el contenido mineral de cualquier masa de roca ígnea o sedimentaria posteriores a su formación. En cadenas de montañas tales como los Andes y los Apalaches, donde las capas de sedimentos antiguos han sido intensamente deformadas y comprimidas, encontramos una "paralelidad" pizarrosa poco espaciada que cubren las capas sucesivamente los planos de estratificación. Muchas de las superficies pizarrosas brillan con hojuelas de mica dispuestas todas según un ángulo paralelo, y presentan semejanzas con una roca constituida principalmente de micromerolita con granos de cuarzo. Este cambio radical en la roca sedimentaria probablemente fue causado por los enormes esfuerzos que también deformaron las capas desmenuzadas bajo la superficie de la tierra donde las temperaturas son bastante elevadas. El material líquido y caliente que penetra entre las capas sedimentarias y a través de las



Geological

ROCAS

mismas en cuando el desarrollo de ciertos minerales tales como el granate, por la elevación de la temperatura, y en algunos casos por la adición de nuevos elementos que tienen las soluciones calientes. Las rocas metamórficas ocurren expuestas sobre áreas extensas, particularmente en las zonas montañosas que han experimentado repetidas levantamientos y erosión intensa.

Principales clases de rocas metamórficas.

La pizarra es una roca metamórfica de textura fina que se parte en láminas en placas muy delgadas. Las placas de pizarra, debido a la erosión que separan las láminas frecuentemente atraviesan la estratificación original. Aunque las superficies de dichos planos tienen una lustración considerable, las juntas minerales sólo pueden verse con una amplificación. El color común en estas rocas es gris azulado oscuro, conocido como color pizarra, pero otras muchas son rojas, verdes, e negras. Las láminas delgadas de pizarra suenan cuando se les da un golpe rápido.

El esquisto, una roca bien foliada en la que los componentes minerales son claramente visibles, representa una etapa de metamorfismo más avanzada que la de la pizarra. El micuesquisto es una roca bien en mica-biotita, muscovita, e las dos juntas. El esquisto de eslabos y el esquisto de hornblenda también son comunes. El cuarzo abunda en todas ellas. Muchos esquistos están tachonados con granitos y otros minerales que se desarrollan en las rocas rocas durante el metamorfismo.

El gneiss es una roca metamórfica de grano grueso frecuentemente bandada y con estructura imbricada. Muchos gneissos tienen una apariencia listada o de capas duras causada por la alternancia de laminas que difieren en su composición mineral. En los gneissos se encuentran generalmente los minerales feldespato, cuarzo, hornblenda y granito. El gneiss de granito o gneiss graníto es una roca dura y

ROCKS

tivamente laminadas, con la composición mineral del granito.

El metamorfismo de la caliza da lugar al desarrollo de granales o cristales de calcita hasta que toda la masa de roca adquiere una apariencia granular, formándose el mármol. En algunas localidades se forma de la misma manera a partir de capas de roca sedimentaria. Por tanto el mármol es una caliza o roca sedimentaria cristalinizada y responde a las condiciones que permiten reconocerse tales rocas. Hay importantes en la roca original del lugar a la formación de plomeros, serpentinas y otros minerales que dan a muchos mármoles colores muy llamativos.

En la Tabla B-3, se presenta un cuadro para la identificación de las rocas metamórficas.

ORIGEN DE LAS ROCAS.

