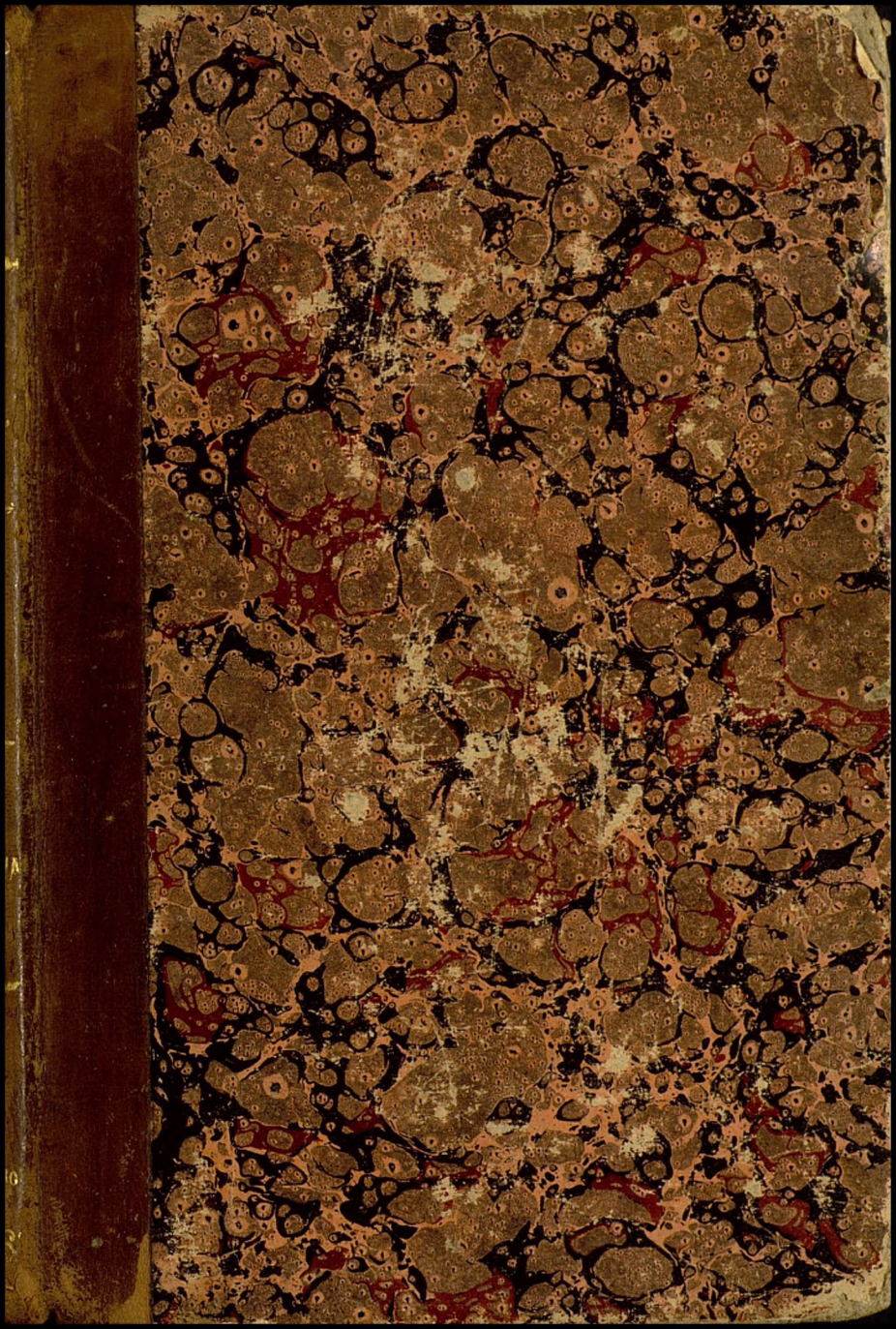


SXIA 1987

CURSO ELEMENTAL

DE HISTORIA NATURAL.

MINERALÓGIA Y GEOLÓGIA.

CURSO ELEMENTAL
DE HISTORIA NATURAL,

QUE CON EL MODESTO TÍTULO DE CUADERNOS
ESCRIBIERON Y PUBLICARON EN FRANCÉS
EL AÑO DE 1844,
PARA EL USO
DE LOS COLEGIOS, DE LAS ESCUELAS PIAS
Y NORMALES PRIMARIAS,

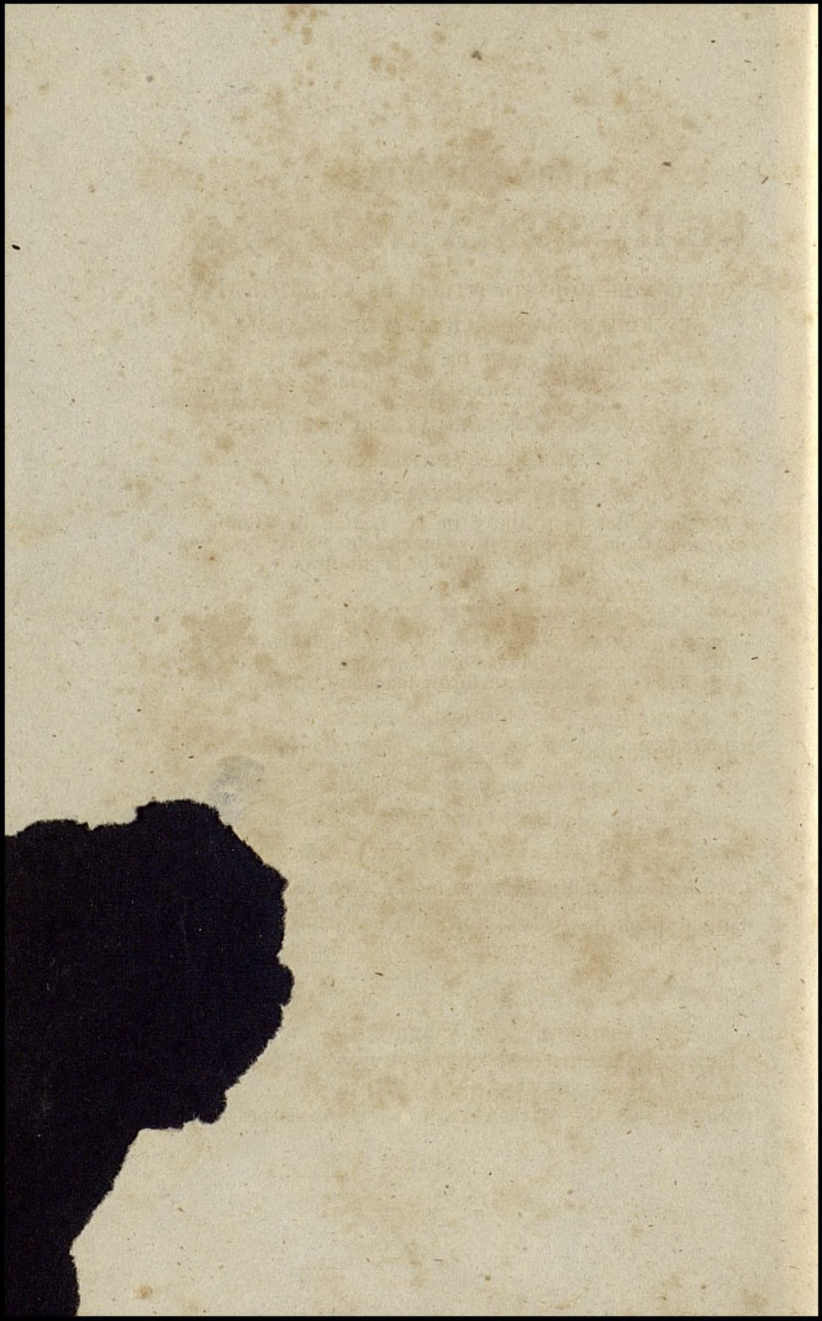
M. MILNE-EDWARDS,
Miembro del Instituto y de la Legion de Honor, Agregado de la Facultad de Ciencias de París. Profesor en el Museo de Historia natural;
Y
M. ACHILLE COMTE,
Profesor de Historia natural en el Colegio de Cárlo-Magno, Gefe del negociado de las Sociedades de Sabios y del de Medicina en el Ministerio de Instruccion pública, etc.

OBRA
Adoptada por el Consejo real de Instruccion pública de Francia, para la enseñanza de la Historia [illegible]al en los establecimientos públicos,

TRADUCIDA POR
DON JOSÉ MARÍA DE LA CUA[illegible]
Licenciado en Medicina, Farmacia y Ciencias [illegible]
Catedrático de Historia natural de la sociedad [illegible]
del Pais de Sevilla, Socio residente de la misma [illegible]
de otras corporaciones científicas, et[illegible]

TOMO III.
MINERALÓGIA Y GEOLÓGIA.

SEVILLA. 1847.
Imprenta de D. José María Atienza, calle de las Sierpes n[illegible]



PROGRAMA

PARA

LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA NATURAL,

ADOPTADO POR EL CONSEJO DE INSTRUCCION PÚBLICA DE FRANCIA EN 4 DE SETIEMBRE DE 1840.

TERCERA PARTE.

REINO MINERAL.

MINERALÓGIA.

XXV. Nociones generales de los cuerpos brutos ó inorgánicos.—Consideraciones sobre el modo de estudiarlos.

Caractéres físicos de los minerales. Forma y estructura esenciales y accidentales: cámbios de que son susceptibles: causas de estos cámbios.

XXVI. Propiedades ópticas.—Refraccion simple y doble:—su relacion con la forma:—brillo y colores, etc.—elasticidad, dureza, tenacidad, peso específico y demas caractéres.

XXVII. *Caracteres químicos de los minerales.* Su composicion:—sus leyes; modo de espresarlas:—caracteres que producen.

Clasificacion de los minerales. Aplicacion á ésta de las nociones precedentes:—especies, géneros y familias, etc.

XXVIII. Nociones de las principales materias minerales y del modo de encontrarse en la naturaleza.

GEOLÓGIA.

XXIX. Nociones acerca de la forma general de la tierra y sobre la composicion de su corteza sólida.

Fenómenos geológicos de la época actual. Terremotos: — esplosiones: — volcanes: — aluviones: — formaciones madrepóricas.

XXX. *Aplicaciones de estas nociones al estudio de la formacion de la costra sólida del globo*: —terrenos de sedimento y de cristalizacion:—sus caracteres:—sobreposicion de las capas:—nociones de los fósiles:—edades relativas de los diversos depósitos de sedimento, indicadas por la naturaleza de los fósiles, las relaciones de sobreposicion, las diferencias de inclinacion, etc.

XXXI. Nociones sobre los principales depósitos de sedimento:—nociones sobre los terrenos de cristalizacion:—principales rocas de cristalizacion:

su modo de formacion y diferentes épocas á que pertenecen:—influencia de estas rocas en los depósitos de sedimento.

XXXII. Nociones relativas á los grandes depósitos de combustibles, de materias salinas y de minerales:—situacion de las piedras preciosas:—fuentes y pozos artesianos.

XXXIII. Resúmen de las revoluciones del globo y ojeada sobre los animales y vegetales pertenecientes á las diversas épocas geológicas.

CURSO ELEMENTAL

DE HISTORIA NATURAL.

MINERALÓGIA.

NOCIONES GENERALES.

§ 1. *Definicion.*—La *mineralógia* es una parte de la historia natural que tiene por objeto el estudio de los *minerales*, llamados tambien *cuerpos brutos* ó *inorgánicos*.

§ 2. *Caracteres de los cuerpos brutos.* Se denominan asi los cuerpos que no están dotados de las propiedades características de la vida, y que no son el producto de la actividad propia de los seres que viven. Las partes que constituyen su masa son enteramente semejantes, no forman órganos, ni desempeñan funciones, ni entre ellas tiene lugar el movimiento incesante de composicion y descomposicion molecular en que consiste el fenómeno de la nutricion en los cuerpos organizados. En los mi-

nerales las partes interiores no tienen una colocacion precisa y necesaria, de lo que se sigue que pueden afectar diversas formas y adquirir un gran volúmen: su acrecentamiento es debido siempre á causas esteriores, que no se esplican por la ecsistencia misma de estos seres, y que se verifica por *justaposicion*, esto es, por adicion de nuevas moléculas sobre la superficie esterior.

§ 3. *Objeto de la mineralógia.*—El estudio de los cuerpos que viven tiene por objeto principal las funciones vitales y los órganos que concurren á su desempeño, es decir la fisiológia y la anatomía de estos seres; y como objeto de menor importancia sus caracteres químicos y físicos; mientras que el conocimiento de los seres inorgánicos depende del estudio de su naturaleza química y de las propiedades físicas. Entre estas últimas se observa una, la *forma geométrica*, que pertenece mas especialmente á la mineralógia; en esta propiedad y en la *composicion química* encuentra el mineralogista un doble carácter sobre el cual reposa esencialmente el conocimiento de los minerales.

Se ve, pues, que la mineralógia toma para las nociones mas importantes, los resultados mas generales de sus investigaciones químicas y físicas. Mas lo que la constituye una ciencia natural especial, diferente de aquellas otras, es que enseña á distinguir los cuerpos brutos y aproxi-

marlos segun sus relaciones: asi los aisla de los seres que los rodean, y los clasifica.

Debemos, por consiguiente, estudiar sucesivamente la *naturaleza química* y los *caracteres físicos* de los cuerpos brutos: fundar despues, segun la concordancia de estos dos órdenes de consideraciones, la determinacion de las especies, ó la clasificacion.

Para completar el círculo de sus estudios, la mineralógia, como las otras ciencias naturales, debe ecsaminar el modo de ecsistir de los cuerpos brutos en la superficie del globo y en lo interior de la tierra, sus asociaciones naturales, la estension de sus depósitos y las relaciones entre estos, y los fenómenos á que dan lugar; pero estas consideraciones pertenecen al dominio de una ciencia particular, la *Geológia*, la cual investiga las leyes generales que han presidido la variada distribucion y colocacion de los cuerpos brutos, y se eleva de los fenómenos actuales al conocimiento de la historia del globo. El estudio de la geológia seguirá al de la mineralógia propiamente dicha.

§ 4. *Utilidad de la Mineralógia.*—La utilidad de la mineralógia se deduce de su objeto mismo. Ademas del interes que presenta al naturalista el estudio del reino mineral, las artes y la industria encuentran tambien en este estudio los medios de conocer los cuerpos para aplicar sus importantes

propiedades á la actividad y desarrollo de las mismas: la metalurgia, la esplotacion de las minas y canteras, y una multitud de industrias deben su ecsistencia y sus progresos esclusivamente á los procedimientos que emplean, fundados en el conocimiento de la naturaleza y las propiedades de estos cuerpos.

Ecsijiendo el órden lógico que preceda el conocimiento de la naturaleza íntima de los cuerpos al de sus propiedades, por depender éstas de la misma naturaleza y variar á proporcion que esta varia, principiarémos el estudio de los cuerpos brutos por su composicion química y estudiarémos despues sus caracteres físicos.

Naturaleza de los cuerpos brutos: Composicion química.

§ 5. Los cuerpos inorgánicos pueden ser *simples* ó *compuestos*. Los primeros constan de una sola sustancia, sin que hasta el presente haya sido posible descubrir en ellos composicion alguna, por lo que tambien se llaman *elementales*. Los segundos pueden resolverse en dos ó mas sustancias diferentes.

Cualquiera que sea el tratamiento á que sujetemos el oro, jamas dará mas que moléculas de oro: este metal es, pues, un cuerpo simple. Al

contrario, de la piedra de construccion podemos obtener dos sustancias en todo diferentes, ácido carbónico y cal, cada una de las cuales es formada á su vez de dos cuerpos simples: esta piedra es un cuerpo compuesto.

Todos los cuerpos son divisibles, y cuando su division mecánica la llevamos hasta el último estremo que el pensamiento puede concebir, estas partículas que no pueden dividírse mas, se denominan *átomos* ó *moléculas integrantes*. Estos átomos son semejantes entre sí, y semejantes tambien por su naturaleza á la masa de que hacen parte. Por consiguiente los átomos integrantes serán simples ó compuestos segun que provengan de un cuerpo elemental ó de un cuerpo compuesto. Una masa de oro, por ejemplo, es formada de átomos integrantes, todos de oro solamente, y los cuales determinan de este modo el cuerpo que su reunion constituye: del mismo modo un volúmen de ácido carbónico es formado de átomos integrantes enteramente iguales, que forman la masa de este gas compuesto. Mas en el oro los átomos integrantes son simples y en el ácido carbónico son compuestos.

Se dá tambien el nombre de *átomos constitutivos* á los átomos simples, ya formen por su reunion un cuerpo simple, ya se combinen para dar oríjen á los átomos integrantes compuestos. Por esto en el oro que es un cuerpo simple, cada áto-

mo integrante es tambien un átomo constitutivo. Mas en el ácido carbónico, cada átomo es compuesto de dos especies de átomos constitutivos, oxígeno y carbono.

La observacion de estos y otros hechos nos ha conducido á admitir que los átomos integrantes son siempre semejantes entre sí en una misma sustancia, y se comportan siempre de una misma manera en circunstancias idénticas: se ha podido, pues, concluir, que tienen una forma y un peso determinado. Ya veremos las teorias á que ha conducido esta conclusion.

§ 6. Simples ó compuestos todos los cuerpos deben su formacion á la accion de ciertas fuerzas que se designan bajo el nombre de *atracciones moleculares*. La una, llamada especialmente *cohesion*, conserva unidos los átomos integrantes, homogéneos, de un mismo cuerpo: la otra nombrada *afinidad*, preside á la combinacion química de los átomos constituyentes. La fuerza de cohesion varía en los diferentes cuerpos, y su enerjia se mide por el esfuerzo que es necesario emplear para dividir estos cuerpos: es mas considerable en los cuerpos sólidos, debil en los líquidos y nula en los flúidos aeriformes.

Cuerpos simples.

§ 7 Los cuerpos considerados como *simp*

en el estado actual de la ciencia, ascienden á 55, si esceptuamos tres recientemente descubiertos en los minerales del *Cérium*, que aun no se han estudiado debidamente. Véase á continuacion la lista de estos cuerpos, con el signo abreviado que representa á cada uno.

1	Oesígeno.	O.
2	Azoe ó nitrógeno.	Az. ó N.
3	Boro.	B. ó Bo.
4	Bromo.	Br.
5	Carbono.	C.
6	Cloro	Cl.
7	Fluor	Fl.
8	Hidrógeno.	H. ó Hy.
9	Iodo.	I.
10	Fósforo	Fo.
11	Azufre.	S. ó Su.
12	Selénio	Se.
13	Silicio.	Si.
14	Aluminio	Al.
15	Antimonio.	An.
16	Plata	Pl.
17	Arsénico.	Ar.
18	Bario	Ba.
19	Bismuto	Bi.
20	Cadmio	Cd.
21	Calcio	Ca.
22	Cério	Ce.

23	Cromo	Cr.
24	Cobalto	Co.
25	Cobre	Cup.
26	Estaño	Es.
27	Hierro	Hi.
28	Glucinio ó Berilio	Gl. ó Ber.
29	Iridio	Ir.
30	Lantano	La.
31	Litio	L.
32	Magnesio	Ma. ó Mg.
33	Manganeso	Mn.
34	Mercurio	Me. ó Hg.
35	Molyddeno	Mo.
36	Niquel	Ni.
37	Oro	Or.
38	Osmio	Os.
39	Paladio	Pa. ó Pd.
40	Platino	Pt.
41	Plomo	Pb.
42	Potasio	Po. ó K.
43	Rodio	R.
44	Sodio	So. ó Na.
45	Estroncio	St.
46	Tantalo ó Colombio	Ta.
47	Teluro	Te.
48	Torinio	To.
49	Titano	Ti.
50	Tunsteno ó Wolfram	Tu. W. ó Wo.

51 Urano. . . . . V.
52 Vanadio. . . . . V. Vn.
53 Ytrio . . . . . Y.
54 Zinc. . . . . Zn.
55 Zirconio. . . . . Z. ó Zx.

§ 8. Los cuerpos simples se dividen en metaloides y metales. Los metaloides son los trece primeros de la lista precedente, y los cuarenta restantes son los metales. No es de nuestro objeto esponer los caracteres de estas dos clases.

Los cuerpos simples pueden encontrarse en la naturaleza libres, *nativos*, espresion conservada por los mineralogistas y que indica que los otros cuerpos simples se obtienen siempre en su estado elemental por medio del arte, por los procedimientos á que se someten en los laboratorios los compuestos que forman. Los cuerpos simples que hasta el dia se han encontrado en el estado nativo son los diez y seis siguientes:

Antimonio,	Bismuto,	Hierro,	Paladio,
Plata,	Carbono,	Mercurio,	Platino,
Arsénico,	Cloro,	Oro,	Azufre,
Azoe,	Cobre,	Ocsígeno,	Teluro.

§ 9. Cinco cuerpos simples son gascosos á la temperatura ordinaria, á saber:

Azoe, Cloro, Fluor, Hidrógeno y Ocsigeno.

Hay ademas dos naturalmente líquidos: el Bromo y el Mercurio; todos los demas son sólidos.

Cuerpos compuestos.

§ 10. Los minerales que no se encuentran en el estado nativo son compuestos de dos, tres ó cuatro cuerpos simples, y aun algunos constan de mas. Segun el número de sus componentes se denominan compuestos *binarios, ternarios, cuaternarios*, etc.

Los compuestos binarios y ternarios son los que mas abundan en la naturaleza; los cuaternarios son raros, y mas todavia los compuestos de cinco elementos.

§ 11. El hombre puede, es verdad, obtener nuevas sustancias, colocando los elementos en determinadas condiciones que puede tambien hacer variar á su arbitrio, y dar asi orígen á un gran número de compuestos *artificiales*; pero esto corresponde esclusivamente á la química, y nosotros nos ocupamos de la mineralógia, de los compuestos naturales.

§ 12. *Compuestos binarios*.—El número de las combinaciones binarias está limitado por ciertas leyes naturales: una de estas leyes consiste en que de los cincuenta y cinco cuerpos simples, trece solamente son, por lo comun, puestos en juego por la naturaleza en las combinaciones que produce, y en que uno de estos trece elementos es siempre, por consiguiente, uno de los principios esenciales de los compuestos naturales. Los tre-

ce cuerpos simples de que hablamos, son: El ocsígeno, Fluor, Teluro, Osmio, Azufre, Carbono, Arsénico, Mercurio, Selénio, Silicio, Antimonio, Oro. Cloro,

El Ocsígeno es el que con mas frecuencia, casi siempre, se presenta en estos compuestos: combinado con varios cuerpos simples forma diferentes ócsidos y ácidos: á su combinacion con el Calcio, el Silicio, el Aluminio, debemos los ócsidos llamados Cal, Sílice y Alúmina, bases esenciales de las rocas que componen la corteza sólida del globo. Combinado con el hidrógeno engendra el agua.

El azufre es, despues del ocsígeno, el elemento que forma los compuestos mas abundantes, el que constituyen la mayor parte de los minerales útiles. Combinado con los metales produce el azufre un gran número de *súlfuros*, los cuales por una notable relacion, corresponden casi generalmente á cada ócsido del metal y presentan exactamente la misma composicion atómica. Mas adelante (párr. 19) tendremos ocasion de observar ejemplos de esto.

§ 13. *Compuestos ternarios.*—Estos compuestos generalmente resultan de la combinacion de dos compuestos binarios que tienen un elemento comun: de este modo se forman el carbonato de cal, cuyos factores, ácido carbónico y cal, son

compuestos, el primero de carbono y ocsígeno, el segundo del mismo ocsígeno y el calcio; y la Cerusa ó sub-carbonato de plomo, que resulta de la combinacion del ácido carbónico con un ócsido de plomo, los cuales son compuestos respectivamente de un cuerpo combustible simple, carbono y plomo, unido al ocsigeno que es el elemento comun. La mayoría de los compuestos ternarios son el producto de combinaciones como las que hemos tomado por ejemplo, esto es, que están formados por dos combinaciones ocsigenadas. Muchas resultan tambien de la union de dos combinaciones sulfuradas: tal es la Calkopyrita, compuesto de los dos súlfuros de cobre y de hierro; la Psatarosa, compuesto de un súlfuro de antimonio y otro de plata.

Entre los compuestos binarios ocsigenados algunos se presentan continuamente para formar, con otras combinaciones ocsigenadas, compuestos ternarios, cuyo número posible se encuentra tambien bastante limitado: asi es como los ácidos sulfúrico, carbónico, azótico, fosfórico y otros, combinándose con un gran número de bases forman sulfatos, carbonatos, azotatos, fosfatos, y determinan las especies de familias que ellos unen por un vínculo comun. Ecsisten, sin embargo, compuestos ternarios producidos por la combinacion de principios no ocsigenados.

Entre los compuestos ternarios son muy dignas de notarse las combinaciones llamadas *Hidratos*, que resultan de la union de un ócsido metálico con el agua, cuyo líquido desempeña en estos compuestos el papel de ácido; y los hydratos son unas especies de sales muy notables que suelen diferenciarse del ócsido *anhydro* por su color. Diferencia que puede apreciarse comparando, por ejemplo, el biócsido anhydro de cobre que es negro, con el hydrato de la misma base que es azul claro, ó el perócsido de hierro que es de color rojo, con su hydrato que es amarillo bruno.

§ 14 *Compuestos cuaternarios, quinarios etc.*— Lo mismo estos compuestos que los precedentes es raro que resulten de la combinacion de elementos simples reunidos en número de cuatro ó mas: casi siempre provienen de dos combinaciones ternarias, en cuya composicion entra un compuesto binario comun, que generalmente es un ácido; y los compuestos cuaternarios son, por esta razon, casi siempre, unas *sales dobles*, esto es, compuestos que resultan de la combinacion de dos sales formadas por un mismo ácido y que se diferencian solamente por la base. La Glauberita, por ejemplo, es un *sulfato doble* de cal y sosa: el Alumbre es otro *sulfato doble* de alúmina y potasa: la Dolomia es un *carbonato doble* de cal y magnesio:

los Feldspatos y los Granates son *silicatos dobles*; y la Albita, que pertenece al grupo de los Feldspatos, es un *silicato doble* de alúmina y sosa, es decir, una sal compuesta, por una parte, de silicato de alúmina, cuyos elementos son el silicio, el aluminio y el ocsigeno, y por otra parte de silicato de sosa, el cual se resuelve en silicio, sodio y ocsigeno: luego en la reunion de estas dos sales entran unicamente cuatro cuerpos como principios constitutivos á componer el silicato doble: silicio, sodio, aluminio y ocsígeno.

Esto no obstante, los compuestos cuaternarios no son todos el producto de combinaciones ocsigenadas: ecsisten, por ejemplo, *súlfuros múltiplos*, ó combinaciones que resultan de la union de tres súlfuros, como la Estannina, formada de los súlfuros de estaño, cobre y hierro; la Polybasita, de los súlfuros de antimonio, cobre y plata.

Debe observarse que una combinacion ternaria ocsigenada, puede hacerse cuaternaria por la adicion del agua, la cual siendo compuesta de ocsígeno é hydrógeno, introduce este último cuerpo en la combinacion como cuarto elemento constitutivo. Del mismo modo una combinacion binaria no ocsigenada, puede trasformarse en cuaternaria recibiendo los dos elementos del agua. La Karsténita, compuesto ternario ocsigenado, es un

sulfato de cal, que la adicion del agua cambia en cuaternario ó sulfato de cal hydratado, que es el Gypso ó yeso. Despues de estas esplicaciones se comprende con facilidad que los compuestos cuaternarios oxigenados, pueden convertirse en compuestos quinarios por la adicion del agua: asi es como la Labradorita, silicato doble de alúmina y cal, compuesto cuaternario correspondiente al grupo de los feldspatos, pasa al estado de silicato doble hydratado, compuesto quinario que se conoce con el nombre de Escolézita. Tales son á corta diferencia los compuestos mas complicados.

§ 15. Resulta de lo que precede, que casi la totalidad de los compuestos naturales puede resolverse en un cierto número de combinaciones binarias. Ademas, la série de estas combinaciones, ya se ha dicho, (párr. 12) no es indefinida, sino que está limitada por determinadas leyes que ya hemos dado á conocer en parte: de modo que el estudio de la mineralogia se reduce, en último análisis, al estudio de un número bastante limitado de cuerpos brutos.

Este estudio será menos complecso aun y mas claro, si se observa que la naturaleza ha reducido á límites muy estrechos las asociaciones de las combinaciones binarias, y no las ha confundido segun todos los modos que puede comprender el cálculo. Se dijo (párr. 12) que trece cuerpos sim-

ples solamente producen por lo comun los cuerpos brutos como resultados de sus combinaciones: estas pueden ser ocsigenadas, sulfurosas, silíceas, etc., las cuales combinándose entre sí constituyen sales, súlfuros dobles, etc., y estos á su vez se combinan tambien para formar sales dobles, súlfuros múltiplos, etc. Ademas, la naturaleza de estos últimos compuestos, que son los mas complicados de todos, se comprende bien, y su nomenclatura se retiene con facilidad, si se observa que ellos resultan de un pequeño número de compuestos binarios, y que no difieren, las mas veces, entre sí, sino por la presencia de una de esas combinaciones binarias añadida á uno de ellos, ó que ha reemplazado, en totalidad ó en parte, á otra combinacion binaria eliminada.

Asi, hablando de los compuestos ternarios, (párr. 13) hemos citado los *hydratos*, los cuales forman, igualmente que los ócsidos metálicos, una série de combinaciones que se distinguen unicamente de estos por la adicion del agua; y en el párrafo precedente, hemos visto que entre la Carsténita y el Gipso, entre la Labradorita y la Escolézita, la sola diferencia que ecsiste, respecto al número de cuerpos que constituyen estos compuestos, consiste en la presencia del agua, mas abundante en el Gipso y la Escolézita. Todavía podemos citar la Panabasa y la Estanina, dos

compuestos de tres súlfuros, de los cuales dos, el súlfuro de hierro y el de cobre, son comunes, y el tercero, que es de antimonio en la Panabasa y de estaño en la Estannina, es el que establece la diferencia. Entre la Panabasa y la Polibasita, que contienen ambos un súlfuro de cobre y otro de antimonio, consiste la diferencia en la presencia de un súlfuro de hierro en el primero de estos compuestos, al cual ha sustituido un súlfuro de plata en el segundo. En el grupo de los Feldspatos, el Ortoso, la Albita y la Pélalita, son tres silicatos dobles que contienen todos un silicato de alúmina, y que se diferencian por el segundo silicato que entra en su composicion, el cual es de base de potasa en el primer compuesto, de sosa en el segundo y de litina en el tercero. En los Anfíboles, la Trémolita y el Actinoto, que tambien son silicatos dobles, se encuentra un silicato de cal, comun, y se distinguen, el primero por un silicato de magnesia, y el segundo por otro silicato de ócsido de hierro. Hasta aquí hemos atendido á la naturaleza de los cuerpos constituyentes, y no al número de los átomos con que cada uno concurre á formar el compuesto; ya tendremos ocasion de insistir sobre estas observaciones, principalmente cuando se trate de la clasificacion.

§ 16. *Cuerpos electro-positivos y electro-negativos.*—Cuando un compuesto binario se somete

á la accion de la pila voltaica ofrecen sus elementos un fenómeno muy notable, que consiste en separarse dirigiéndose el uno al polo positivo y el otro al negativo. Mas como las electricidades de un mismo género se repelen y las de diferente naturaleza se atraen; se ha convenido en llamar *electro-negativo* al cuerpo que se dirije al polo positivo, y *electro-positivo* al que se dirije al polo negativo. Si el compuesto es un ócsido, la base marcha al polo negativo, y el ocsígeno al positivo, como sucede siempre respecto de este cuerpo en todas las descomposiciones efectuadas por la pila. El ocsígeno, pues, es mas electro-negativo que todos los cuerpos que con él forman compuestos, y es, por esta razon, el único cuyas relaciones eléctricas son constantes. Los demas elementos se constituyen en un estado eléctrico variable, es decir, que pueden ser positivos con relacion á tal cuerpo y negativos respecto de tal otro. La observacion del modo con que se comportan los cuerpos comparados entre si, bajo el punto de vista electro-químico, ha conducido á formar la siguiente lista, en la cual los cuerpos simples están colocados de tal manera, que cada uno representa el papel de elemento electro-negativo respectivamente á los que le siguen, y el de elemento electro-positivo respecto á los que le preceden (1).

(1) Lista de Mr. Recquerel en su *Tratado de física*

Ocsígeno.	Fósforo.	Teluro.	Platino.
Fluor.	Arsénico.	Tántalo.	Rodio.
Cloro.	Cromo.	Titano.	Paladio.
Bromo.	Molybdeno.	Silicio.	Mercurio.
Iodo.	Túnsteno	Hidrógeno.	Plata.
Azufre.	Boro.	Oro.	Cobre.
Selénio.	Carbono.	Osmio.	Uranio.
Azoe.	Antimonio.	Iridio.	Vanadio.
Bismuto.	Hierro.	Torinio.	Calcio.
Estaño.	Zinc.	Zirconio.	Estroncio.
Plomo.	Manganeso.	Aluminio.	Bario.
Cadmio.	Cério.	Ytrio.	Litio.
Cobalto.	Lantano.	Glucinio.	Sodio.
Niquel.	Dydio.	Magnesio.	Potasio.

La combinacion química ha sido considerada como el resultado de la oposicion eléctrica de los cuerpos constitutivos, y se opina que la afinidad se ejerce siempre que un cuerpo simple ó compuesto puede ser electro-positivo con relacion á otro que sea electro negativo. Asi, entre los compuestos ocsigenados, los que contienen mas ocsígeno son ordinariamente electro-negativos respecto á los que contienen menos: los ácidos, por consiguiente, son electro-negativos comparados con los ócsidos; y es muy sabido que aquellos se combinan con energía á estos últimos para formar sa-

considerada en sus relaciones con la química y las ciencias naturales, 1844.

les. Por consecuencia, en toda combinacion, por muy complicada que sea, se distingue siempre un principio electro-negativo que desempeña el papel de *ácido*, y otro principio electro-positivo que representa la *base*.

Leyes de la combinacion.---Análisis.

§ 17. Siendo susceptibles las combinaciones naturales de resolverse en combinaciones binarias, debemos estudiar primero estas últimas; mas como su formacion está subordinada á ciertas leyes simples, es indispensable el conocimiento de estas leyes.

Los cuerpos brutos han sido considerados únicamente hasta ahora bajo la relacion de la naturaleza de las sustancias que concurren á formarlos: en un súlfuro de cobre, por ejemplo, hemos visto solamente la combinacion del cobre con el azufre. Pero es claro que la determinacion de los cuerpos constitutivos de un compuesto no basta para darnos á conocer el compuesto, sino que es necesario apreciar tambien la cantidad en que cada uno de los principios entra á formarle. La única guia que puede conducirnos á este segundo punto de vista, lo mismo que al primero, es la esperiencia; y el medio de investigacion que esta emplea es el *análisis*, esto es, la descomposicion

de los cuerpos que se desea conocer. Esta descomposicion tiene, pues, evidentemente un doble fin: averiguar primero cuales son las sustancias que forman el compuesto; y apreciar despues la proporcion en que las mismas se encuentran. Para esto es necesario dos especies de análisis que se distinguen con los nombres de *análisis cualitativa* y *cuantitativa*. Ya hemos indicado las leyes principales que nos ha dado á conocer la comparacion de los diversos resultados obtenidos por el análisis cualitativa: réstanos hacer conocer las leyes descubiertas por el ecsámen de las análisis cuantitativas. Esto nos proporcionará el medio de reconocer la marcha seguida por la naturaleza en la formacion de las materias inorgánicas, y veremos que tanto para la *cantidad* como para la *cualidad* de las sustancias, se ha contenido en límites muy estrechos, que han reducido mucho el número posible de los compuestos.

§ 18. *Leyes de las proporciones definidas y de las proporciones multiplas.*—No se crea que dados dos cuerpos simples se les puede combinar en todas proporciones, ni que basta variar alternativamente y á nuestro arbitrio la cantidad de cada uno para dar orígen á una série indeterminada de productos diferentes. Los cuerpos se combinan solamente en proporciones definidas, es decir, en proporciones fijas y que solamente ellas puedan dar lu-

gar á la combinacion. Para mayor claridad, y siguiendo el ejemplo precedente, aunque pongamos en contacto una cantidad cualquiera de Azufre y de Cobre, no se conseguirá que se combinen en su totalidad para formar el súlfuro: la combinacion de estos dos cuerpos simples solo tiene lugar entre determinadas proporciones, siendo imposible en otras circunstancias: de modo que en el caso propuesto, deberá resultar algun ecsedente de uno de los espresados simples. Resulta necesariamente de esta ley que el número de las combinaciones entre dos cuerpos es determinado, *definido* en sí mismo, y se comprenderá bien como limita esta ley el número de las combinaciones, cuando se sepa que el número de estas combinaciones rara vez escede de cuatro. Entre el azufre y el cobre solamente dos son posibles. En la una se encuentra siempre:

20,27 de azufre. . . .
79,73 de cobre. . . . } proto súlfuro de cobre.

100,00

En la otra:

33,71 de azufre. . . .
69,29 de cobre. . . . } bisúlfuro de cobre.

100,00

Fuera de estas proporciones no se forman

estos súlfuros ni algun otro compuesto de Azufre y Cobre.

Citaremos todavía algunos ejemplos: el cobre puede combinarse tambien con el ocsígeno para dar orígen á tres ócsidos, en los cuales se encuentran sus factores en las proporciones siguientes:

11,21 de ocsígeno . .	protócsido de cobre.
88,79 de cobre. . . .	
100,00	

20,17 de ocsígeno. . .	biósido de cobre.
79,83 de cobre. . . .	
100,00	

33,57 de ocsígeno. . .	cuadrócsido de cobre.
66,43 de cobre. . . .	
100,00	

El carbono forma con el ocsígeno un ócsido y un ácido combinándose en estas proporciones:

42,86 de carbono. . .	ócsido de carbono.
57,14 de ocsígeno. . .	
100,00	

27,27 de carbóno. . . } ácido carbónico.
72,73 de ocsígeno. . . }

100,00

Esta ley de las proporciones definidas comprende no solamente á la combinacion de los cuerpos simples, sino tambien á la de los compuestos: el ácido sulfúrico, por ejemplo, y el protócsido de potasio ó potasa, se combinan siempre en las siguientes relaciones:

54,12 de potasa. . . . } protosulfato de
45,88 de ácid. sulfúr. }

100,00

37,10 de potasa. . . . } bisulfato de potas
62,90 de ácido sulfúr. }

100,00

No considerando los principios constitutivos de un compuesto mas que en el compuesto mismo, estudiado aisladamente, se vé que la ley de las proporciones definidas, conocida hace mucho tiempo y confirmada por descubrimientos químicos sucesivos, es ya de grande importancia. Pero si se comparan las diversas combinaciones que pueden producir dos cuerpos simples ó compuestos, y si se averigua la proporcion en que uno de ellos

entra en cada combinacion, suponiendo invariable la proporcion del otro cuerpo constitutivo en toda la série de estas combinaciones, obtendremos resultados mas notables y de mucha mas importancia. Comparando entre sí los dos súlfuros de cobre, los tres ócsidos del mismo metal, las dos combinaciones ocsigenadas del carbono y los dos sulfatos de potasa, cuyas proporciones elementales hemos indicado obrando sobre 100 partes de cada uno de estos compuestos, nos [illegible]os en posesion de ciertas relaciones que [illegible]n evidenciarse por la demostracion an-

[illegible]aremos desde luego los dos súlfuros de [illegible]epresentemos por 100 la proporcion del [illegible]n ambos: una simple proporcion geomé-[illegible]s indicará la cantidad de cobre que cada [illegible] ellos contiene:

100 de azufre se combinan con 393,39 de cobre en el protosúlfuro.

100————con 196,70———bisúlfuro.

Si comparamos ahora los dos números que espresan la proporcion del cobre, veremos que el segundo es la mitad del primero: el protosúlfuro, pues, contiene dos veces mas que el bisúlfuro para una igual cantidad de azufre. Tomemos por una hipótesis inversa una cantidad constante de cobre y procuremos hallar la proporcion del Azu-

fre en ambas combinaciones: el resultado será que—

393,39 de cobre se combinarán con 100 de azufre en el protosúlfuro,

393,38————200————bisúlfuro.

El bisúlfuro contiene dos veces mas de azufre que el protosúlfuro, siendo igual en ambos la cantidad de cobre, resultado que confirma el precedente y que es su repeticion bajo otra forma.

El mismo procedimiento nos demostrará que en los tres ócsidos de cobre, las proporciones de este metal, para 100 partes de ocsígeno, son las siguientes:

protócsido, 100 de ocsígeno 791,36 de cobre:
biócsido, 100————395,78————:
cuadrócsido, 100————197,88————.