La historia geológica ha sido larga y compleja y en muchas partes de la corteza las rocas han pasado a través de variados ciclos de cambio. Las rocas de todas clases expuestas en la superficie de la tierra se han visto por cambios mecánicos e químicos y los materiales resultantes han sido depositados en las capas sedimentarias. Partes muy sólidas de las rocas así constituidas han sido comprimidas y deformadas en las zonas montañosas en formación. A profundidad, en las zonas deformadas, algunas capas sedimentarias se metamorfizan por la presión y la temperatura creciente. En algunos lugares como la Rusia, y partes de la sección sedimentaria llegan a convertirse en magmas que posteriormente se solidifican dando origen a rocas ígneas. En algunas zonas montañosas que han sido profundamente erosionadas, los tres tipos de rocas emparentadas--incluyendo capas sedimentarias antiguas parcialmente metamorfizadas y que en algunos lugares se acumulan a cuerpos líquidos--están siendo desgastadas otra vez y los detritos resultantes

TABLA B-2. AUXILIARES PARA LA IDENTIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS

(Véase la tabla 17-1)

Nombre de la roca	Composición mineral	Principales clave
1. Rocas efusivas sedimentarias		
Conglomerado	Partículas cementadas, algunas veces desmenuzadas en una matriz considerable, es el tamaño de un puñero	Las partículas más grandes tienen más de 2 veces el diámetro de las partículas más pequeñas. En la pasta cementante pueden ocurrir insectos.
Brecha	Fragmentos claramente angulosos, con pasta cementante	Las partículas grandes son del tamaño de un puñero o más grandes.
Arenisco	Fragmentos redondeados, del tamaño de los granos de arena, de 0.062 a 2 mm; material cementante	Generalmente los granos son de cuarzo, pero también los usualmente desmenuzados de otras rocas más duras dentro de la clasificación usual.
Arcosa	Un porcentaje importante está constituido por granos de feldespato, del tamaño de los granos de arena o más grandes	Es esencial que los granos de feldespato constituyan 25 por ciento o más de la masa plástica, a menos que esté asociado con los granos de arena.
Grauwaca	Fragmentos de cuarzo, feldespato, fragmentos de roca cualquier otra clase, con una cantidad considerable de arcilla	Fragmentos de diversos tipos, polígonos de los lados, con una cantidad considerable de arcilla en la matriz.
Límolita	Principalmente partículas de limo, con algunas de arcilla	La superficie es lisa o muy débilmente áspera al tacto
Lutita	Principalmente minerales arcillosos	La superficie es suave al tacto, áspera al raspar.
2. Rocas de origen eólico y de origen acuático		
Caliza	Carbonato puede ser fibroso o cristalino	Se desmenuza con los dedos al raspar en una 1000 distribuido fino.
Roca dolomítica o dolomita	Indicador puede ser de limonita o de arcilla	Se desmenuza con los dedos al raspar, pero con un ruido que puede ser producido por un 1000 distribuido fino.

Turba	Fragmentos obvios de material vegetal	
Carbón bituminoso	Carbón negro, dispuesto en capas o láminas	Se raya fácilmente, luce raya negra láminas
Depósitos de sal	Límlita, yeso	Véase la tabla A-1

TABLA B-3. AUXILIARES PARA LA IDENTIFICACION DE ROCAS METAMORFICAS

Nombre de las rocas	Características que las distinguen
1. Rocas metamórficas foliadas	
Esquisto	Se separa en láminas planas, delgadas, que tienen muchas juntas, pero la común las placas de espesura de la línea con la que guarda relación usual. Hay un color lila débil en las delgadas, como cuando se le golpea de pronto.
Esfita	Las superficies de las láminas son usualmente lisas; las láminas comúnmente están planas o dobladas en forma plana; se encuentran cristales de mica y otros minerales en algunas láminas.
Esquisto	Bien foliada, con minerales laminares o alargados, visibles (mica, clorita, hornblenda) al raspar es un instrumento comúnmente se común encontrar granos de granito y otros minerales accesorios; las juntas pueden estar planas o estruendos.
Gneis	Generalmente de grano grueso, con foliación imperfecta, pero consistentes las juntas y las zonas difusas en su composición mineralógica al feldespato, al cuarzo y la mica son minerales comunes.
2. Rocas metamórficas sin foliación	
Cuarzita	Consiste totalmente de granos de cuarzo cementados con granos de granos de arena se colocan en las superficies raspar, pasando las juntas a través de los granos, Arcilla variedad de colores y tonos.
Mármol	Grana o totalmente totalmente cristalizadas; el grano está de granos a finos responde a la raspar con dedo distribuido como se hacen la arcilla y la dolomita los minerales accesorios dispersados de los minerales cristalizados en la masa original.
Hierfite o cromita	Una masa, masiva, de grano fino, con la común con granos de cristales dispersos de granito, mica, hornblenda, clorita y otros minerales accesorios en los granos de granos comunes de granito.