Observando la relacion entre las diversas cantidades de cobre halladas en estos ócsidos, veremos que la del primer ócsido es doble de la del segundo y cuádrupla de la del tercero. Si se quiere espresar estas relaciones tomando una misma cantidad del radical, aparecerán las proporciones de este modo:

protócsido, 791,36 de cobre y 100 de ocsígeno,
biócsido, 791,56————200————,
cuadrócsido, 791,52————400————:

es decir que el biócsido está dos veces mas ocsigenado y cuatro el cuadrócsido que el protócsido.

Empleando el mismo método para las dos combinaciones ocsigenadas del carbono, ya que se tome la cantidad fija del radical ó ya del ocsígeno, los resultados serán:

en el ócsido de carb.º, 75 de carb.º y 100 de ocsíg.º
en el ácido carbón.º, 75————200————:
en el ócsido, 100 de ocsígeno y 75 de carbono,
en el ácido, 100————37,50————:

esto es, que el ácido está dos veces mas ocsígenado que el ócsido, y que este contiene dos veces ma carbono que el ácido carbónico, porque 75 es exactamente el duplo de 37,50.

En cuanto á los dos sulfatos de potasa la comparacion entre las cantidades del ácido y de la base da las proporciones siguientes:

117,98 de potasa se combinan con 100 de ácido en el protosulfato,
117,98————200————bisulfato.

Este resultado no necesita esplicacion: él confirma la misma ley la cual podremos aplicar á todos los casos semejantes, y de ella presentaremos por último un ejemplo químico que nos la hará mas evidente. El azoe combinándose con el ecsígeno en diversas proporciones, produce los cinco compuestos que representan estas fórmulas:

177,03 de azoe y 100 de ocsíg.º protócs.º de azoe,
177,03————200————biócsido————,
177,03————300————ácido azotoso,

177,03——400——hypoazótico,
177,03——500——azótico——.

Se vé, pues, que las proporciones del ocsígeno varian de 1 á 5 para una misma cantidad de azoe, resultado análogo al de los compuestos precedentes, en los cuales las proporciones de sus factores están en la relacion de 1 á 2 y de 2 á 4; de todo lo cual puede deducirse esta proposicion general: *si dos cuerpos pueden unirse para dar orígen á varias combinaciones, la cantidad del uno es siempre múltipla ó submúltipla de la cantidad de este mismo cuerpo en uno de los compuestos, permaneciendo siempre en la misma el otro cuerpo constitutivo.* Esta ley constante y admirable es la *ley de las proporciones múltiplas.*

El número de los múltiplos es por otra parte muy limitado: estando representada por el de la unidad con los cinco primeros números, la relacion entre las cantidades comparadas de uno de los cuerpos constituyentes, puede estarlo, sin embargo, en la relacion de 1 á 1 $^1/_2$, de 2 á 2, á 3, á 5 ó á 7, y estos casos, aunque en estremo raros, son suficientes para suponer que no conocemos la série completa de los compuestos que pueden formarse de este modo.

§ 20. La ley de las proporciones múltiplas tiene todavía otra aplicacion no menos notable, en las combinaciones entre los compuestos bina-

rios, porque se estiende hasta las proporciones entre las cantidades del mismo principio electro-negativo que pueden contener los dos compuestos. La ley se fórmula entonces de esta manera: *si dos compuestos binarios tienen un principio electro-negativo comun, y se combinan, la cantidad del principio electro-negativo de uno es un múltiplo ó un submúltiplo de la cantidad del mismo principio contenida en el otro. Por esto en la combinacion de dos súlfuros, el número que espresa en uno la cantidad de Azufre, que es el elemento electro-negativo comun, es un múltiplo ó un submúltiplo del número que representa en el otro la cantidad del mismo elemento. Por lo mismo en los sulfatos la cantidad de ocsígeno contenida en el ócsido, es á la cantidad de ocsígeno contenida en el ácido como* 1 *es á* 3.

§ 21. *Ley de los equivalentes.* Si ahora en lugar de comparar las proporciones en que se combinan dos cuerpos para formar la série de sus compuestos, comparamos las proporciones en que se combina un mismo cuerpo con otros muchos, obtendremos este importante resultado: que en una misma cantidad ponderal de un mismo cuerpo, las cantidades ponderales de los otros cuerpos que pueden unirse á él, aunque muy diferentes entre sí, son sin embargo tales, que indican las proporciones en que estos últimos cuerpos pueden combinarse entre sí. Asi 100 de ocsígeno

pueden combinarse con el Plomo y con el Azufre en las proporciones siguientes:

100 de ocsígeno. . . } protócsido de plomo,
1294,498 de plomo. }

100 de ocsígeno. . . } ácido hiposulfuroso.
201,165 de azufre. . }

Entre la cantidad de Plomo del protócsido y la de Azufre del ácido, no ecsiste relacion alguna; mas si se quiere saber en qué proporcion se combinan el Plomo y el Azufre para formar un súlfuro, se encontrará precisamente en la relacion de los números 1294,498 y 201,165.

Veamos otro ejemplo:

100 de ocsígeno. . . } dan el protocsido de cobre:
y 395,695 de cobre. . }

el Azufre y el cobre siempre que se combinan para formar un súlfuro, es en la proporcion de los números 201,165 y 395,695. Se observa, pues, que el primero de estos números representa el Azufre en la combinacion ocsigenada y en los dos súlfuros, lo mismo que el número 100 representa siempre el ocsígeno; que 201,165, de Azufre, reemplazan 100 de ocsígeno, que sustituyen y equivalen á 100 de ocsígeno; y de aquí el nombre de *equivalente* dado á este número y á todos los que se obtienen así. Tambien se les ha llamado números *proporcionales* ó simplemente *proporciones*.

Bien se deja entender que solamente la espe-

riencia es lo que indica las cantidades ponderales de materia que pueden combinarse entre sí; pero el cálculo saca las consecuencias y las pone de manifiesto. Para formar los *equivalentes* se ha convenido en representar por 100 la proporcion de ocsígeno, y buscar los números que espresen las cantidades en que los otros cuerpos pueden unirse á 100 de ocsígeno, para producir el compuesto menos ocsigenado. Para encontrar el equivalente del Azufre, por ejemplo, se ha buscado el peso del Azufre capáz de formar con 100 de ocsígeno, la combinacion menos ocsigenada del Azufre, el ácido hiposulfuroso. Una vez determinados los equivalentes, son en estremo útiles, y hacen muy faciles la espresion de las combinaciones.

Para hallar el equivalente en los cuerpos compuestos, basta sumar los equivalentes de los cuerpos constitutivos. El ácido sulfúrico, pues, siendo compuesto de 201,165 ó de un equivalente de Azufre, y de 300 ó tres equivalentes de ocsígeno, la suma de estos dos números, igual á 501,165, es el equivalente del ácido sulfúrico. Del mismo modo 489,92 ó un equivalente de potasio, y 100 de ocsígeno, forman el protócsido de potasio ó potasa; el número 589,92, suma de los dos equivalentes constitutivos, será, pues, el equivalente de la potasa. Si se une ahora un equivalente del ácido sulfúrico, esto es, 501,165, á un equivalente de po-

tasa, igual á 589,92, tendremos 1091,085, equivalente del súlfato de potasa.

A los números abstractos que representan los equivalentes, y que espresan las relaciones de las cantidades ponderales de materia, se puede añadir evidentemente el número de una especie de unidad de peso de cualquier órden, y especificar de esta manera cuál cantidad determinada de materia se combina y se obtiene: para obtener, pues, 501,165 gr. de ácido sulfúrico, es menester unir 201,165 gr. de Azufre á 300 gr. de ocsígeno. Para obtener 589,92 gr. de potasa, deben combinarse 489,92 gr. de potasio á 100 de ocsígeno. Los 501,169 gr. de ácido sulfúrico, combinados con los 589,92 gr. de potasa, dan 1091,085 gr. de sulfato de potasa. Por otra parte 177,03 gr. de Azoe, y 500 gr. de ocsígeno, producen 677,03 gr. de ácido azótico: los 677,03 gr. de este ácido unidos á 589,92 gr. de Potasa, dan 1266,95 gr. de Azotato de potasa ó salitre, en cuyo compuesto, como se demuestra, los 501,165 gr. de Acido sulfúrico del sulfato de potasa son reemplazados por 677,03 gr. de Acido azótico, siendo la misma la cantidad de Potasa é igual á 589,92 gr. de Acido azótico reemplazan, pues, los 501,165 gr. en ambas sales. Los 677,03 gr. de ácido azótico reemplazan, pues, los 501,165 gr. de Acido sulfúrico, y estos dos números, como se vé, se sostituyen,

se equivalen; son los *equivalentes*, en fin, de los Acidos azótico y sulfúrico.

La determinacion de los equivalentes completa la ley de las proporciones múltiplas, porque se encuentra su aplicacion entre los equivalentes de las diversas sustancias.

Teoría atómica.

§ 22. El carácter de fijeza é identidad constante que se observa en los equivalentes es propio de los átomos, como se deduce de las esposiciones precedentes: mas como las propiedades de la masa son las mismas que las de los átomos que las constituyen, es claro que los equivalentes tienen una relacion íntima con los átomos, y que representan el peso de un cierto número de ellos, que es siempre el mismo para cada cuerpo.

Mas no contentándose con esto, y por una consecuencia muy natural, se ha creido ver en 100, equivalente del ocsígeno, no solamente el peso de una cierta cantidad de átomos de ocsígeno, sino tambien el peso de un átomo de ocsígeno, peso relativo bien entendido, peso comparativo, y se ha querido averiguar el peso de los átomos de los otros cuerpos tomando por unidad el peso del átomo de ocsígeno. Aquí principian las dificultades y las hipótesis. En efecto, ¿los

equivalentes representan el peso de un mismo número de átomos de cada cuerpo, y pueden, por consiguiente, ser considerados como el peso relativo de un átomo, ó bien representan el peso de un número de átomos mayor ó menor, segun los cuerpos; y el peso atómico debe por consecuencia ser un múltiplo ó submúltiplo del equivalente? ¿Por ejemplo, en la combinacion de 100 de oxígeno, con 12,4795 de hidrógeno, para formar el protóxido de hidrógeno, ó agua, el número 12,4795, equivalente del hidrógeno representa uno ó muchos átomos de este gas? Para resolver estas cuestiones no es bastante poderosa la esperiencia, pues que nosotros no podemos llegar al átomo: es necesario apoyarse en consideraciones sacadas de otro órden de hechos, de los cuales apenas podemos dar al presente una sucinta idea.

En condiciones idénticas las sustancias gaseosas ofrecen unos mismos fenómenos: el calor las dilata uniformemente, una presion igual las condensa del mismo modo, se combinan entre sí en relaciones de volúmen en estremo simples, y estas mismas relaciones de simplicidad conservan los volúmenes de estos compuestos gaseosos con los volúmenes de los gases constituyentes. De tales fenómenos ha podido deducirse que los gases, en un volúmen igual, contienen un número igual de átomos colocados á igual distancia unos de otros. Pero

si los gases, en igualdad de volúmen y de átomos, tienen no obstante diferente peso, esta diferencia ha de proceder necesariamente de una diferencia en el peso de los átomos: el peso atómico de los gases será, pues, proporcional á su densidad, y como la física nos da á conocer esta densidad, el peso atómico de un gas, del hidrógeno por ejemplo, comparado al del ocsígeno, que supongamos igual á 100, se hallará por la siguiente proporcion:

DENSIDAD			PESO ATÓMICO		
del ocsig.,	del hidrog.;		del ocsig.,		del hidrog.
1,1026 :	0,0687 ::		100 :		X.

$$\text{De donde x ó peso atóm. del hid.} = \frac{0{,}0687 \times 100}{1{,}1026} = 6{,}2398.$$

Comparando este número con el equivalente del hidrógeno, se vé que el peso del átomo de este gas es la mitad de su equivalente; este equivalente representa, pues, dos átomos de hidrógeno: pues para formar el agua se unen dos átomos de hidrógeno á uno de ocsigeno.

El peso del átomo de los cuerpos no gaseosos se ha apreciado por otros procedimientos que no carecen de verosimilitud; y es fácil de comprender cómo puede representarse, por medio de estos supuestos, de una manera muy simple, la

composicion de los minerales por la combinacion de los átomos y por los pesos atómicos. A este método se ha dado el nombre de *teoria atómica*.

§ 23. Siendo ócsidos ó compuestos de ócsidos el mayor número de los cuerpos, y siendo muy simples las relacionas atómicas cuando se comparan los diferentes cuerpos con el ocsígeno, se ha tomado este gas como unidad para la determinacion de los pesos atómicos, representando por 100 el peso de su átomo. Hace algunos años, sin embargo, que muchos químicos toman el peso atómico del hidrógeno por base de sus cálculos, por ser el mas pequeño de todos, dar, por lo mismo, números mas simples, y de una comparacion, por consiguiente, mucho mas fácil é inteligible. Si se toma, pues, el peso atómico del ocsígeno como término de comparacion, y se le supone igual á 100, el peso del átomo de hidrógeno es 6,240, el del átomo de carbono 75,00, el del azoe 88,518: si, al contrario, nos servimos por punto de comparacion del peso atómico del hidrógeno considerándolo igual á 1, el peso del carbono es 6, el del azoe 7, y el del ocsígeno 8.

§ 24. *Notacion química y mineralógica. Fórmulas.*—Se acaba de esplicar cómo la teoria atómica puede dar una idea clara y simple de la composicion de los cuerpos; veamos ahora como se ha querido representar, escribir, esta composicion.

Supongamos que se trata de representar la composicion del agua. El agua resulta de la combinacion de un equivalente de ocsígeno y otro de hidrógeno, ó de un átomo del primero y dos del segundo. Para escribir este resultado analítico de un modo tan claro como conciso, y lo mismo respecto de los demas compuestos químicos, se han elejido signos convencionales, simples y breves.

§ 25. Dar la composicion de un cuerpo, es necesariamente indicar dos cosas: la naturaleza de los elementos que le constituyen, esto es, los átomos constitutivos, y la proporcion relativa de estos mismos, el número respectivo de estos átomos.

Para indicar la naturaleza de los elementos constitutivos se ha convenido en servirse de las iniciales de los nombres latinos de cada cuerpo, cuyos signos hemos esplicado en el párrafo 7. O, segun esto, significa Ocsígeno, S, Azufre (Sulphur), I, Hidrógeno, C, Carbono, Au, Oro (Aurum), etc.

Para indicar el número de los átomos constitutivos los químicos colocan la cifra que representa este número á la derecha del nombre del átomo en la parte superior, en forma de esponente aljébrico: O^3 significa, pues, tres átomos de Ocsígeno: H^2 dos átomos de Hidrógeno. El esponente 1 no se anota; de modo que P, por ejemplo, representa un átomo de Potasio.

Por este método se espresa la composicion de los cuerpos de un modo muy fácil; y para la de algunos es tan simple como se vé en esta cifra H^2O que representa un átomo integrante de agua, resultado de la combinacion de dos átomos de Hidrógeno y uno de Oesígeno. SO^3 significa un átomo de ácido sulfúrico, combinacion de un átomo de Azufre y tres de Oesígeno. Estas representaciones abreviadas se llaman *fórmulas*. SO^3 es la *fórmula* del ácido sulfúrico: H^2O la *fórmula* del agua.

Para indicar colectivamente cualquier número de átomos compuestos, se coloca este número ante la fórmula del compuesto á manera de coeficiente aljébrico: asi $4H^2O$ significa cuatro átomos de agua: $3SO^3$ tres átomos de ácido sulfúrico.

Las fórmulas que acabamos de esponer, en las cuales los átomos se colocan simplemente el uno al lado del otro, bastan para representar los compuestos binarios; mas las fórmulas que representan la composicion de las sales, se escriben separando por una vírgula la fórmula atómica del ácido de la de la base. Esta fórmula KO,SO^3 significa un átomo de sulfato de potasa, compuesto de un átomo de potasa representado por KO, de otro átomo de ácido sulfúrico: Al^2O^5, $3SO^3$ significa un átomo de sulfato compuesto de un átomo de Alumina representado por Al^2O^5, y de

tres átomos de ácido sulfúrico.

Cuando muchas sustancias, cuya fórmula es ya compuesta de dos partes separadas por una vírgula, se combinan formando un compuesto, mas complicado, se indica la combinacion de estas sustancias par el signo *mas* (+) colocado á continuacion de cada una: asi el átomo del alumbre cristalizado se espresa con esta fórmula:

$KO,SO^3+Al^2O^53SO^3+24H^2O$;

que quiere decir, que es el producto de la combinacion de un átomo de sulfato de potasa, mas un átomo de sulfato de alumina, mas veinte y cuatro átomos de agua; ó lo que es igual, un sulfato doble de alumina y potasa hidratado.

§ 26. Siendo muchos los cuerpos ocsigenados, para simplificar las fórmulas, se puede suprimir el signo que representa el ocsígeno, y sustituirle unos puntos colocados sobre el signo que representa el cuerpo ocsigenado, en número igual al de los átomos del ocsígeno: H^2 equivale, pues, á H^2O: $\dot{\dot{S}}$ á SO^3.

Por la misma razon de ser muy considerable el número de los súlfuros, se puede reemplazar el signo del átomo de azufre, por un número de vírgulas igual al esponente que debiera acompañar á este signo: asi $\dot{C}u$ equivale á CuS, fórmula del súlfuro de cobre: $\dot{P}b$ equivale á PbS, fórmula del súlfuro de plomo.

Cuando una base entra por dos átomos en un ócsido, se reemplaza algunas veces el esponente 2 por una barra horizontal que divide la letra como se ve en este ejemplo: $T\not{e}O^3$; y mas simplemente se escribe todavia en esta forma $\dddot{F}e$, en lugar de Fe^2O^3; -H- en lugar de H^2. Se han inventado tambien con el mismo objeto otros medios menos usados.

Todos los signos esplicados se denominan *signos químicos*, porque indican las relaciones químicas. Se usan en mineralogia los *signos* llamados *mineralógicos*, que son unicamente una simple modificacion de los signos químicos, una simplificacion en la representacion de los compuestos ocsigenados.

§ 27. Efectivamente, en las fórmulas mineralógicas, se suprimen todos los signos de ocsidacion, y se escribe en letra cursiva el nombre del cuerpo ocsidado: de este modo *Ca* representa el ócsido de calcio ó cal: *K* el ócsido de potasio ó potasa. Cuando ecsisten muchos ocsidos de un mismo cuerpo se designa el de mas alto grado por la cursiva mayúscula, y el de grado mas inferior por la cursiva minúscula: *Fe* significa, segun esto, el perócsido de hierro, y equivale á Fe^2O^3 ó $\dddot{F}e$: *fe* significa el primer ocsido ó protócsido de hierro y equivale á FeO, ó $\dot{F}$. El agua se representa por *Aq*, abreviatura del nombre latino *aqua*.

Se pasará facilmente de la fórmula mineraló-

gica á la química, y recíprocamente, si se tiene cuidado de conservar siempre las mismas relaciones entre los diversos grados de ocsidacion de cada cuerpo.

Caracteres químicos.--Ensayos.

§ 28. Las *fórmulas atómicas*, representando simultáneamente la naturaleza de las sustancias, y el número de átomos con que cada una concurre á la formacion del compuesto, son el resúmen fiel de los resultados del análisis cualitativa y de la cuantitativa: solo falta, para apreciar la proporcion de materia ponderable de los cuerpos que constituyen las combinaciones, consultar una tabla de los pesos atómicos, y multiplicar el peso del átomo indicado por el esponente dado por la fórmula. La comparacion de las fórmulas de los diversos compuestos sirve tambien á la vez de base y registro á las leyes de combinaciones esplicadas ya. Puede decirse, pues, que las fórmulas son la imágen exacta de la naturaleza quimica de los cuerpos.

Mas es preciso distinguir la *composicion química* de los minerales, de sus *caracteres químicos*. Por el descubrimiento de la composicion química, se penetra, en cierto modo, en la naturaleza íntima del cuerpo y se obtiene un resultado semejante

á este ejemplo: el ácido arsenioso se compone de 2 átomos de Arsénico y 3 de Ocsígeno. Para determinar los caracteres químicos, es suficiente reconocer en el cuerpo una propiedad química sobresaliente y fácil de contestar. Si el mineral pulverizado se mezcla al carbon y se calienta en un tubo cerrado, se reconocerá la presencia del ácido arsenioso por un olor de ajos bien pronunciado: este es un carácter químico que nos dá á conocer el cuerpo pero no su composicion. La composicion como el conocimiento de los caracteres químicos, descansa en la esperiencia y es el resultado de los trabajos de la química, á la cual debe la mineralogia sus descubrimientos; pero la composicion pertenece mas esclusivamente al químico, y los caracteres químicos al mineralogista. El medio de investigacion del primero es el análisis: el del segundo el *ensayo ó prueba*.

El ensayo no puede reemplazar al análisis porque no es suficiente para dar á conocer la naturaleza íntima de los cuerpos: tampoco es preferible al ecsámen de los caracteres físicos. Pero es un poderoso ausilio para el conocimiento de los minerales y no deben despreciarse los recursos prontos y fáciles que nos ofrece para la determinacion de estos.

§ 29. Los principales géneros de ensayos son cuatro: por el *fuego*, la *solubilidad en el agua*,

la accion de los *ácidos* y la de los *álcalis*. Se llaman ensayos por la *via seca*, cuando se emplea el calor para vencer la fuerza de cohesion de las moléculas; y por la *via húmeda*, si triunfamos de esta fuerza por medio de los líquidos. Es muy útil, con frecuencia, la accion combinada de estos dos medios.

§ 30. *Ensayos por el fuego*. El fin que nos proponemos con estos ensayos es demostrar las modificaciones que esperimentan los minerales á una temperatura mas ó menos elevada. Estas modificaciones son de dos especies:

1.º La calcinacion ó la torrefaccion que facilita el desprendimiento de las sustancias volátiles que contienen los minerles.

2.º La fusion, en los minerales susceptibles de fundirse, para observar los fenómenos ó resultados que esta modificacion produce.

§ 31. En el primer caso se practica el ensayo al aire libre, ó en un tubo abierto por una de sus estremidades, y por la otra cerrado, encorvado y terminado en bola hueca que sirve para la colocacion de la sustancia sobre que se opera, la cual debe pesarse: en seguida se calienta por medio de carbones encendidos ó por la llama de una lámpara de espíritu de vino, cuidando de conducir la operacion con lentitud y gradualmente para que no se rompa el tubo, ni la sustancia deflagre. El

principio volátil se desprende mas ó menos pronto, segun las sustancias, y se condensa en parte sobre las paredes de la porcion del tubo que el operador tiene en la mano, donde puede apreciarse fácilmente su naturaleza.

El agua, el ocsígeno, el mercurio, el azufre, el arsénico, el antimonio y otras, son las sustancias volátiles que se desprenden en este ensayo, de las cuales se reconocen algunas muy prontamente. Tambien se reconocen desde luego los hidratos y los compuestos de mercurio, por las gotitas de este metal ó de agua que se condensan en la parte que el pequeño aparato les ofrece una temperatura conveniente.

§ 32. *Uso del soplete.* Cuando se trata de reconocer la fusibilidad de los minerales, podemos servirnos de la simple llama de una bujía, que es bastante para algunos, como la *plata sulfurada*, el *bisunto nativo*, la *criólita (fluoruro de alumina y de sosa)*, etc. Pero los mas requieren una temperatura mas elevada, como la producida por una lámpara alimentada con un fuelle, como la de los esmaltadores, ó por el *soplete* que es el instrumento usado esclusivamente hoy.

El *sopletc* mas sencillo consiste en un tubo encorvado y adelgazado en su estremidad: este es el instrumento de que se sirven muchos obreros para soldar; puede ser de metal ó de vidrio. El so-

plete que usan los mineralogistas presenta algunas felices modificaciones (lám. 1, fig. 1.) En vez de un solo tubo encorvado se compone de dos: uno mas largo (a, a) por el cual se sopla, y otro mas corto ó pico (b) que se aplica á la llama. Estos dos tubos se ajustan en ángulo recto á una caja ó cámara (c), que sirve de reservatorio donde se condensa la humedad del aliento. cuya presencia entorpeceria la operacion si el instrumento no estuviera asi modificado. La construccion particular de este, facilita, ademas, que la cámara pueda limpiarse cuando sea necesario. Al tubo mas corto se añade un canutillo ó tubo movible (d), construido de platina para que no se funda, ni oxide; y para que esta modificacion importante lo sea aun mas, se tienen de ordinario muchos de estos pequeños tubos de diferente diámetro por la parte interior, con el fin de variar la temperatura, que es tanto mas elevada cuanto mas pequeño es el referido diámetro. Los sopletes son de hierro ó plata con e pico de laton.

§ 33. Para servirse de este instrumento se dirije la estremidad del pequeño canutillo que recubre el pico, sobre una llama bastante activa y de una intensidad igual, al mismo tiempo que la corriente de aire producida por el soplo sea de una fuerza constante, para lo cual no se debe obrar con el pecho, porque entonces el cansancio interrum-

piría con frecuencia la continuidad del trabajo: es necesario, pues, que la boca se llene de aire y que los carrillos, funcionando solos á la manera de un fuelle, arrojen el aire en el soplete. Para conseguir esto y vencer las dificultades que ofrece, es necesario habituarse por la práctica al manejo de este instrumento.

§ 34. Aun no basta haberse habituado á sostener sin fatiga una corriente contínua del aire necesario; es preciso aprender tambien á hacer el uso conveniente de la llama. En general es preferible la llama de una bugía á la vela de sebo, porque no tiene como esta el inconveniente de correrse, ni dar humo espeso; ó bien se usa la llama de una lámpara de espíritu de vino que desarrolla un calor mas intenso.

En la llama de la bugía se distinguen, observándola con alguna atencion, muchas partes de dimensiones desiguales, de las cuales pueden señalarse principalmente cuatro (l. 1. f. 2.) En su base se ve una pequeña porcion de color azul sombrío (a b) que se atenua segun se aleja de la mecha, y desaparece en el punto en que la llama se eleva. La parte media es un espacio oscuro (a c) que se distingue al través de la porcion brillante y que encierra los gases emanados de la mecha, los cuales no pueden inflamarse por no estar todavía en contacto con el aire. Este espacio está rodeado de

la parte brillante de la luz de la llama propiamente dicha, al rededor de la cual se observa la última porcion (b d) poco luminosa, cuyo mayor espesor corresponde al vértice de la llama brillante. En esta parte tiene su mayor actividad la combustion de los gases, y el calor, por consiguiente, es aquí mas intenso.

Dirigiendo el pico del soplete al medio de la llama (2. 1, f. 3), cambian las partes su posicion respectiva: delante del dicho pico se manifiesta la llama azul (a b) que rodea á cada momento la base de la llama y que sin embargo está encerrada en su interior, bajo la forma de un pequeño cilindro: en la estremidad de esta llama azul está el máximum de temperatura, como en la llama no activada por el instrumento. Mas en esta el lugar de mayor temperatura será una zona, mientras que allí se concentra á un punto, el cual aprovecha todo el calor desarrollado por la masa de aire condensado que el soplete vierte en el estrecho espacio del medio de la llama, y que antes se estendía sobre todos los puntos de su superficie.

§ 35. En los ensayos al soplete no nos proponemos siempre la fusion de la sustancia: es muy importante producir á nuestra voluntad la *ocsidacion* ó la *desocsidacion*; y para obtener cada uno de estos dos resultados, se opera de dos maneras distintas, que producen, la primera lo que se llama

fuego de ocsidacion y la segunda el *fuego de reduccion*.

Para obtener un *fuego de ocsidacion*, se calienta la materia del ensayo con la estremidad del rayo de la llama, al contacto del aire, donde se reune mayor cantidad de ocsigeno, y se emplea un pico de abertura mas ancha que en los otros casos, con el fin de esparcir la llama.

Para producir la *reduccion*, debe usarse un pico mas fino, apropósito para ocasionar una llama brillante, resultado de una combustion imperfecta, y cuyas partes no consumidas quitan sin cesar el ocsígeno á la sustancia sometida al ensayo. Esta debe calentarse en el interior de la llama, de modo que la porcion brillante le rodée por todas partes y la preserve del contacto del aire.

§ 36. Para sostener el mineral sometido á la accion del soplete se emplean varios medios. Las mas veces se le coloca en una pequeña cavidad practicada con un cuchillo en la superficie de un carbon, cuyo tejido debe ser compacto para impedir que la materia fundida penetre en su masa. Tambien se usan unas pinzas de platina (2. 1, f. 4), con dos ramas en cada estremidad: una de estas (a) se comprime con la mano para asegurar el objeto: la otra (b) es de resorte, permanece naturalmente cerrada y se comprimen dos pequeños botones (cc) para abrirla: en esta estremidad están soldadas dos

pequeñas láminas de platina (b b) terminadas en punta aguda, que sostienen una pequeña lámina en forma de cápsula, una cuchara ó un hilo encorvado del mismo metal, destinados á colocar la sustancia.

§ 37. La fusibilidad ó infusibilidad al soplete es una propiedad, á veces, suficiente para decidir entre dos sustancias de igual aspecto. Por su fusibilidad se distingue la plata del platino: el Granate del Rubí: la Esmeralda blanca del Cristal de Roca.

Tambien caracteriza á una sustancia en grado de fusibilidad, el cual se aprecia por la temperatura que es necesario producir, por el tiempo que tarda en fundirse, teniendo en cuenta el volúmen de los fragmentos y las demas circunstancias.

Pero lo mas importante de contestar son las circunstancias que acompañan á la fusion. Los *arseniuros* esperimentan antes de fundirse una especie de calcinacion, y ecshalan vapores de olor de ajos: casi todos los *hidratos* se hinchan; lo mismo sucede á muchos minerales que contienen ácido bórico, como la *Turmalina*.

§ 38. Estas preciosas indicaciones que obtenemos por medio del soplete, serian muy limitadas si no contáramos, para facilitar la fusion, con determinados *fundentes*, y con ciertos *reactivos* para hacer mas sensibles los caracteres de las sustan-

cias; esto es, con ciertos cuerpos que por su reaccion sobre los principios de un compuesto, ponen en evidencia una de sus propiedades distintivas que nos dá á conocer su naturaleza. Los principales entre estos reactivos son:

1.º El *Borax ó Borato de sosa,* el cual por su tendencia á formar combinaciones fusibles, facilita la fusion de las piedras y los metales, y hace conocer, ademas, los metales á que pertenecen ciertos ócsidos por el color que estos ócsidos son susceptibles de producir.

2.º La *Sosa* ó *Carbonato* y *Bicarbonato de sosa.* Este reactivo produce, como el Borax, compuestos fusibles é infusibles, y tiene principalmente la propiedad de reducir fácilmente los ócsidos metálicos.

3.º La *Sal de fósforo* ó *Fosfáto doble de sosa* y *amoniaco.* El calórico volatiliza el amoniaco de este reactivo, y deja en libertad el ácido fosfórico, que se apodera de las bases, de los ócsidos metálicos por consiguiente, y pone á descubierto, aun mejor que el borax, los colores característicos. La sílice de los silicatos se liqua, con la sal de fósforo, bajo la forma de masa gelatinosa.

4.º *Nitro* ó *Azotato de Potasa.* Este se añade á la materia del ensayo en el momento en que se ha suspendido la accion del soplete, y tiene la propiedad de activar la ocsidacion de las partes que

han resistido al poder de la llama. La materia fundida se hincha, se hace espumosa y se manifiesta la reaccion.

Hasta aquí no nos hemos propuesto enumerar las reglas que deben seguirse en los ensayos al soplete, ni dar á conocer el modo de obrar de cada sustancia en los diversos casos: hemos querido solamente dar una idea de esto, reservándonos enseñar los medios de distinguir, por la accion del fuego los minerales mas importantes, para cuando trazemos la historia de los mismos. Entonces espondremos tambien los principales resultados producidos por los ensayos que vamos á indicar ahora.

§ 39. *Ensayo por el agua.* Esta prueba está limitada á las sales solubles, y consiste en demostrar su grado de solubilidad y su sabor característico, como el *salado* de la *sal gemma*, el *amargo* del *sulfato de magnesia*, el *estíptico y astringente* del *sulfato de hierro*.

§ 40. *Ensayos por los ácidos.*—Debe averiguarse primero si el mineral tratado por un ácido se disuelve ó no en este. En el primer caso se observa si la accion disolvente es lenta ó rápida, si la disolucion es coloreada ó diáfana, si se efectúa con efervescencia ó sin ella, si es completa ó deja resíduo gelatinoso ó terreo. El indispensable ecsámen de todas estas circunstancias, ofrece una multitud de caracteres precisos y muy sensibles. Una solu-

cion de color de rosa indica, pues, el *cobalto*: si es verde caracteriza casi siempre un *mineral cobrizo*. El cobre nativo y el mayor número de metales, producen al disolverse en el ácido nítrico, una efervescencia característica del ácido nitroso. La disolucion de los carbonatos en este mismo ácido, aunque acompañada tambien de efervescencia, carece de olor y color; y entre estos carbonatos la *cal carbonatada* produce una efervescencia viva y rápida, mientras que la producida por la disolucion de la *dolomia* es muy lenta.

§ 41. *Ensayos por los álcalis.*—Los reactivos de este género son muy pocos y se usan rara vez. El amoniaco cáustico, que es uno de ellos, disuelve completamente el cloruro de plata.

Caracteres físicos de los minerales.

§ 42. Llámanse caracteres físicos de los minerales, los que estos presentan sin sufrir alteracion alguna en su naturaleza. Se toman:

1.° De la forma: 2.° de su estractura: 3.° de las propiedades ópticas: 4.° de las propiedades eléctricas y magnéticas: 5.° del peso específico: 6.° de la resistencia á los agentes mecánicos: 7.° de la dilatacion por el calórico y de su conductibi-

lidad para el mismo: 8.° de su accion sobre los órganos de los sentidos: 9.° de la facultad de absorver ó emitir la humedad.

Estos caracteres no tienen todos una misma importancia científica. Ya se ha indicado, esplicando el objeto de la mineralogia (parr. 3), que los caracteres mineralógicos mas constantes y de mas valor, son los que proceden de la *forma geométrica* y de la *naturaleza química* de los cuerpos: la forma es el caracter que sirve de base á la mineralogia y el que por sí solo constituye casi esta ciencia, pues que para apreciar los otros fenómenos que nos dan á conocer los cuerpos, recurrimos á la química y á la física.

§ 43. Las formas que nos ofrecen los minerales son, *regulares ó esenciales* é *irregulares ó accidentales*.

Las formas *regulares*, son debidas probablemente á ciertas propiedades inherentes á la materia, que entran en juego siempre que las moléculas, cuando se reunen para formar un sólido, ceden, *libremente*, á la fuerza de cohesion que determina la formacion de este mismo sólido. Asi como la afinidad química arregla el modo de composicion de los minerales, la cohesion, cuando no se opone algun obstáculo, determina con regularidad el agrupamiento de las moléculas: las formas, pues, que resultan de la accion libre de esta fuer-

za, pertenecen propiamente á los minerales, los caracterizan mejor que los otros fenómenos, y de aquí su nombre de *esenciales*. Ellas ofrecen, además, todas las condiciones geométricas de los poliedros, y por esto se les ha dado tambien el nombre de *regulares*. Los cuerpos brutos que presentan estas formas se llaman *cristales*.

Pero si la accion de las fuerzas moleculares se turba en el momento en que la cohesion aprocsima las moléculas, las formas de los cristales se modifican ó alteran mas ó menos, dando origen á las formas *accidentales*, denominacion que indica haberse verificado el agrupamiento bajo la influencia de circunstancias que han entorpecido la *libre* accion de la cohesion: y tambien se les llama *irregulares* porque en este caso la aglomeracion de las moléculas no ha sido normal, no ha estado sometida á las leyes geométricas.

Vamos á ecsaminar sucesivamente estas dos especies de formas, principiando por el estudio de las regulares, cuya importancia ha podido ya comprenderse por lo que hemos dicho.

Formas regulares: cristales.

§ 44. Mucho antes que la mineralogia geométrica se estableciera sobre bases científicas, se habia observado que muchos cuerpos brutos se

encuentran en la naturaleza bajo la forma de poliedros. Uno de los minerales mas antiguamente conocido por este concepto, es el *Cristal de Roca*; el cual debe esta denominacion á su trasparencia y limpieza, y se hizo estensivo, por consecuencia, el nombre de *cristal* á todos los cuerpos brutos que ofrecen esta forma. Despues de haber anotado sucesivamente los nombres de las sustancias que presentan estos caracteres, se principió á aplicar las matemáticas á su estudio. y Romé de Lilse (en 1772) describió un gran número de cristales, midió sus ángulos y determinó sus proporciones. Mas estos resultados, aunque muy importantes, solamente bastaban para conocer los cristales aislados; no eran aun mas que los elementos esparcidos de una doctrina á la cual debian servir de fundamento. Era necesario coordinar los hechos, ó buscar sus relaciones y sus leyes: era preciso, en una palabra, crear la *Cristalografía*, y la gloria de este descubrimiento estaba reservada á Haüi. Ya esplicaremos la teoría de este célebre mineralogista; mas importa decir antes algo de la *cristalizacion*, etso es, de los procedimientos que se emplean para obtener los cristales y de las circunstancias que acompañan y modifican su formacion.

Cristalizacion.

§ 45. Hemos dicho (par. 43) al dar la definicion de las formas regulares, que los cristales se forman siempre que las moléculas obedecen *libremente* á la fuerza de cohesion, en el momento en que se reunen para formar un sólido. Pero las moléculas no pueden gozar de esta movilidad esencial á la formacion de los cristales, sino cuando el cuerpo se halla en el estado líquido ó en el gaseoso. Por consiguiente, la primera operacion, la operacion esencial á la cristalizacion, consiste precisamente en destruir la cohesion del sólido que se quiere cristalizar; es decir, en hacerle cambiar de estado, para que pueda adquirir otra vez la forma sólida. Esto se consigue por medio de la *disolucion*; y para facilitar esta debe reducirse el cuerpo á pequeñas partículas. Cuando por la accion del disolvente las moléculas del cuerpo han adquirido la independencia y libertad necesarias para la formacion del cristal, es preciso hacer desaparecer la causa de la disolucion para que el sólido pueda formarse de nuevo. La segunda condicion indispensable de la cristalizacion es, pues, la *sustraccion del disolvente*.

Los agentes ordinarios de la disolucion son el agua ó cualquiera otro líquido y el fuego. El procedimiento de disolucion por los líquidos se llama

mas especialmente *solucion*, y cuando se practica por el fuego *fusion* y *sublimacion*. Ya sea un líquido ó ya el calórico el disolvente que se emplée, los cuerpos ecsigen, segun su naturaleza, para disolverse, cierta cantidad del primero y un grado determinado si se someten al segundo medio.

§ 46. Cuando se usan los líquidos para la cristalizacion, puede practicarse esta de dos modos: ó disolviendo el cuerpo en el líquido caliente y dejando enfriar la disolucion, ó se abandona esta á la evaporacion espontánea ó ayudada por un calor suave. Cuando el líquido contiene toda la cantidad de sustancia que puede disolver, se dice que la disolucion está *saturada*.

Si por el primer procedimiento se obtienen cristales, es porque el líquido disuelve mayor cantidad de sustancia cuando está caliente que á la temperatura ordinaria; y la cantidad en que consiste esta diferencia, se deposita necesariamente por el enfriamiento. La formacion de los cristales por el segundo procedimiento, se debe á la imposibilidad de contener el líquido en disolucion cuando su volúmen se disminuye por la evaporacion, toda la cantidad de materia que llevaba al principio: la porcion escedente se precipita en este caso como en el anterior.

La evaporacion puede repetirse en un mismo líquido hasta apurarlo y dará nuevas cantidades de

cristales mientras el cuerpo disuelto no se altere. La cantidad del disolvente que queda despues de la formacion de los cristales en cada una de las evaporaciones, y que contiene todavia partículas del cuerpo disuelto, se llama *agua-madre*.

§ 47. El *agua-madre*, de la cual suele retener alguna parte el cuerpo cristalizado, no debe confundirse con el agua de *cristalizacion*. La primera se encuentra libre en los cristales, retenida solamente entre sus moléculas y puede ser absorvida por un medio cualquiera: la segunda está combinada químicamente con cada molécula del cristal, y se halla siempre en el cuerpo cristalizado en proporcion determinada.

Si el *agua-madre* encerrada entre las moléculas de un cristal contiene sustancias estrañas, altera mas ó menos la pureza del mismo; y en tal caso es indispensable, para obtener cristales puros, recurrir á repetidas disoluciones y cristalizaciones.