ROCAS

son arrastrados por las corrientes para formar nuevamente depósitos sedimentarios.

Seguramente mucho material rocoso ha pasado a través de estos cambios cíclicos. El ciclo de las rocas puede empezar con rocas de cualquier clase y continuar por cualquiera de los diversos caminos que se indican en el diagrama de la fig. 3-10.

En la fig. 3-11 se muestran características de rocas volcánicas: lavas, bombas, arcillosas, cenizas y una serie de estratos de lavas volcánicas. En la parte inferior sobre la izquierda se observa una corriente de lavas y sobre la derecha el resaca, volcán en actividad.

Finalmente se muestra la Carta Geológica de México.

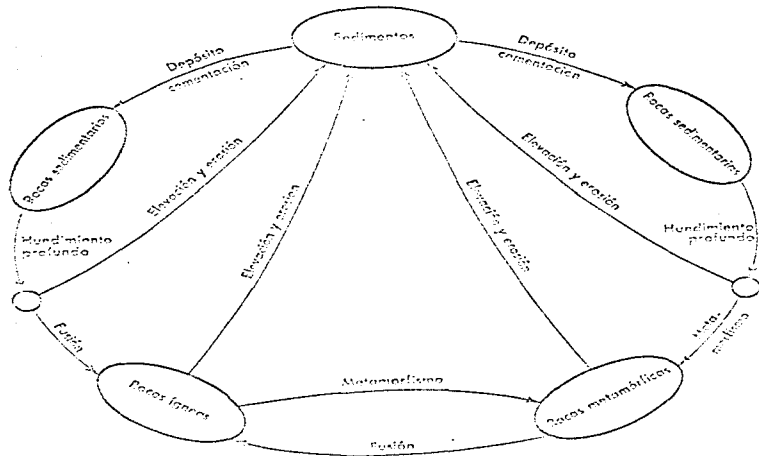
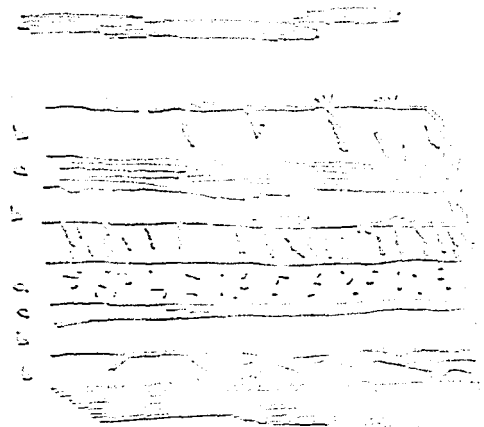
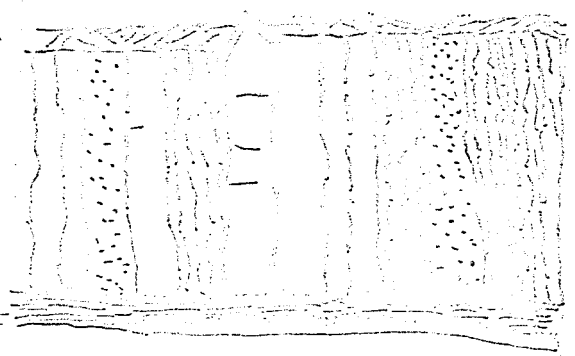