La proporcion del agua de cristalizacion varía segun los cristales. Unos carecen absolutamente de ella; otros pueden atraerla ó perderla, otros, en fin, cristalizan con mayor ó menor cantidad, segun la temperatura á que se efectúa la cristalizacion; y sobre todo, es muy digno de notarse que la forma de un cristal varía segun que entra ó no agua en su composicion, y segun su

proporcion en el primer caso. Los cristales deben, en general, su trasparencia al agua de cristalizacion y se vuelven opacos cuando la pierden.

§ 48. Se conocen tambien dos métodos de cristalizacion por el fuego. Consiste el uno en fundir la sustancia y dejarla despues enfriar lentamente hasta que se forme una costra en la superficie, la cual se rompe y se decantan las partes interiores todavia líquidas: por el otro método se reduce la sustancia á vapores, los cuales se condensan y pasan al estado sólido cristalino.

Por el primer procedimiento, esto es, por la *fusion*, se obtiene en el fondo del vaso una capa cristalina, amoldada á las paredes del mismo, bajo la forma de *geoda* ó cavidad cristalina. Así se obtienen los cristales de Azufre y de Bismuto. Por la *sublimacion*, que es el resultado del segundo procedimiento, se obtienen los cristales en la parte superior del vaso, calentándolo por su parte inferior y dejándolo enfriar en seguida: asi puede cristalizarse el Arsénico, el Acido arsénico &c.

§ 49. Los diversos procedimientos seguidos en nuestros laboratorios para obtener los cristales son, al parecer, los mismos que la naturaleza emplea. Asi es que la *sal comun* se estrae en los diversos paises, de las aguas del mar, de las fuen-

tes saladas, del seno de la tierra, siempre bajo la forma cúbica. Por la misma razon en las hendeduras de los terrenos volcánicos en actividad, en Estrongolí, por ejemplo, se encuentran cristales sublimados de *hierro*, de *azufre*, de *arsénico sulfurado*, etc. Ya tendremos ocasiones de citar otros ejemplos.

§ 50. Ademas de estas condiciones esenciales á la cristalizacion, que proceden del principio mismo de la formacion de los cristales, se conocen otras accesorias y ausiliares, las cuales, sino constituyen la esencia misma del fenómeno, son tambien de grande importancia. Influyen unas en la formacion de los cristales y otras en el volumen de los mismos: entre las primeras pueden considerarse el contacto del aire y la presencia de la luz, que favorecen, en general, la cristalizacion: una determinada presion atmosférica es asímismo indispensable para que cristalizen algunas sustancias: la temperatura y el estado higrométrico de la atmósfera ejercen ademas una influencia que es fácil de comprender.

§ 51. Entre las condiciones que favorecen la formacion de cristales voluminosos, son las principales una gran cantidad de disolucion y la concentracion de esta misma. Tampoco es indiferente la forma del vaso en que se opera: porque si es largo y estrecho se obtendrán cristales mas

gruesos que los formados en un vaso ancho y plano. Parèce que la naturaleza misma ha solicitado estas condiciones cuando ha querido producir grandes cristales, porque en las grandes capacidades, en los vastos senos, en el fondo de las hendeduras, es donde se hallan siempre las cristalizaciones mas voluminosas. La inmersion de un cristal ya formado en una disolucion de su propia sustancia y la introduccion en ella de cuerpos sólidos delgados, ayudan tambien al crecimiento de los cristales, ofreciendo, en cierto modo un punto de apoyo á la accion de la cohesion. Esto es justamente lo que sucede en la cristalizacion del azúcar por medio de los hilos atravesados en el vaso.

§ 52. Hay ademas otras condiciones que influyen en la perfeccion de la forma de los cristales. Tales son señaladamente la lentitud de la evaporacion y el reposo: si se abandona á sí misma una disolucion por algunas semanas en un lugar caliente, y el vaso que la contiene permanece en completo reposo, se obtienen cristales gruesos y bien terminados; sí, por el contrario, se acelera la cristalizacion por el movimiento, los cristales serán pequeños y mal configurados. Siguiendo el primer procedimiento es como se obtiene el azucar cristalizado; y por el segundo los cristales mezclados y confusos del azúcar en pasta.

§ 53. En fin, otras condiciones, mas interesantes bajo el punto de vista en que miramos al presente la cristalizacion, influyen sobre la naturaleza misma de la forma. Estas son, en general, *la temperatura de la disolucion, la naturaleza del disolvente y las materias que este puede contener al mismo tiempo que las que cristalizan.*

El alumbre, por ejemplo, demuestra la influencia de las materias estrañas en una solucion: esta sal, cuando el agua es pura cristaliza en octaedros perfectos, (l. 2, f. 4); mas si se le añade el ácido azótico, los cuatro ángulos sólidos de este octaedro son reemplazados cada uno por un plano (l. 2, f. 3); si el ácido que se añade es el bórico, ó si se vierten en la solucion algunas gotas de carbonato de potasa ó de amoniaco, aun si se agita en el licor un carbonato en polvo, se forman cristales cúbicos (l. 2, f. 1.)

La solucion de la misma sal puede servirnos como ejemplo de la influencia de la temperatura: saturada á 100.°, dá cristales octaedros (l. 2, f. 4), pero saturada en vasos cerrados, á una temperatura mas alta, produce los trapezoedros (l. 2, f. 11), y los dodecaedros romboideos (l. 2, f. 7).

Tambien podríamos citar un gran número de ejemplos para probar la influencia de la naturaleza del disolvente; mas nos contentaremos

con hacer mencion del cobre, el cual precipitado de una solucion salina sobre una lámina de hierro, dá cristales que se refieren á una forma regular de cierta especie (al cubo); y fundido, cristaliza en otra forma aunque regular del todo diferente (prisma rectangular).

Estas mismas condiciones han influido al parecer en la forma de las cristalizaciones naturales; y los mineralojistas saben distinguir por la forma de los cristales las localidades de donde provienen, porque esta forma solamente se obtiene con relacion al medio en que la sustancia ha cristalizado. En comprobacion de esto conviene observar que las sustancias obligadas á cristalizar bajo una forma diferente de las que naturalmente hubieran adquirido, no conservan esta forma, sino que se reducen á polvo; y las materias fundidas muy coherentes se agrietean: fenómeno que indica el trabajo interior de un cambio de cristalizacion.

§ 54. Hasta aquí hemos admitido como condicion esencial para la cristalizacion, la disolucion de los cuerpos sólidos, y esta es en efecto la regla mas general; pero se observa ademas, en algunos casos, que las leyes de la atraccion molecular pueden producirla, aun en los cuerpos sólidos, sin que estos hayan pasado por el estado líquido, ni aeriforme. Así es que la bar-

ra de hierro forjado que sirve de eje á un carruaje adquiere una estructura cristalina que se hace evidente por su rotura: el azufre cristalizado en agujas, cambia tambien muy pronto de estructura. En estos casos, la condicion favorable reside probablemente en un movimiento interior, en una especie de vibracion de las moléculas, ocasionada por los sacudimientos mecánicos y mas ó menos violentos que determina la variacion de temperatura.

Cristalografía.

§ 55. Cualquiera que sea la manera natural de formarse los cristales, ó el procedimiento seguido en nuestros laboratorios para obtenerlos, siempre se presentan con los siguientes caracteres comunes é invariarables.

1.º En forma de poliedros terminados por un cierto número de facetas planas, uniformes y brillantes, como si hubiesen sido talladas y pulimentadas; y paralelas casi siempre dos á dos.

2.º Estas facetas forman entre sí ángulos siempre salientes.

3.º Las dichas facetas están, todas á la vez ó por determinado número, dispuestas simétricamente con relacion á una línea que se llama *eje*.

§ 56. Estos hechos generales suelen ofrecer algunas veces escepciones aparentes; pero estas se esplican con facilidad estudiando atentamente el cristal. El *Diamante,* presenta, al parecer, caras curvas, lo que seria contrario á la primera ley; mas esta convecsidad resulta de la sobreposicion de un gran número de pequeñas facetas planas, cuyo conjunto, afecta, en consecuencia, la forma convecsa. Algunas veces, no obstante, este contorneamiento es verdadero, pero accidental y solamente del ejemplar que se tiene á la vista. La causa probable de esta escepcion es el mucho calor desarrollado en el seno de la tierra, despues de la formacion normal del cristal.

Como contrariando la segunda ley, se observan muchos cristales, que aparentan tener en realidad ángulos entrantes: tales son por ejemplo, los minerales de estaño que deben á esta disposicion el nombre de *picos ó puntas de estaño*; tales tambien, (l. 1, f. 13), la Estaurotida (silicato aluminoso de hierro;) pero estos cristales en puntas no están aislados sino reunidos en grupos, y la interseccion mas ó menos profunda de sus caras, es lo que forma el ángulo entrante.

En cuanto al *eje* con relacion al cual estan dispuestos los planos, siempre pasa por el centro del cristal y se termina en dos ángulos opuestos, en centro de dos aristas tambien opuestas, ó en

el centro de dos planos igualmente opuestos. Asi en la figura 5, (l. 1.ª), los tres ejes *m*, *n*, *l*, se cortan en el centro del cubo y en el centro del octaedro, mas en el cubo, pasan por el centro de las caras opuestas, y en el octaedro unen los ángulos opuestos.

§ 57. *Medida de los ángulos. Goniómetro.* =Para confirmar los hechos que acabamos de enunciar, esto es, la naturaleza poliédrica de los cristales, el paralelismo de sus caras, la colocacion simétrica de estas con relacion al eje, es claro que se necesita determinar la inclinacion recíproca de las caras, ó en otros términos, medir los ángulos diedros que forman cada dos caras. La medida de los ángulos es, pues, una operacion fundamental del estudio de los cristales. El instrumento que sirve para medirlos se llama *Goniómetro*.

§ 58. El goniómetro mas simple, pero el menos esacto es el de Haüy, que ha sido ligeramente modificado por los mineralojistas sucesores á este hábil observador. Este instrumento es de los llamados *Goniómetros de aplicacion*, porque se aplican sobre las caras de un cristal para medir sus ángulos. Se compone de dos piezas: una especie de compás y un medio círculo.

El compás se compone de dos láminas, (*alidades ó reglas geométricas*) de acero (l. 1, f. 6. A.

B.), reunidas como las hojas de unastijeras, y movibles al rededor de un eje (c). Estas láminas pueden deslizarse sobre unas ranuras, y aumentar ó disminuir su longitud segun lo ecsijan las dimensiones del cristal. El eje que las reune está atravesado por una pequeña cavidad circular, y una de las reglas tiene en una de sus caras un pequeño perno cuadrado. Para medir el ángulo diedro formado por dos planos de un cristal (d), se aplican sobre estos, con la ecsactitud posible, las dos láminas del instrumento, cuidando de colocar este perno perpendicularmente á la arista de interseccion de los mismos planos. Se aplica en seguida el compás al medio círculo (l. 1, f. 7), el cual tiene en el centro de su diámetro un punto saliente que corresponde á la pequeña cavidad circular del eje de las alidades á la cual se ajusta; y ademas una especie de muesca en la que penetra la porcion saliente de una de las planchas. De este modo la alidada que lleva la porcion saliente queda fija y aplicada sobre el diámetro del medio círculo, y la otra se coloca sobre un punto de la circunferencia (d) é intercepta un arco que varia segun la abertura del compás: este arco es la medida del ángulo diedro. En la citada figura 7, el ángulo medido por el instrumento es de 31.° 30."

Las asperezas que presentan algunas veces

los planos de los cristales, la pequeñez de estos y aun la naturaleza del instrumento, hacen el goniómetro de aplicacion de un uso difícil y de una precision dudosa. Por esto, cuando los planos de los cristales son reflectantes, se prefieren los *goniómetros de reflecsion*, y entre estos los del doctor Wollaston y de M. Babinet. (Nota 1.ª)

Los principales hechos confirmados por medio del goniómetro, pueden reducirse á los dos siguientes: la naturaleza geométrica de los cristales y la constancia de sus ángulos.

Se comprende bien cuan fácil es de establecer que *los cristales son poliédros geométricos*: basta para esto comparar las medidas obtenidas con el goniómetro, con las definiciones dadas por la geometria. Habiendo esta ciencia definido rigorosamente los sólidos, é indicado las íntimas relaciones de los ángulos. las inclinaciones de los planos, la coordinacion de estos en cada especie de poliédro. se conocerá que el cristal que se estudia es un sólido geométrico de tal ó tal especie, observando si concurren en él todas las condiciones que la geometria ecsije para qne una de sus definiciones pueda aplicarse al cristal. La geometria define el *cubo* por ejemplo, como un paralelepipedo rectangular y derecho, comprendido en seis cuadrados iguales: si el cristal que ecsaminamos por

medio del geniómetro tiene todos sus planos paralelos dos á dos, sus ángulos rectos é iguales, ya no nos quedará duda de que es un *cubo*. Los cristales por consecuencia de su naturaleza geométrica, reciben los nombres de los sólidos geométricos á que corresponden: así serán tetraedros, cubos, octaedros, dodecaedros, icosaedros, etc., nombres que se derivan, en general, del número de los lados, de su forma, ó de su colocacion.

§ 60. Cuando se dice que *los ángulos de los cristales son constantes*, se entiende que tienen un valor constante en los cristales del mismo nombre, de una misma sustancia. Así, cualquiera que sea la localidad de donde proceda el hierro olijisto, y cualquiera que sea el volúmen del ejemplar que se ecsamina, el ángulo diedro obtuso que forman los planos del romboedro entre sí, será siempre de 86.° 10"; el mismo ángulo, en un romboedro de cal carbonatada, es siempre de 105.° 5"; etc.

Los dos principios notables que acabamos de enunciar, como confirmados por el goniómetro, no podrian servir por sí mismos de bases inmediatas á una teoria cristalográfica; pero permiten que el mineralojista se dedique al estudio comparativo de los cristales, garantizándole la estabilidad de las leyes á que está sometida su

formacion. Esta comparacion y otras operaciones de que hablaremos en seguida, han conducido á los resultados fundamentales y á las consideraciones teóricas en que descansa la ciencia de los cristales.

Vamos á considerar ahora los cristales aislados, y despues ecsaminaremos los principales hechos que nos ofrece su agrupamiento.

Clivaje: Forma primitiva. Formas secundarias. Descrecimientos: Modificaciones.

§ 61. *Clivaje.*—Muchos cristales tienen la propiedad de dejarse dividir mecánicamente en láminas delgadas, de superficie lisa y limpia, y cuya direccion es constante en un mismo mineral. Esta division natural y regular, se designa con el nombre de *clivaje*, espresion tomada de los lapidarios. Se distingue de la fractura por el pulimento natural y la forma laminosa de las partes.

En algunas especies esta separacion se verifica con estremada facilidad: todos saben que la cal sulfatada ó piedra de yeso, conocida vulgarmente con el nombre de piedra de Jesus, se deja dividir con el cuchillo, y sin necesidad de choque al-

guno, en laminitas brillantes. Mas no es esto lo general, sino que para efectuar la division suele ser necesario emplear una gran fuerza mecánica: la percusion viva de un martillo, la accion de un escoplo ó de otro instrumento cortante que se ensaye en la direccion presumida de las láminas y sobre el cual se den golpes repetidos con algunos intérvalos. Algunas veces la elevacion ó el descenso repentino de la temperatura, determina esta division en una sustancia cristalizada que ha resistido á los medios mecánicos.

Muchas veces esta descomposicion de un cristal no se indica claramente, sino por unas pequeñas estrias ó lineas naturales trazadas sobre sus planos y contínuas en direcciones constantes (l. 1, f. 11). Tambien sucede que estos indicios se reducen á algunos visos ó reflejos que se distinguen en lo interior del cristal cuando se mueve espuesto á una luz viva.

§ 62. En algunos minerales, la division de que hablamos solamente puede verificarse en un sentido, y descubre una sola estructura laminosa, en otros se distinguen dos direcciones, que no dan, por consiguiente, por resultado ningun sólido determinado.

Pero por lo comun un cristal presenta cuando menos tres direcciones de láminas, y la direccion conduce, en este caso, á un sólido com-

prendido bajo los planos separables. Si la division se efectua paralelamente á las caras del cristal que se divide, el sólido que resulta reproduce la forma misma del cristal, y es una representacion del mismo en menores dimensiones. Si, al contrario, las nuevas caras puestas á descubierto por la division no son paralelas á las del cristal que se divide, el sólido obtenido por la prolongacion de los planos hasta su encuentro, será diferente del sólido primitivo.

§ 63. *Forma primitiva. Núcleo central. Forma secundaria.*—Al sólido obtenido por este procediento se le llama sólido divisible, al cual dá Haüy la denominacion de forma primitiva ó núcleo.

Por consideraciones teóricas que este célebre mineralojista estendió á los cristales que no pueden someterse á aquella division consideró, en consecuencia que todo cristal encierra en su interior este *núclo central*, sobre cuyos planos se han sobrepuesto simétricamente capas de moléculas que han dado origen á la forma del cristal mismo; y distinguió esta última forma con el nombre de forma secundaria. Cuando el clivaje es paralelo á cada uno de los planos de un cristal, la forma secundaria de este es de la misma espe cie que la forma primitiva; y puede ser considerada como tal.

El Fluor *(Fluoruro de calcio)*, que cristaliza en cubos, y la Galena *(Súlfuro de plomo)* que se presenta en octaedros, nos servirán de ejemplos para la mas fácil comprension de esta idea fundamental de la cristalografia.

El primero de estos minerales, esencialmente laminoso, ofrece cuatro direcciones de láminas que permiten dividirlo sobre cada uno de sus ocho ángulos sólidos, como se vé en la fig. 2 (l. 2): continuando en quitar láminas paralelamente á cada uno de los pequeños planos así obtenidos, se llega á un sólido que se aprocsima cada vez mas al octaedro, como en la fig. 3, y la operacion conduce, en fin, al octaedro regular, contenido en el cubo, como se observa en la fig. 4 (l. 2), y en la fig. 5 (l. 1). Este octaedro será la *forma primitiva*, el *núcleo* del cubo de Fluor; este cubo mismo será una *forma secundaria*.

En la Galena, ecsisten tres direcciones rectangulares; de modo que el octaedro puede ser descompuesto sobre sus seis ángulos sólidos, como en lafig. 3 (l. 2), y la ablacion de láminas sucesivas conduce evidentemente á un cubo: este cubo será el *núcleo*, la *forma primitiva*, de la Galena; el octaedro será su *forma secundaria*.

§. 64. Ademas de las descomposiciones que conducen á la forma primitiva y que son llamadas

principales ó *esenciales*, presentan tambien otras, ciertos minerales, que conducen á alguna forma derivada, y que se distinguen con los nombres de *suplementarias* ó *supernumerarias*. Las primeras son generalmente mas puras y mas fáciles que las segundas.

Cualquiera que sea por otra parte el grado de pureza de los clivajes que ofrecen los diversos planos de un cristal, es siempre el mismo en una misma sustancia, y tan constante como la direccion de los clivajes mismos. Ecsiste, pues, entre el clivaje y la forma cristalina, una relacion muy notable que caracteriza la sustancia y hace conocer en cierto modo su propia organizacion. Despues de la observacion siguiente se comprenderá todavia mejor la importancia de esta relacion: una misma sustancia mineral no cristaliza siempre bajo una misma y única forma; y sin embargo, *cualquiera que sea el número de formas que pueda presentar un mismo cristal, todas ellas admiten los mismos clivajes, conduciendo al mismo sólido primitivo.*

De estos hechos generales se desprenden muchas consecuencias.

§ 65. *Molécula integrante. Descrecimientos. Modificaciones.*—Pues que quitando sobre cada uno de los ángulos sólidos del cubo, láminas sucesivas y sucesivamente mayores, se llega, en fin, á un octaedro, como se ha demostrado en el fluor, (pár. 63) es evidente que se puede, por el contrario, considerar cada ángulo sólido del cubo como naciente, por la sobreposicion de láminas sucesivamente mas pequeñas, sobre cada uno de

los planos del octaedro. Y esta hipótesis, cuya justicia es manifiesta en el cubo con relacion al octaedro, puede ser evidentemente aplicada á todas las formas secundarias consideradas con relacion á su forma primitiva.

A esta hipótesis han conducido los hechos obtenidos por el clivaje, los cuales sujirieron á Haüy su teoría de los *descrecimientos*, por medio de la cual se esplican tan fácilmente las leyes que hacen derivar las formas unas de otras.

Para comprender bien la esencia de esta teoría, supongamos que despues de haber dividido en láminas un cristal cúbico en el sentido de sus tres caras, hemos llegado al límite estremo de la division mecánica, á lo que se llama *molécula integrante*; la cual, en esta especie, será un cubo. Si concebimos, no obstante, que sobre cada cara del cristal cúbico (l. 1, f. 9,) se sobreponen las placas sucesivas (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*,) cuyo espesor iguala al de la molécula integrante, y su anchura disminuye progresivamente de una molécula á derecha é izquierda, se llegará en fin á una última placa compuesta de una sola molécula (*h*).

Mas como la molécula integrante se supone infinitamente pequeña, cada placa no escederá á la que le sigue sino en una cantidad insensible; de modo que la escalera formada por estas láminas descrecentes, cuyos grados sucesivos se demuestran en la figura, es en realidad insensible ella misma. El conjunto de las aristas asi formadas, dá pues orígen á una cara secundaria tangente sobre cada arista del cubo primitivo, co-

mo se observan dos en la perspectiva de la fig. 9, (l. 1): la una h en i, la otra i en m. El dodecaedro comprendido bajo todas las caras secundarias formadas de este modo, deben su origen al descrecimiento de una hilera en altura y de otra en anchura sobre cada arista en el cubo, es decir, paralelamente á cada una de estas aristas.

Se concibe fácilmente el descrecimiento, ya tenga lugar por dos ó muchas hileras en anchura ó altura, ó ya se verifique sobre los ángulos en vez de hacerse sobre las aristas. Todas estas suposiciones, combinadas entre sí y aplicadas á sólidos primitivos diferentes, conducirán á formas secundarias diversas, las cuales comprenderán todos los cristales tan variados que conocemos.

§ 66. Adoptando este método, pueden representarse las formas secundarias como el resultado de ciertas y determinadas *modificaciones*, verificadas sobre las diferentes partes de la forma primitiva.

Las diversas especies de *modificaciones* se distinguen por nombres particulares.

Se llama truncadura sobre los ángulos ó sobre las aristas, las pequeñas caras que, sin destruir la forma general, reemplazan los ángulos ó las aristas del sólido primitivo en el sólido derivado. Las facetas *a* (l. 2, f. 2) son truncaduras sobre los ángulos del cubo primitivo; las facetas *b* (f. 5, l. 2) son truncaduras sobre las aristas.

El *bisel* es la reunion de dos planos que sostituyen á uno solo, y están reunidos por una arista llamada la arista del bisel.

Si en lugar de dos planos se encuentran muchos que se cortan en un punto, se forma entonces un *apuntamiento*, que puede ser triple, cuadruple, etc., segun el número de planos.

Inútil es observar aqui que estas diversas espresiones sirven nada mas que para representar teóricamente las modificaciones que ligan las formas secundarias á las derivadas, y que la naturaleza no constituye al principio un cristal para separarle despues los ángulos ó las aristas. Los cristales adquieren, desde su orígen, las formas que los caracteriza, y aumentan de volúmen por la sobreposicion de las moléculas cristalinas.

Ley de Simetría. Escepciones aparentes.

§ 67. Los tránsitos de una forma fundamental á sus derivadas, por las modificaciones que acabamos de definir, se verifican segun una ley constante, llamada *ley de simetría*, la cual puede ser enunciada en estos términos:

En todo cristal, las partes de una misma especie están modificadas simétricamente y de la misma manera en su conjunto; las partes de especie diferente están modificadas aisladamente ó de una manera diferente.

Por *partes de una misma especie* debe entenderse las caras, las aristas, ó los ángulos sólidos que son iguales y semejantemente colocados. Segun esto, todas las aristas de un cubo (l. 2, f. 1) son de una misma especie, porque son iguales y colocadas en la intercepcion de planos que forman entre sí ángulos iguales. Por el contrario, en

un prisma romboidal, (l. 2, f. 32) las cuatro aristas laterales, aunque sean iguales, son no obstante, de diferente especie, porque dos de ellas se encuentran en la conjuncion de planos reunidos en ángulo agudo, y las otras dos en la de planos que forman ángulo obtuso.

Segun la ley de simetría, si todos los ángulos ó todas las aristas de un cristal son de una misma especie, como sucede en el cubo, en el octaedro, regular en el tetraedro, estas partes deberán quedar todas intactas, ó modificarse todas á la vez y de la misma manera. (l. 1, f. 5; l. 2, f. 1, 2, 3, 4, 5). Si estas partes son de especies diferentes, como puede observarse en el prisma recto de base cuadrada, (l. 2, f. 29) en el cual las ocho aristas de las bases son de una misma especie, y las cuatro aristas laterales perpendiculares á las bases, son en su conjunto de una especie diferente de las primeras, ecsistirán dos especies de modificaciones, que pueden tener lugar á un tiempo mismo ó independientemente la una de la otra. En una palabra, hay tantas especies de modificaciones que pueden ecsistir aisladamente, como especies de partes se conocen.

Cuando se dice que las modificaciones se hacen de la *misma manera*, se entiende que las facetas modificadoras que reemplaza una arista, estando inclinada en cierta cantidad sobre uno de los dos planos adjacentes, presenta las mismas inclinaciones para todas las aristas de la misma especie. Cuando por el contrario, unas facetas reemplazan aristas que no son de la misma especie, las modificaciones tienen lugar de *una ma-*

nera diferente, esto es, las inclinaciones sobre los dos planos adyacentes no tienen el mismo valor para las facetas de una especie por una parte y para las de especie diferente por otra.

En general, una faceta que reemplaza una arista situada en la intercepcion de dos planos iguales, está igualmente inclinada sobre estos dos planos; mientras que su inclinacion es desigual, cuando la arista que sostituye está situada entre dos planos desiguales.

Lo que se acaba de decir de las aristas se aplica igualmente á los ángulos sólidos.

§ 68. Algunos cristales, cuyo número no escede de once, (n. 2) presentan modificaciones que no están comprendidas, segun parece, en las leyes de simetría, tales como acabamos de esponerlas. Mas estas escepciones son tan solo aparentes, y tienen su orígen en un órden de fenómenos particulares, cuya esplicacion nos ha dado M. Delafosse.

Segun la ingeniosa hipotesis de este hábil mineralojista, la definicion de las *partes de la misma especie*, tal como la hemos dado segun Haüy, es incompleta: ella funda la identidad únicamente sobre condiciones geométricas, mientras debería comprender tambien las condiciones físicas, esto es, la forma y colocacion interior de las formas cristalinas integrantes. Dos ejemplos, tomados de la *Boracita* y *Pirita*, servirán para esplicar á la vez en qué consiste la disimetría, y como la hipotesis de Mr. Delafosse satisface estas anomalías, al mismo tiempo que sirviendo de complemento á la definicion de las partes idénticas, hace que

estas escepciones queden comprendidas en la regla.

La *Boracita* (magnesia boratadà) cristaliza en cubos; por consiguiente todas sus caras iguales se encuentran en ángulo recto; y sus ocho ángulos sólidos presentan la condicion geométrica de la identidad: estos ocho ángulos de la misma especie, todos deberán ser modificados á la vez y de la misma manera. Los cristales cúbicos, no obstante, de la *Boracita*, tienen frecuentemente una truncadura sobre cuatro de sus ángulos; mientras que los otros cuatro no presentan faceta alguna, y los ángulos modificados son opuestos, sobre una misma diagonal, á los ángulos que permanecen intactos: parece, pues, que la ley de simetría no ha sido observada. Esta consecuencia parece en efecto legítima si se atiende solamente á la naturaleza geométrica de las partes, y si se toma el cubo por la forma de la molécula integrante, pero si se admite, con M. Delafosse, que la molécula integrante es un tetraedro regular, y que el cubo (l. 1, f. 10, y l. 2, f. 22) resulta de la colocacion de estos tetraedros sobre ejes paralelos entre sí, desaparece la anomalía. Se vé, en efecto, observando la f. 10, (l. 1) que todos los tetraedros elementales vuelven su punta hácia un ángulo del cubo, y su base hácia otro ángulo: y que, en consecuencia, los ángulos *a*, *b*, *c*, *d*, que son de la misma naturaleza, deben presentar una truncadura, mientras que los ángulos diagonalmente opuestos (*b'* á *b*; *c'* á *c*; *d'* á *d*; el ángulo opuesto á el ángulo *a*, no es visible en la figura) los cuales son de naturaleza diferente, deben quedar intactos. La ano-

malía, pues, es aparente; una modificacion particular de estructura, una modificacion *física* ocasiona este cambio de simetría *geométrica*, y el principio general que rije las modificaciones de los cristales halla su aplicacion rigorosa. Debe notarse que esta particularidad de cristalizacion de la *Boracita*, coincide con la existencia de cuatro ejes de electricidad que corresponden á los cuatro diámetros del cubo. Todos estos fenómenos correlativos é intimamente ligados entre sí, dan en efecto una grande importancia á la esplicacion física de las anomalías de simetría.

La *Pirita* (hierro sulfurado amarillo) cristaliza tambien en cubos con estrías paralelas á las aristas en todas sus caras que pueden considerarse como indicios de clivaje (l. 1, f. 11) y que han servido para dar á esta especie el nombre de *trigtifo*. Sus aristas son geométricamente idénticas; sin embargo, nada mas que la mitad son constantemente modificadas, y las facetas paralelas son las que faltan (l. 2, f. 23 y 24). El sólido de veinte y cuatro caras que resultaria de las modificaciones de todas las aristas, está reducido de este modo á doce, y es el dodecaedro pentagonal (l. 2, f. 25). Si se toma el cubo por molécula integrante, la ley de simetría sufre, al parecer, una escepcion; y no se puede por otra parte, en este caso, considerar el tetraedro como se ha hecho en la Boracita. Pero si se supone que el cubo de la Pirita es formado por una reunion de prismas rectangulares derechos, serán diferentes las caras del cubo; por consecuencia, las aristas no serán ya de la misma especie, (pár. 67) y las caras

que nacen sobre la base del cubo no deberán reproducirse ya sobre los lados, en virtud de la misma ley de simetría, que parecia violada al principio.

La teoría de M. Delafosse exije, pues, que se modifique la definicion de las partes idénticas, añadiendo á ella la consideracion de la naturaleza física de estas partes, segun la determinacion de la molécula integrante: porque segun la forma de esta molécula, se esplica la forma del cristal y la identidad se establece segun su naturaleza. Las condiciones geométricas no son desde entonces, en cierto modo, sino una consecuencia de las condiciones físicas.

Sistema cristalino. Tipo cristalino. Variacion de formas.

§ 69. *Sistema cristalino. Variacion de formas.*—Si cada sustancia mineral poseyera una forma especial y única, estaría caracterizada y se distinguiría á la vez por su composicion química y por las formas de su cristales. Mas como se ha anunciado (par. 64) no sucede asi, y un mismo mineral puede presentar cristales de formas muy variadas y en tan gran número, que en algunos pasan de 800. Sin embargo de esta variedad, todos los poliedros que pertenecen á una misma sustancia, no constituyen cuerpos aislados sin vínculo alguno entre si; sino que se refieren los unos á los otros, como ya se ha visto, (pár. 67 y 68) por medio de leyes constantes. El conjunto de las leyes generales de simetría, á las cuales están

sujetas siempre las variadas formas cristalinas de una misma sustancia, derivándose de una misma forma fundamental, constituye el *sistema cristalino* de estas.

Algunos ejemplos aclararán mas esta definicion.

El *diamante* se encuentra bajo la forma cúbica (l. 2, f. 1); pero mas comunmente bajo la de octaedro regular (f. 4), cuya generacion sobre el cubo tiene lugar por las truncaduras de todos los ángulos sólidos. Tambien se encuentran ejemplares en los cuales estas truncaduras sobre los ángulos del octaedro (f. 3) indican el tránsito á la forma cúbica: dodecaedros romboidales (f. 7), que nacen de las truncaduras sobre las aristas del cubo. Estas variadas formas del diamante todas están ligadas geométricamente entre sí, y se derivan naturalmente de modificaciones simétricas, cualquiera que sea, por otra parte, la forma que se considere como primitiva; ellas forman el *sistema cristalino* del *Diamante*.

El *sistema cristalino* de la *Pirita* comprende las formas del cubo, del octaedro regular, del dodecaedro romboidal, que se derivan las unas de las otras, como sucede en el Diamante: la del dodecaedro pentagonal (fig. 25), que toma orígen del modo que se ha esplicado hablando de las anomalias de simetría (pár. 68): la del icosaedro (sólido de veinte caras, fig. 26), producida por la adicion de ocho caras á las doce del dodecaedro pentagonal, por medio de una truncadura sobre cada uno de los ocho ángulos sólidos regulares de este último; y otras formas que resultan de

las diversas combinaciones de las formas precedentes.

En el *sistema cristalino* de la *Barita sulfatada*, uno de los mas ricos en variedades cristalinas, el prisma romboidal derecho (f. 32) dá la forma primitiva, á la cual se refieren segun las leyes de simetría, y por diversas modificaciones, el prisma derecho rectangular (f. 31), diferentes prismas romboidales, el octaedro rectangular (f. 33), etc.

El *sistema cristalino* de la *Estronciana sulfatada* se deriva de un prisma recto romboidal, por diferentes modificaciones, biseles, apuntamientos, etc., que producen diversos prismas.

§ 70. *Tipo cristalino.*—Es necesario distinguir con cuidado el *sistema cristalino* del *tipo cristalino*. El *tipo* es la naturaleza de la forma fundamental á la cual se refieren las formas derivadas, haciendo abstraccion de las dimensiones y del valor de los ángulos.

Asi, segun los dos últimos ejemplos del párrafo precedente, la *Barita sulfatada* y la *Estronciana sulfatada* poseen un mismo *tipo cristalino*, pues ambos tienen por forma primitiva un prisma recto romboidal; pero en el primero de estos minerales el prisma está determinado bajo el ángulo de 101.° 42'; mientras que en el segundo el ángulo es de 104.°

Aunque las dos sustancias que acabamos de citar corresponden á un mismo tipo cristalino, no tienen, pues, una misma forma primitiva; y por consiguiente, poseen sistemas cristalinos diferentes, pues que siendo el sistema cristalino de una

sustancia, el conjunto de las leyes que ligan las formas secundarias á la forma primitiva, comprende necesariamente la medida de las dimensiones y de los ángulos de esta última forma.

En la descripcion de los cristales la palabra general *sistema* designa las mas veces sustancias que pertenecen al mismo tipo: por esto se dice que la *Barita sulfatada* y la *Estronciana sulfatada* cristalizan en el mismo sistema; que el *Diamante* y la *Pirita* cristalizan tambien en un mismo sistema. Es necesario distinguir bien esta espresion general, que reune sustancias diferentes por un tipo comun: ya la esplicaremos mejor (pár. 77), y la distinguiremos de la palabra *sistema cristalino* de una misma sustancia.

§ 71. *Causas de las variaciones de formas en un mismo sistema cristalino.*—Parece admirable que una misma sustancia pueda representarse bajo variadas formas, y que partículas semejantes no se reunan siempre de la misma manera, sometidas á la influencia de la fuerza de cohesion. Ya hemos citado los hechos (pár. 53) que demuestran cómo las diferentes circunstancias esteriores en que se verifica la cristalizacion, modifican este resultado: la influencia, pues, de estas causas es, segun parece, lo que hace variar, en la naturaleza como en nuestros laboratorios, la forma especial que la composicion química impusiera á los minerales.

Relaciones entre la forma cristalina y la composicion química.

Isomorfismo. Dimorfismo.

§ 72. Ya sabemos que el descubrimiento de la forma primitiva y el de las leyes de simetría que ligan las formas secundarias entre sí y con la forma primitiva, condujeron á Haüy á establecer para cada sustancia un grupo en el cual reconoció la unidad cristalina bajo la variedad de formas y que denominó sistema cristalino. Este ilustre mineralojista dedujo dos consecuencias fundamentales de la comparacion de los sistemas cristalinos de minerales diferentes: de estas consecuencias formuló leyes que espresasen las relaciones ecsistentes entre las formas cristalinas y la composicion química.

Véanse los principios de que hablamos:

1.º *Cuando los minerales tienen una idéntica composicion química, tienen siempre un mismo sistema cristalino, y los valores de los ángulos de la forma primitiva son los mismos.*

2.º *Cuando los minerales difieren por su composicion química, su cristalizacion es tambien diferente; y en el caso que los minerales posean un sistema cristalino análogo, sus formas primitivas admiten ángulos diferentes.*

Segun estas leyes, se reconocen, pues, tantos sistemas cristalinos como hay sustancias minerales diferentes; y dos sustancias diferentes que se refieran á un mismo tipo cristalino, se distinguirán por el valor de los ángulos de su forma típica. Los ejemplos de que nos hemos servido

(pár. 70), sostienen y confirman estos principios.

No es sin embargo tan absoluta la generalidad que Haüy concedió á estas leyes: se encuentran, por una parte sustancias minerales diferentes por su composicion química, que poseen, no obstante, un mismo sistema cristalino; y por otra, sustancias que presentan una misma composicion química y dos sistemas cristalinos. Estudiaremos estas dos especies de escepciones, designadas con los nombres de *Isomorfismo* (forma semejante) y *Dimorfismo* (forma doble).

§ 73. *Isomorfismo.*—Se dice que hay *isomorfismo* cuando sustancias minerales de una composicion química diferente pertenecen, no obstante, á un mismo tipo cristalino: el Azufre y el Selenio se combinan con el Plomo, la Plata, el Zinc, etc., y dan orígen á cristales de forma idéntica; la Magnesia, la Cal, el Protócsido de Hierro, el Protócsido de Manganeso y otros pueden tambien reemplazarse mútuamente en una combinacion y en cualesquiera proporciones, sin alterar su forma; ademas, combinados con un ácido, forman sales muy semejantes por la misma propiedad. Los cuerpos que pueden sustituirse de este modo en una combinacion, se llaman *isomorfos*. Mas para que esta *sustitucion*, que constituye esencialmente el isomorfismo, pueda tener lugar, es necesario que las cantidades de los cuerpos isomorfos que se sostituyen, estén en la misma relacion atómica con las cantidades de las otras sustancias componentes. Un ejemplo hará mas palpable esta condicion fundamental del isomorfismo.

La *Augita* que se encuentra en los volcanes. y el *Diopsido*, que se halla en filones en los Alpes, ambos tienen los ángulos de un mismo valor en la forma de un prisma romboidal oblicuo; pero ofrecen por su composicion las variaciones siguientes:

Augita		*Diopsido.*	
Silice.	49, 01	Silice. .	54, 64.
Cal.	21, 87	Cal. . .	24, 94.
Protócsido de hierro	27, 45	Magnesia.	18, 30.

Conteniendo estos dos cuerpos en su composicion la Silice y la Cal, difieren entre sí por el tercer factor, que es el *Protócsido de Hierro* en el primero y la *Magnesia* en el *Diopsido*. Pero si se busca la relacion atómica que ecsiste entre sus elementos, apreciando las cantidades de ocsígeno que cada uno de estos contiene, se obtendrá este resultado:

Augita.	Ocsígeno.	Relaciones.	*Diopsido.*	Ocsígeno.	Relaciones.
Silice. .	25, 45	4	Silice. .	28, 34	4
Cal. . .	6, 13	1	Cal. . .	7,	1
Protócsido de hierro.	6, 26	1	Magnesia	1, 10	1

Por cuatro átomos de Silice y uno de Cal, contiene, pues, la Augita uno de *Protócsido de Hierro*; y el Diópsido un átomo de *Magnesia* por otro de Cal y cuatro de Silice. El *Protócsido de Hierro* y la *Magnesia* se encuentran, por consecuencia, en las condiciones ecsijidas para la *sostitucion*, y

pueden reemplazarse el uno por el otro en los dos compuestos sin alterar la forma cristalina: son, pues, *isomorfos*.

Esta notable teoría, debida á M. Mitscherlich, haciendo entrever la composicion química bajo un nuevo punto de vista, somete á la ley establecida por Haüy los minerales cuyo isomorfismo, considerado de una manera absoluta, ocasionaba al parecer anomalías. En efecto, para que dos minerales tengan la misma composicion, no es necesario, sin embargo, que contengan esacta y materialmente iguales pesos de los mismos cuerpos; es suficiente que contengan en una relacion idéntica, cuerpos que puedan desempeñar el mismo papel, de cuerpos isomorfos. Despues de hecha esta observacion y definiinada tambien la composicion química, se ve que el isomorfismo no destruye, en su mayor generalidad, la ley de Haüy.