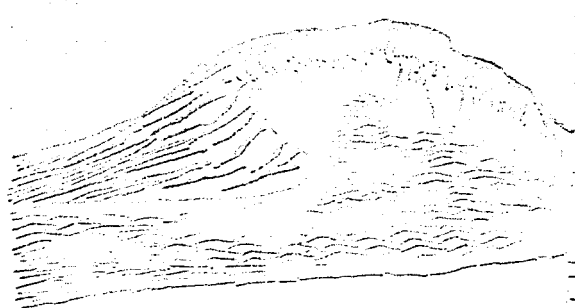
FIG. 3-10. Representación diagramática del "ciclo de las rocas" donde se ve que las rocas de la corteza terrestre pueden pasar de ígneas a sedimentarias y metamórficas repetidamente a través de diferentes procesos específicos. El diagrama podría mostrar aún otras alternativas: por ejemplo, el ascenso de las lavas y las lavas volcánicas o rocas intrusivas y evolución de estas últimas a rocas ígneas; la transformación de lavas volcánicas a sedimentos o fusión de rocas ígneas a rocas metamórficas; el ascenso de lavas volcánicas a rocas ígneas; la fusión de lavas volcánicas a rocas ígneas; la fusión de lavas volcánicas a rocas metamórficas; la fusión de lavas volcánicas a rocas ígneas; la fusión de lavas volcánicas a rocas metamórficas.



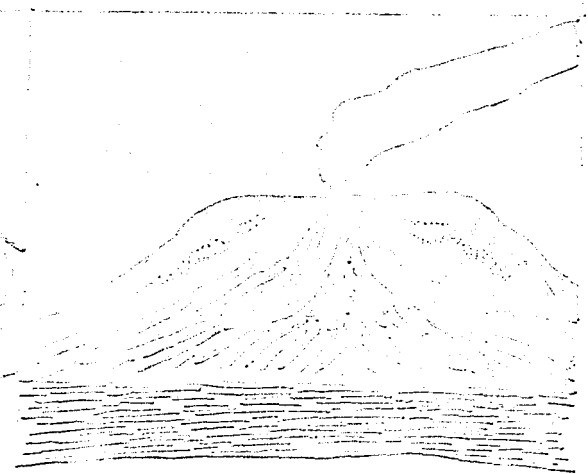
155. Sección de rocas sedimentarias:
a, areniscas; b, arcillas; c, calizas.