§ 74. En ciertos casos pueden circunstancias esteriores determinar el isomorfismo: tales son las que dan por resultado hacer idéntica la composicion de cuerpos que no poseian esta condicion para ser isomorfos. Las sales, por ejemplo, que contienen agua en su composicion, adquieren una cantidad de este líquido que varía segun la temperatura en que cristalizan, y que es determinada, para cada uno; á una temperatura fija. Dos sales hidratadas, por consiguiente, tienen ó no una idéntica composicion, y son ó no isoformas, segun que cristalizan ó no á la temperatura conveniente para cada una. Muchas veces tambien la combinacion del agua en pro-

porciones determinadas es auxiliada por la presencia de otra sal en la solucion: asi es como el sulfato de cobre adopta la forma del sulfato de hierro, cuando la solucion contiene esta última sal; en este caso el sulfato de cobre toma una cantidad de agua diferente de la que contendria si no concurriese el sulfato de hierro. Verdad es que no es entonces la misma sal.

§ 75. *Dimorfismo.*—El *dimorfismo* consiste en que sustancias minerales de una misma composicion atómica, cristalizan bajo formas incompatibles, bajo formas que pertenecen á sistemas cristalinos diferentes. La piedra calcárea (carbonato de cal) nos ofrece el egemplo mas antiguo de esta propiedad: esta sustancia se conoce bajo el nombre de Espato de Islandia cuando se cristaliza en romboedros, y se distingue con el de Arragonito cuando cristaliza en prisma romboidal recto. Una decena de sustancias (nota 3.ª) ofrecen esta notable derogacion, la cual lleva consigo variaciones de las otras propiedades físicas, y constituye una verdadera escepcion de los principios que establecen una relacion constante entre la forma geométrica y la composicion química. Con todo, el pequeño número conocido de sustancias dimorfas, permite todavia aceptar estos principios como la espresion mas aproximada á la verdad.

§ 76. El dimorfismo depende en gran parte, segun parece, de la influencia de circunstancias esteriores, como lo demuestran las condiciones en que ciertas sustancias, citadas en la nota, deben encontrarse para cambiar de forma: el Azufre, conocidamente, y las sales comprendidas en el núm.

10, prueban esto de un modo evidente. Hablando de la cristalizacion (pár. 53) hemos producido tambien egemplos de esto mismo. De ellos resulta que la temperatura modifica principalmente la colocacion de las moléculas, y por consecuencia, el sistema cristalino. Puede tambien añadirse á lo dicho, que un cambio de temperatura basta á veces para conducir las dos formas de una sustancia á un mismo sistema cristalino: el Arragonito decrépita cuando se calienta fuertemente, cuyo fenómeno, que anuncia las modificaciones que esperimenta el cristal en su estado molecular, le hace pasar al sistema romboidal del Espato de Islandia.

Grupos cristalinos.

§ 77. Segun las observaciones que preceden, y teniendo en consideracion las pocas escepciones que presenta el dimorfismo, se puede decir que casi todos los minerales poseen cada uno su particular sistema cristalino; pero como existen muchas especies minerales, el número de sistemas cristalinos es en sí mismo considerable, y los estudios cristalográficos serian muy estensos y dificiles, si la comparacion de todos los sistemas cristalinos no nos descubriese caracteres por los cuales podemos aproximarlos ó distinguirlos, y establecer de este modo una exacta division de distintos grupos. Tal es el resultado definitivo que vamos á esplicar.

Lo mismo que el exámen comparado de las formas secundarias de un mismo sistema cristalino ha conducido á reconocer una forma primitiva que geométricamente las comprende y reasume todas,

del mismo modo tambien, la aproximacion de las diversas formas primitivas, ha demostrado que pueden referirse todas á un número muy limitado de formas análogas ó *tipos*, (pár. 70) de donde se deducen rigorosamente todas, y en cada uno de los cuales las formas no difieren unas de otras sino por el valor de sus ángulos. Estos tipos diferentes é incompatibles, á los cuales está subordinado todo el estudio cristalográfico, y que forman, en cierto modo, distintas fuentes de donde nacen todas las formas cristalinas, se reducen á seis. Se les designa especialmente con el nombre de *tipos cristalinos*; y la reunion de los cristales que comprende cada tipo, forma un *grupo cristalino* ó *sistema*. La ciencia, pues, de los cristales, la cristalografía, se reduce en último análisis, al conocimiento de las propiedades de estos seis tipos.

§ 78. La eleccion de cada una de las formas típicas es, como se deja entender, indiferente; pues todas las modificaciones que dan orígen á las formas derivadas de un mismo grupo, tienen lugar bajo las mismas condiciones de simetría; y estando ligadas entre sí estas formas por relaciones geométricas, se esplican necesariamente todas las formas secundarias, cualquiera que sea la forma que haya servido de punto de partida. Por esto el diamante, como ya se ha visto, (pár. 69) se presenta en cubos, en octaedros regulares, en dodecaedros romboidales, etc.; luego es claro, que si la generacion del octaedro puede ser representada como procedente de las truncaduras de los ángulos sólidos del cubo (l. 2, f. 1, 2, 3, 4) la generacion del cubo puede á su vez, considerarse como el resulta-

do de truncaduras sobre los ángulos sólidos del octaedro (f. 4, 3, 2, 1.) Lo que decimos del diamante puede decirse tambien de la Pirita, que ofrece las mismas formas (pár. 69), y podrá tomarse indistintamente el cubo ó el octaedro por tipo de estas dos sustancias, las cuales, segun las definiciones precedentes, se colocan en el mismo grupo. Por razones análogas, la Barita sulfatada y la Estronciana sulfatada (pár. 69) tienen por tipo comun el prisma recto romboidal y pertenecen á un mismo grupo.

Procediendo asi en todas las especies minerales como se acaba de hacer con las cuatro sustancias que han servido de egemplos, es como se han establecido los seis tipos cristalinos, fundamentales; y como la forma prismática es la mas simple, la mas fácil de retener, y la que se aproxima mas á los cristales naturales, á ella se refieren generalmente todos los tipos. Las seis formas prismáticas fundamentales, ó los seis tipos cristalinos conocidos son los siguientes:

1.° El cubo (f. 2, f. 1.) Véase pár. 86.

2.° El prisma recto de base cuadrada (f. 29.) Véase pár. 96.

3.° El prisma recto, de base rectangular ó romboidal (f. 31.) Véase pár. 99.

4.° El romboedro (f. 34.) Véase pár. 102.

5.° El prisma oblicuo, de base rectangular ó romboidal (f. 37.) Véase pár. 105.

6.° El prisma oblicuo, de base de paralelógramo oblicuángulo (f. 41.) Véase pár. 108.

Estudio general y comparado de los seis grupos cristalinos.

§ 79. Antes de examinar las particularidades de cada grupo cristalino, es preciso echar una ojeada sobre los *caractéres geométricos y físicos* generales que distinguen ó aproximan una á otra las seis formas típicas que se acaban de enumerar. Este estudio nos permitirá apreciar en general las relaciones que los grupos tienen entre sí.

Se entiende en este caso por *caractéres geométricos* los producidos por la medida de las inclinaciones mútuas de las caras en cada sólido ó en sus derivados, que conducen á la determinacion de la naturaleza geométrica de estos poliedros. Se entiende por *caractéres físicos* los que se obtienen del número de partes de especies diferentes, y por consecuencia, del número de las diversas modificaciones que puede presentar un cristal.

§ 80. Si en cada una de las seis formas típicas concebimos tres ejes reunidos en medio de las caras opuestas (pár. 56) al rededor de los cuales esten dispuestas las diferentes partes sometidas á la ley de simetría, como se ven (l. 2, f. 1, 25, 31, 34, 37, 41), observaremos que estos ejes son *rectangulares* entre sí en los tres primeros sólidos, y *oblicuos* en los tres últimos.

§ 81. Los sólidos comprendidos en una y otra de las dos categorías asi formadas, se corresponden dos á dos por las relaciones que existen entre los ejes. Asi:

Los tres ejes rectangulares del *cubo* son iguales

entre si, como tambien los tres ejes oblicuos del *romboedro*.

El *prisma recto de base cuadrada* presenta dos ejes iguales (l. n.) y el tercero desigual (m), del mismo modo que el *prisma oblicuo de base rectangular ó romboidal*.

El *prisma recto de base rectangular ó romboidal*, y el *prisma oblicuo de base de paralelogramo oblicuángulo*, ambos tienen desiguales los tres ejes.

§ 82. Si procuramos, no obstante, averiguar los elementos distintos de que se compone cada uno de los seis tipos cristalinos, obtendremos el resultado siguiente:

1.º En el *cubo* los elementos son de dos suertes, á saber: una especie de ángulos y otra de aristas.

2.º En el *prisma recto de base cuadrada*, los elementos son de tres especies: una de ángulos y dos de aristas.

3.º En el *prisma recto de base rectangular ó romboidal*, son los elementos de cuatro especies: una de ángulos y tres de aristas.

4.º En el *romboedro* son tambien los elementos de cuatro especies; pero dos son de ángulos y dos de aristas.

5.º En el *prisma oblicuo de base rectangular ó romboidal*, existen siete especies de elementos: tres son de ángulos y cuatro de aristas.

6.º En el *prisma oblicuo con base de paralelógramo oblicuoángulo*, se distinguen diez elementos diferentes, y existen tambien cuatro especies de ángulos y seis de aristas.

Estudiando cada uno de los grupos cristalinos

en particular, se esplicará en qué consiste las diferencias que ahora solamente se indican; mas observemos aun que en los tres primeros tipos, los que son de ejes rectangulares, los ángulos son siempre de una especie, y la diferencia consiste solamente en las aristas; mientras que el número de aristas de especie diferente aumenta en los tres últimos tipos, de ejes oblicuos; que es de dos en el rombodro, de tres en el quinto tipo, de cuatro en el sesto.

§ 83. Por sus propiedades físicas los seis tipos cristalinos estudiados en el órden que hemos adoptado, forman, pues, una especie de serie, en la cual va siempre creciendo el número de los elementos variables, del *cubo* al *prisma oblicuo de paralelógrammo oblicuángulo*; y donde la diferencia de un tipo á otro resalta notablemente, como que consiste en la adicion de partes diferentes: luego como, segun la ley de simetría, las modificaciones tienen lugar á un mismo tiempo sobre las partes idénticas, y diferentemente sobre las partes de especies diferentes, resulta de esto que tenemos ya la clave de las formas derivadas que pueden encontrarse en cada grupo.

§ 84. Muchas de estas formas derivadas, de naturaleza semejante, se vuelven á encontrar en cada uno de los seis grupos cristalinos, pero con caracteres geométricos diferentes que resultan de los mismos caracteres geométricos del tipo á que ellas se refieren. De este modo es como existen seis especies de octaedros, las cuales son el *octaedro regular* de la geometría en el primer grupo: *octaedros de base cuadrada*, en el segundo: *octaedros rec-*

tangulares ó *romboidales*, en el tercero: *octaedros irregulares* diversos en los tres últimos grupos.

Tambien pudieran citarse diversos prismas pertenecientes á cada una de las formas tipicas y que se deducen fácilmente de estas últimas: pero basta el egemplo de los octaedros para demostrar que todas las formas cristalinas de un mismo grupo, estando ligadas entre sí por determinadas relaciones geométricas y físicas, puede tomarse arbitrariamente por tipo una forma simple cualquiera á la cual se refieren todas las demas. Para comprender el conjunto de todas las diversas formas cristalinas, bastará, pues, adquirir una idea esacta de seis formas de una misma naturaleza: seis paralelipipedos, seis octaedros, etc.

§ 85. En cuanto al medio de determinar de qué grupo debe hacer parte un cristal cuya forma se estudia, es claro que aquel consiste esencialmente en la medida de los ángulos: en efecto, dando esta medida las inclinaciones de los planos, permite prolongar algunos de ellos, ó concebir truncaduras simétricas de las aristas ó de los ángulos que conduzcan á la construccion geométrica de la forma típica. Para dar una idea de las relaciones que existen entre cada forma típica y sus principales derivados, vamos á examinar cada uno de los seis grupos cristalinos.

Estudio de los grupos cristalinos.

Primer grupo cristalino.

§ 86. Forma típica: el *cubo* (l. 2, f. 1.

El *cubo* es una figura terminada por seis planos

cuadrados é iguales, dispuestos al rededor de tres ejes rectangulares iguales tambien entre sí. Esta forma ofrece dos especies de elementos:

Ocho ángulos sólidos triedros que son de la misma especie, y doce aristas que son tambien idénticas.

Resulta de estas propiedades que las modificaciones se verificarán á la vez sobre todas las aristas y sobre todos los ángulos; y serán de la misma naturaleza, si se esceptuan los casos de disimetría. Veamos como se producen los principales sólidos que provienen de las modificaciones de los ángulos ó de las aristas.

I. Modificaciones sobre los ángulos.

El número de las truncaduras que modifican los ángulos puede ser mas ó menos considerable: comunmente se observan una, tres ó seis.

§ 87. Una sola *truncadura*: *Octaedro*.—Si suponemos que una fuerza cualquiera, obedeciendo á la ley de simetría, trunca igualmente todos los ángulos sólidos del cubo, de modo que cada uno de ellos sea reemplazado por un pequeño plano, el sólido que resulte conservará la forma general del cubo; pero los ocho ángulos de este se habrán transformado en otras tantas facetas triangulares. (f. 2.)

A medida que estas nuevas facetas se hagan mayores, se reducirán cada vez mas las caras primitivas del cubo, como se representa en la f. 3; y si, por último, aquellas facetas se encuentran, la forma cúbica desaparecerá y obtendremos el *octaedro regular*, sólido de ocho caras, representando

cada una un triángulo equilátero (f. 4.) El octaedro regular es, pues, una *forma derivada* del cubo: las formas 2 y 3 que nos han servido para hacer comprender la generacion de este sólido, se denominan algunas veces *forma de tránsito.*

Es muy evidente que el octaedro puede ser considerado como sólido generador del cubo, y quedará este poliedro por truncadura sobre los seis ángulos sólidos, como lo demuestran las mismas figuras de tránsito 3 y 2 que ligan al cubo y al octaedro. (nota 4.ª) Esta observacion puede hacerse igualmente en otros sólidos de que nos vamos á ocupar.

§ 88. Tres *truncaduras: trapezoedro.—Octotriaedro.*—Si cada ángulo sólido del cubo es modificado por tres truncaduras que correspondan á las tres caras adjacentes, se obtendrá el poliedro de la f. 10. Si estas pequeñas caras se agrandan lo bastante para que se encuentren, darán origen á un *trapezoedro* sólido de veinte y cuatro caras trapezoidales (f. 11.)

Si las tres facetas modificatrices en lugar de corresponder á las caras adyacentes del cubo, corresponden á las aristas, se obtendrá tambien un sólido de veinte y cuatro caras bajo la forma de triángulo isóceles. Este sólido ha recibido en consecuencia el nombre de octotriaedro; pero puede considerarse como análogo á un octaedro cuyos planos fuesen reemplazados por un apuntamiento triple, y por esto se ha llamado tambien *octaedro piramidal.* (f. 14.)

La generacion del trapezoedro puede ser tambien considerada como el producto de dos truncaduras sobre cada arista del octaedro, como lo ma-

nifiestan las f. 13 y 14, y aun puede considerarse como producida por un apuntamiento cuádruplo sobre los ángulos del octaedro, como lo indica la f. 12.

§ 89 *Seis truncaduras.—Sólidos de 48 caras.* Seis truncaduras sobre cada ángulo (f. 15) convierten el cubo en un sólido de 48 caras, que son otros tantos triángulos escalenos. Cuando el sólido presenta una forma general cúbica análoga á la de la f. 15, se le designa algunas veces con el nombre de *hexakisoctaedro*, que recuerda sus relaciones con el cubo; cuando adquiere la forma de la f. 16 se le distingue con el nombre de octakisexaedro, que espresa sus relaciones con el octaedro. Se puede en efecto, representar el sólido de 48 caras, como producido por un apuntamiento sextuplo, sobre cada cara del octaedro; y tambien por un apuntamiento de ocho caras sobre cada ángulo do este sólido.

II. Modificaciones sobre las aristas.

Lo mismo que sobre los ángulos puede variar el número de las truncaduras sobre las aristas. Veamos qué sólidos se obtienen por una ó dos de estas truncaduras.

§ 90. Una *truncadura*: *Dodecaedro romboidal.*—Cada arista del cubo, truncada simétricamente, es reemplazada por una faceta que no altera al principio la forma general del cubo (f. 5.) Si estas facetas se hacen mayores, resulta un sólido en el cual se distinguen todavia algunos rasgos de la figura cúbica (f. 6) pero si se prolongan has-

ta reunirlas, las doce facetas modificatrices producen un sólido de doce caras rombas, *dodecaedro romboidal* (f. 7.)

Ya se deja ver fácilmente que se obtendrá el *dodecaedro* por las truncaduras de las aristas del octaedro. Estas truncaduras producirán desde luego el sólido representado en la figura 9; si se estienden mas el de la figura 8, el cual conduce naturalmente al dodecaedro romboidal (f. 7.) Observemos, por el contrario, que las truncaduras simétricas de ciertos ángulos del dodecaedro, conducirán al octaedro por las figuras de tránsito 8 y 9.

§ 91. *Dos truncaduras: Ecsatetaedro.*—Dos truncaduras sobre cada arista del cubo (f. 17) dan, prolongadas suficientemente, un sólido comprendido en 24 caras triangulares isóceles, diferente del octaedro piramidal; este es el *ecsatetaedro ó cubo piramidal.* Se entiende fácilmente que las truncaduras sobre los ángulos del octaedro, podran tambien originar este sólido.

III. Sólidos disimètricos.

§ 92. La forma de ciertos cristales es á veces como se ha visto (pár. 68) el resultado de modificaciones que se han verificado sin sujecion á la ley de simetría. Estudiemos algunos de estos casos notables.

Tetraedro.—Si suponemos que las caras de un octaedro (f. 4.) faltan de dos en dos, y que las caras restantes se prolongan progresivamente hasta hacer desaparecer cuatro caras del octaedro, pasaremos de la figura 19 á la 20, que es el *tetraedro*

regular, sólido de cuatro caras formadas por triángulos equilaterales.

Practicando una truncadura sobre cada arista del tetraedro (f. 21), se obtendrán seis facetas, las cuales agrandándose, producen la forma disimétrica que hemos designado antes (pár. 68) como propia de la *Boracita*. Prolongadas suficientemente hasta que desaparezcan las primeras caras del tetraedro, las seis facetas conducen, por último, al cubo (f. 22.)

§ 93. *Dodecaedro pentagonal.—Icosaedro.*— Hemos visto igualmente (pár. 68) que existen sustancias, como la *Pirita*, que cristalizan en cubos, cuyas aristas solamente la mitad están modificadas de modo que faltan las facetas paralelas, como lo indica teóricamente la figura 23. El sólido disimétrico que resulta de estas modificaciones, se presenta como en la figura 24; el cual conduce fácilmente á un sólido compuesto de doce pentágonos simétricos, y es lo que llamamos *dodecaedro pentagonal* (f. 25.) Este dodecaedro no es el dodecaedro regular de la geometría, porque sus caras no son pentágonos regulares.

Los 20 ángulos sólidos del dodecaedro pentagonal son de dos especies: 12 irregulares y 8 regulares. Estos últimos ocupan la posicion de los ángulos del cubo. Si se practica una truncadura sobre cada uno de los ángulos regulares, la pirámide triangular que se separa entonces, dejará en su lugar un triángulo equilateral: añadiéndose por este medio ocho nuevas caras á las doce primitivas del dodecaedro, resultando un sólido de veinte caras, que es el llamado *isosaedro* (f. 20). Este icosaedro

no es el sólido regular de la geometria: ocho de sus caras son, como se ha dicho, triángulos equilaterales, y los doce que pertenecen al dodecaedro pentagonal, son triángulos isóceles. Para indicar las relaciones que acabamos de esplicar, se han reunido en la figura 27 el dodecaedro pentagonal y el icosaedro.

IV. Caracteres generales del primer grupo.

§ 94. Resulta del estudio precedente que el octaedro, el tetraedro y el paralelipípedo, los cuales pertenecen al primer grupo, son los sólidos regulares de la geometria, por cuya circunstancia se ha dado a este grupo el nombre de *sistema regular*. La figura 28 manifiesta las relaciones de estos tres sólidos regulares, cuyas formas son las mas sobresalientes del primer grupo cristalino.