156. Columnas verticales.











157. Sección de una colina de arena
formada en un antiguo estero
de mar.



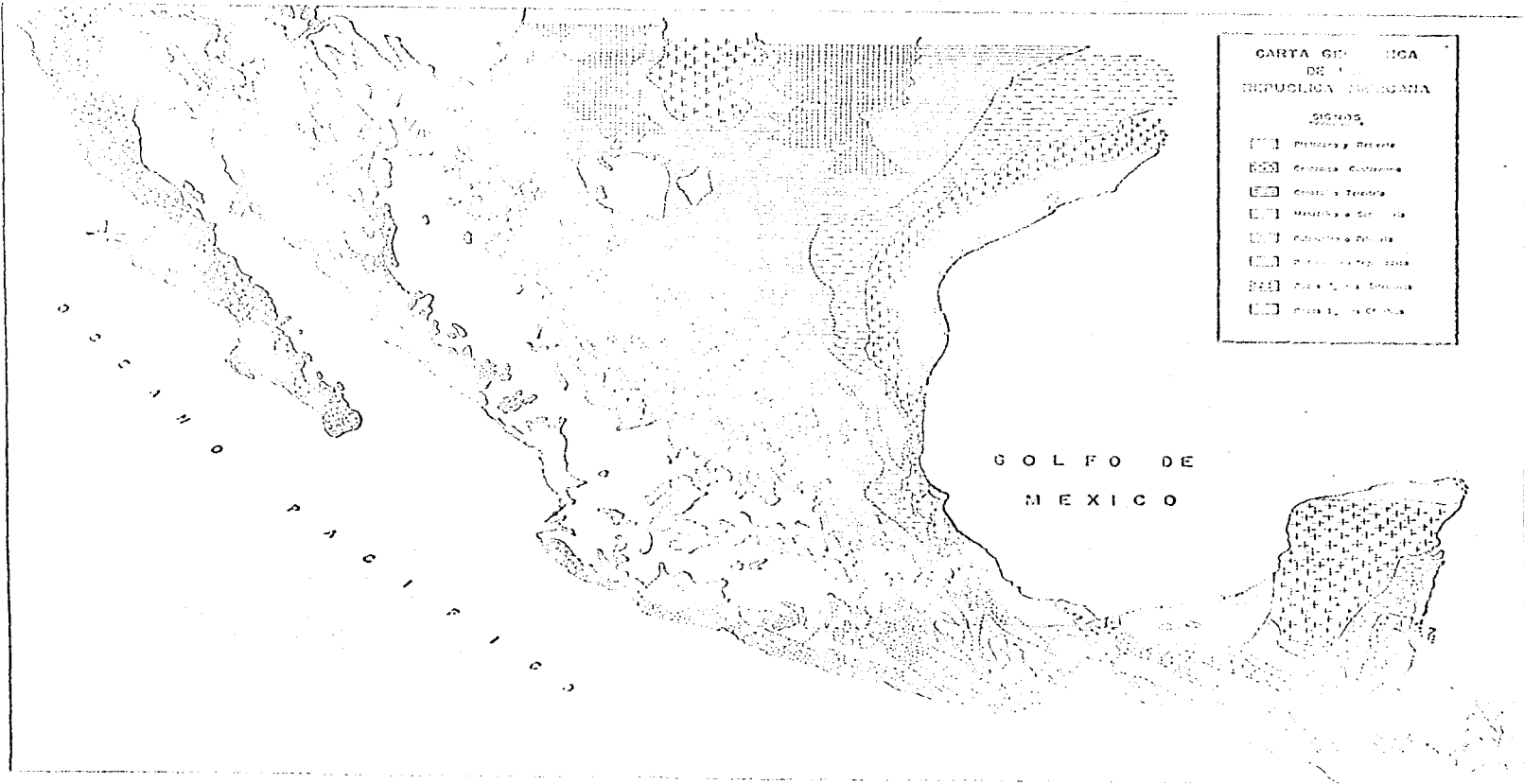
158. Sección de una colina de arena
con una grieta en diagonal.

CARTA GEOLOGICA
DE LA
REPUBLICA ARGENTINA

SISTEMAS

-  Plioceno y Recente
-  Cuaternario
-  Cretacico y Terciario
-  Mesozoico y Paleozoico
-  Paleolitico y Neolitico
-  Pre-Cambriano
-  Cambriano
-  Paleozoico

GOLFO DE
MEXICO



BIBLIOGRAFIA BASICA

Chester R. Longwell y Richard F. Flint. *Geología Física*. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México 1965

André Chailant. *Las Rocas*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 1963.

H.H. Read. *Geología. Introducción a la historia de la Tierra*. Breviarios del Fondo de Cultura Económica. México-Buenos Aires. 1952.

Archibaldo Geikie. *Noiones de Geología*. Nuevas Cartillas Científicas. D. Appleton y Cia., Editores. 1919.

Dr. H. San Miguel de la Cámara. *Manual de Geología*. Compañía Editorial Continental S.A. México, D.F. 1958.

James H. Busberrgo. *Elementos de Geología*. Compañía Editorial Continental, S.A. México 20, D.F. 1951.

O. Lange, N. Ivanova, N. Iobedeva. *Geología General*. Editorial Nacional de Cuba. Editora Pedagógica. La Habana, 1966.

Jerome Wyckoff. *Geología*. Organización Editorial Lovato, S.A. 1966.

Historia de la Tierra. Gerald Sues y Ross Tyler. Publicado por C.I.- John W. Clute, S.A. México, D.F. 1965.

H.M. Chariguin. *Geología General*. Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona. México, D.F. 1964.