El modo con que cada uno de los sólidos de este grupo se deriva del cubo y la facilidad con que se puede tambien suponer su generacion por modificaciones sobre alguno de los poliedros secundarios, nos demuestran que la reunion de los cristales del primer grupo cristalino, forma un sistema, cuyas partes están todas ligadas rigorosamente entre sí. Sea cualquiera el término de este sistema que tomemos por punto de partida, podemos recorrer todos sus grados pasando de una á otra forma por transiciones naturales. Partiendo, pues, del tetraedro (f 20) se llega por la forma 19 al octaedro (f. 4), de donde podemos elevarnos al cubo (f. 1,) por las figuras 3 y 2. Partiendo del octaedro

(f. 4), llegaremos al cubo y al tetraedro; despues al dodecaedro romboidal (f. 3), por las figuras 5 y 8; al trapezoedro, por las figuras 12 y 13, etc. Partiendo del tetraedro (f. 20), llegaremos tambien al cubo (f. 22), por la figura 21; y de aqui pueden recorrerse en seguida todas las formas derivadas. Cualquiera que sea, en fin, el sólido que se considere como generador, se deducirán facilmente de él todas las formas que comprende el grupo; y para que se entienda bien este punto importante, nos ha parecido conveniente y necesario detenernos algo en la esplicacion del sistema cúbico que es el mas complicado de todos.

§ 95. Las principales sustancias que pertenecen al primer grupo son:

El *diamante* (carbono), que se presenta en cubos, octaedros, dodecaedros romboidales, etc, (pár. 69.)

La *Pirita* (hierro sulfurado), que comprende ademas de las formas que acabamos de indicar propias del diamante, el dodecaedro pentagonal, el icosaedro (pár. 69.)

El *Alumbre* que cristaliza en octaedros:

La *Sal comun* (cloruro de sodio) que cristaliza en cubos:

El *Granate* (Silicato doble de alúmina y de cal) que cristaliza en octaedros romboidales, en trapezoedros, etc.:

La *Boracita* (Magnesia boratada), que cristaliza en tetraedros, cubos, etc.

Segundo grupo cristalino.
Forma típica: el prisma recto de base cuadrada. Lám. 2, fig. 29.

§ 96. En el cubo los tres ejes que sirven de centro de coordinacion á los planos, son rectangulares é iguales: en el prisma recto de base cuadrada, sus tres ejes son tambien rectangulares; pero dos solamente, los horizontales (*n l*), son iguales; mientras que el tercero, el eje vertical (*m*), tiene una longitud diferente. Los elementos del *Prisma recto de base cuadrada* son de tres especies, á saber:

Ocho ángulos sólidos triedros (*a*) y dos especies de aristas, ocho horizontales (*b*), por un lado, y las otras cuatro verticales (*c*).

Este prisma, pues, puede sufrir tres distintas modificaciones simétricas, aisladas ó simultáneas.

§ 97. Si se modifica el prisma aisladamente sobre sus aristas, se obtiene, esto se concibe con facilidad, un prisma semejante al que se ha modificado, pero inverso; es decir, que las aristas se transforman en caras, y recíprocamente.

Si la modificacion se hace sobre las aristas de las dos bases y las facetas modificadoras se prolongan hasta encontrarse, resulta un *octaedro;* mas este octaedro no es el regular del primer grupo; sino un *octaedro de base cuadrada* (f. 30); pues el corte horizontal del prisma generador es un cuadrado, y el corte vertical es un rectángulo. Se comprende bien que las truncaduras de los ocho ángulos sólidos, conducirán tambien á un octaedro de base cuadrada, que podrá ademas considerarse como

engendrado por las truncaduras sobre las aristas de las bases del prisma inverso de que acabamos de hablar.

El octaedro de base cuadrada, producido por el prisma recto de base tambien cuadrada, puede á su vez producir este prisma, pues que puede ser modificado por truncaduras horizontales sobre sus dos vértices, y por truncaduras verticales sobre cada una de las aristas de su base. Si fuera útil considerar todos los derivados del segundo grupo con tanta detencion como se ha hecho hablando de los del primer grupo, encontrariamos como en este y lo mismo tambien en los siguientes, aquel enlace rigoroso que hace, por decirlo asi, solidarias unas de otras todas las formas.

§ 98. Pertenecen á este grupo, entre otras, las sustancias minerales siguientes:

El *mineral de Estaño* (óxsido de Estaño) y el *Idrocaso* (silicato doble de alumina y de cal, que se presentan bajo la forma prismática:

El *Cobre piritoso* (súlfuro doble de cobre y hierro) que cristaliza en octaedros de base cuadrada.

Tercer grupo cristalino.

Forma típica: El prisma recto de base rectangular ó romboidal, (L. 2. f. 31 y 32.)

§ 99. Los tres ejes del prisma recto que sirve de tipo á este grupo son rectangulares, como en los dos grupos precedentes, pero desiguales entre si. Los elementos de que se compone el *Prisma rec-*

to de base rectangular (f. 31) son de cuatro especies:

Tres ángulos sólidos triedros (*a*), y

Tres especies de aristas que se descomponen del modo siguiente:

Dos aristas largas (*b*) sobre cada base:

Dos aristas cortas (*c*) sobre cada base, y

Cuatro aristas verticales (*d*).

El prisma rectangular puede, pues, sufrir cuatro especies de modificaciones simétricas, aisladas ó simultáneas.

§ 100. Una truncadura en las aristas verticales, produce un prisma recto, cuya base es un rombo (f. 32); este *Prisma recto de base romboidal* es mas frecuente en la naturaleza que su generador el prisma recto rectangular; y esta circunstancia ha hecho que muchos mineralogistas le consideren como la forma típica del tercer grupo. Conforme con la opinion de Mr. Beudant, reunimos estos dos prismas en la designacion del tipo cristalino.

Las truncaduras que modificasen á la vez, en el prisma recto rectangular, las dos especies de aristas de las bases, producirian un *Octaedro de base rectangular* (f. 33), pues que la seccion horizontal del prisma generador es un rectángulo. Las truncaduras que afectasen las mismas aristas en el prisma recto romboidal, ocasionarian evidentemente el *Octaedro de base romboidal*, lo que es fácil de concebir.

De estas cuatro formas principales de que acabamos de dar una idea, se derivan por diferentes modificaciones, cuyas combinaciones pueden pre-

verse fácilmente, todos los sólidos que pertenecen al tercer grupo.

§ 101. Entre estos minerales citaremos únicamente:

El *súlfuro de Antimonio*, su *óxido*, el *Nitro*, (Potasa nitratada), el *Oropimente* (Arsénico sulfurado amarillo), los *sulfatos de Barita, Estroncia-na, Plomo, Zinc*, y el *Topacio* que cristalizan en prisma:

El *Azufre*, el *Sulfato de Plomo*, que nos ofrecen la forma de octaedro.

Cuarto grupo cristalino.
Forma típica: el Romboedro. (L. 2, fig. 34.)

§ 102. En los tres grupos precedentes los ejes son perpendiculares entre sí; en los tres últimos grupos son oblicuos, y presentan, segun ya se ha indicado (pár. 81), las mismas relaciones que los ejes de los tres primeros tipos. En el *romboedro* (f. 34), paralelipípedo de seis caras en forma de rombo é iguales, los tres ejes son iguales entre sí; y este sólido se compone de las cuatro especies de elementos de que vamos á hablar.

Dos ángulos (*a*), los únicos que están formados de tres ángulos planos iguales, se consideran como los *Vértices* inferior y superior del romboedro, y se denominan *ángulos vértices*:

Seis ángulos laterales (*c*) formados por la reunion de dos ángulos agudos y uno obtuso:

Seis aristas (*b*) reunidas tres en cada vértice, y designadas con el nombre de *aristas culminantes;* y por último

Seis aristas laterales.

Una diagonal que une los dos vértices del romboedro, es considerada como su *eje* (*x*); al rededor del cual estan dispuestos, segun se acaba de indicar, de una manera simétrica, los planos, las aristas y los ángulos.

Las modificaciones que pueden afectar el romboedro son de cuatro especies diferentes, y pueden presentarse aisladas ó simultaneamente.

§ 103. Muchas de estas modificaciones dan tambien romboedros mas agudos ó mas obtusos. Asi es como las truncaduras de los ángulos vértices producen dos apuntamientos de tres caras, uno superior y otro inferior, los que por su interseccion originan un romboedro. Del mismo modo sucede que las truncaduras de los ángulos laterales oblicuamente al eje, conducen á un romboedro inverso respecto del primitivo. Y asi es tambien como las truncaduras de las aristas culminantes determinan un romboedro, cuyo eje es igual en altura á el del romboedro primitivo, por cuya razon se le ha dado el nombre de romboedro *equieje*.

Las truncaduras desigualmente inclinadas sobre las seis aristas laterales, ó lo que es lo mismo, la oposicion de planos desigualmente inclinados sobre las aristas, dan orígen á dos caras sobre cada una de ellas, y los sólidos que resultan de esta especie de modificacion, son compuestos de doce triángulos escalenos iguales, y se los denominan *Dodecaedros triangulares, escalenos, Metastáticos* ó *Escalenoedros*. (f. 35.)

Una truncadura sobre cada arista lateral paralelamente al eje, producirá cuatro planos, los cua-

les combinados con los tres superiores é inferiores que quedarán de los dos vértices del romboedro, formarán un *Prisma de seis caras* ó *Prisma hecsaedro piramidal*. Si el apuntamiento piramidal de cada base de este último prisma, se separa por la truncadura de los ángulos vértices, se obtiene un *Prisma hecsagonal regular*. Una truncadura sobre cada una de las aristas de las bases de este último prisma, produce un *Dodecaedro triangular isóceles*.

Una truncadura sobre cada ángulo vértice del romboedro, prolongada hasta que el plano secante encuentre los ángulos laterales, ó lo que es lo mismo, hasta las estremidades de las diagonales, dará por resultado un *Octaedro*. (f. 36).

§ 104. Los minerales que mas propiamente corresponden por su cristalizacion á este sistema, son:

El *Hierro oligisto* (peróxido de hierro) los *Carbonatos de Hierro, Manganeso, Magnesia, Zinc y Cal*, el *Quarzo* ó Cristal de roca (silice), la *Turmalina* (Silicato aluminoso doble borífero), la *Mica*, la *Esmeralda*, el *Corindon*.

Quinto grupo cristalino.
Forma típica: El Prisma oblícuo romboidal ó rectangular. (L. 2, f. 37 y 38.)

§ 105. En el prisma que sirve de tipo á este grupo (f. 37 y 38) son iguales dos de los ejes oblícuos (*n*, *l*), el tercero (*m*) es desigual: los cortes trasversales producen rombos; los costados de las bases son iguales. Por estas diferentes propieda-

des se nombra este prisma *Prisma oblicuo simétrico*. Sus elementos son siete:

Dos ángulos triedros (*a*) opuestos en la estremidad de una diagonal:

Otros dos ángulos (*c*) colocados de una manera análoga:

Cuatro ángulos (*e*), dos en la base superior y dos en la inferior:

Cuatro aristas (*i*), dos en cada base:

Otras cuatro aristas (*o*), distribuidas del mismo modo que las anteriores:

Dos aristas verticales (*r*), y otras dos aristas tambien verticales (*s*).

Las modificaciones, pues, que puede comprender este grupo, son muchas; pero la naturaleza no ofrece todas las que pueden obtenerse por nuestras combinaciones. Citaremos las mas notables.

§ 106. Si las truncaduras sobre las aristas verticales son paralelas á los planos diagonales (f 38), y hacen desaparecer el prisma romboidal, el sólido que resulta es un *Prisma rectangular oblicuo* que se toma tambien por tipo del grupo cristalino que estudiamos.

Las truncaduras que afectan solamente las aristas verticales de una misma especie, paralelamente al plano de la diagonal opuesta, dan un *Prisma de seis caras simétricas.* (f. 39).

Si las aristas de las dos especies (*o i*) sufren á la vez una truncadura, producirán un *Octaedro escaleno de base romboides* (f. 40) ú *Octaedro escaleno simétrico*, cuya altura es igual á la del prisma generador.

§ 107. El *Borax*, la *Caparrosa verde*, (sulfato

de hierro), la *Piedra de yeso*, (sulfato de Cal hidratado, la *Hornblenda*, (anfibol), la *Augita* (piroxeno), el *Feldspato*, son minerales que se refieren al quinto grupo cristalino.

Sesto grupo cristalino.
Forma típica: el Prisma oblícuo de base paralelográmica oblicuangular
(L. 2, f. 41,)

§ 108. Los tres ejes oblícuos de este prisma son desiguales, y como no existe simetría alguna en este sólido, se le ha dado el nombre de *Prisma oblícuo no simétrico*, que le distingue del tipo precedente (pár. 105.) Sus elementos son diez:

Cuatro especies de ángulos triedros formados de ángulos planos diferentes y opuestos por las diagonales:

Seis especies de aristas, cuatro especies en cada base y dos de aristas verticales.

§ 109. El número de modificaciones de este sólido, es por consiguiente, muy considerable; mas al mismo tiempo estas modificaciones se hacen menos complicadas en la naturaleza, y resultan solamente de simples truncaduras, que se producen con frecuencia aisladamente sobre partes de una misma especie, y algunas veces sobre muchas partes á un tiempo, como lo demuestra la fig. 42, en la cual han sido truncados algunos ángulos y determinadas aristas.

Las truncaduras simultáneas sobre las cuatro aristas de las bases, ó sobre los cuatro ángulos, dan los *Octaedros escalenos de base paralelográmi-*

ca ú *Octaedros escalenos no simétricos* que pueden comprenderse fácilmente.

§ 110. Entre los pocos minerales que pertenecen á este grupo, deben nombrarse la *Caparrosa azul*, (sulfato de cobre), la *Albita* (silicato doble de Alúmina y de Sosa), y el *Aximito* (silicato doble aluminoso borífero con base de Cal, de Hierro, de Manganeso), cuyos cristales ofrecen la forma representada en la fig. 42.

Deformacion y obliteracion de los cristales.

§ 111. Aunque hemos dicho que los cristales toman la forma completa de los sólidos geométricos á que se refieren, y esto es lo general, sucede tambien con frecuencia que los planos ó las truncaduras adquieren unos mayor estension que otros, y en tales casos los ángulos diedros del cristal asi reformado, pueden subsistir aun ó desaparecer por consecuencia de aquella misma estension de los planos. Asi es como el octaedro regular, por el alargamiento desmesurado de cuatro de sus caras, puede adquirir una forma análoga á la de su prisma recto tallado en bisél, ó dar orígen, por truncaduras muy aproximadas á la base comun de sus dos pirámides, á cristales ensanchados en tabletas, llamados tabulares, ó á simples láminas en bisél. Y asi es tambien como los prismas, romboedros, escalenoedros alargados y deformados de diversas maneras, se transforman en *bacilares* ó en *baston, aciculares*, ó en *agujas, capilares*, etc.

§ 112. El número de las facetas que modifican las aristas ó los ángulos de un cristal, puede en algunos casos ser tan considerable, que estas aristas ó estos ángulos se borren completamente, y el cristal se redondee y pierda su regularidad geométrica. Esta obliteracion debida á la multiplicidad de las facetas, no impide, en general, que pueda reconocerse el sistema cristalino á que pertenece el cristal; y esto no será una escepcion de la ley general, segun la cual, los poliedros de los cristales están terminados por caras planas. Antes de ahora, (pár. 56), hemos hecho esta misma observacion. Puede ocurrir tambien que la obliteracion reconozca por causa una irregularidad en la marcha de la evaporacion, ó la absorcion de la humedad atmosférica por el licor; al menos, la concurrencia de estas circunstancias en las cristalizaciones artificiales, alteran la perfeccion de los cristales confundiendo y borrando sus aristas y sus ángulos, y aun haciendo rugosa su superficie.

Cuando la obliteracion de las partes angulosas tiene lugar en los trapezoedros, romboedros, etc., los cristales se vuelven esferoides, y es fácil, no obstante, reconocer en ellos la marca ó sello del sistema del cubo. El *Diamante* y el Granate, nos ofrecen egemplos de esto.

Los prismas dodecágonos, octógonos, hexágonos, se redondean y hacen *cilindroides*; pero puede distinguirse, sin embargo, que pertenecen al sistema del prisma de base cuadrada.

Los sólidos de formas achatadas, se convierten por la obliteracion en cristales *lenticulares*: los escalenoedros y los dodecaedros, en cristales *ovoi-*

deos, *semiinformes*, (como granos de trigo) *doliformes* (en forma de tonel,) etc.

§ 113. Las partes angulosas, segun lo espuesto, se deforman, se borran, y los planos adquieren mayor estension, se hacen curbilíneos, se contornean en forma de bóvedas ó arcos; mas tambien sucede lo contrario: esto es, que las aristas se eleven y los planos queden deprimidos é irregulares. La causa de esta deformacion parece que consiste en la presencia de una materia pulverulenta y pesada, en la solucion concentrada que cristaliza. Si esta sustancia pulverulenta es ligera, cede fácilmente á la fuerza de cohesion que tiende á unir las moléculas cristalinas, y queda encerrada en el cristal, guardando una posicion relativa á la forma geométrica del sólido. Asi es como se encuentra la materia negra de los eschistos de que abunda la Bretaña, en las sustancias llamadas maclas, colocada en el centro ó en los ángulos, ó siguiendo las diagonales. El *Granate* ofrece tambien de estos egemplos.

El frotamiento á que están sometidos los cuerpos en el agua, es tambien una causa mecánica de la obliteracion de los cristales. Su influencia se reconoce por la forma general redondeada y por la superficie pulimentada de los mismos cristales: estos forman, segun su volúmen, *trozos*, *guijarros*, *canto*; *rodados*, *cascajos*, *arenas*.

Agrupamiento de los cristales.

§ 114. Los cristales se encuentran algunas veces aislados, como los que hemos tratado de dar

á conocer; pero mas frecuentemente se presentan en grupos regulares ó irregulares.

Es regular el agrupamiento cuando los cristales se reunen por sus caras ó por las aristas homólagas de una misma estension. En estos casos la masa cristalina que resulta puede afectar la forma misma de los cristales que la constituyen ú otra del todo diferente. Si se reunen por sus caras algunos pequeños cristales cúbicos, puede resultar de este agrupamiento un grueso cristal de forma cúbica, que se tomará fácilmente por un sólido único (l. 1, f. 12), y que puede ser clivado. Si estos mismos cubos se reunen por sus aristas, ó bien reúnanse por sus caras, con tal de que se verifique el agrupamiento en mayor número en una direccion que en otra, la masa así constituida no reproducirá la forma misma de los pequeños cristales componentes, sino que puede representar un prisma cuadrado, rectangular, etc. Se comprende muy bien que el agrupamiento regular de los diversos sólidos debe dar orígen á muchas y variadas formas, que es fácil esplicar, teniendo presente el valor geométrico de las partes asociadas, que se reconoce en general, por la existencia de ángulos entrantes que no se observan en los cristales aislados (pár. 55 y 56). Los prismas modificados en sus estremidades, se reunen algunas veces por sus biseles, y producen las formas *estrelladas*, *rosáceas*, en *cruz*, etc. Reunidos de este modo y en direccion rectangular cuatro prismas romboidales en la *Estaurotida* (l. 1, f. 13), forman una cruz, á la cual debe esta sustancia su nombre.

§ 115. *Trasposicion. Hemitropia.* — Entre

los agrupamientos que obedecen á ciertas leyes apreciables, los hay que se presentan como si fueran debidos á haber sido cortado en dos un solo cristal, y que una de sus mitades hubiera hecho un resto de revolucion, ó una media revolucion sobre la otra mitad. Este movimiento teórico se designa en el primer caso con el nombre de *trasposicion*, y con el de *Hemitropia* en el segundo.

Muchas veces se da indiferentemente el nombre de *macles* á estos agrupamientos.

§ 116. El agrupamiento es irregular, cuando los ejes de los cristales no se cruzan siguiendo una linea uniforme en toda la masa cristalina que su reunion constituye. En la serie de estos agrupamientos deben citarse los siguientes:

Las *Dendritas*, especies de arborizaciones que forman algunas veces arbustitos salientes, pero que mas frecuentemente forman nada mas que un relieve en la superficie de los otros cuerpos, ó penetran en su masa, como las Agatas arborizadas que pueden servirnos de egemplo.

Las configuraciones coraloides resultan del agrupamiento de cristales aciculares, que forman al rededor de diferentes ejes ramos redondeados, contorneados y entrelazados como las ramas del coral. Esto es solamente un caso particular de dendritas, en el cual los pequeños cristales componentes han sido deformados y obliterados.

Las *tolvas*, especie de pirámides huecas que figuran embudos angulosos, formadas por la sobreposicion de pequeños cristales en zonas ó cuadros que disminuyen de la base al vértice. Si las zonas son circulares, en vez de ser angulosas, se

forman unas especies de *trompetillas*, como se observan en las aguas cargadas de carbonato de cal.

En los *mamelones* y los *riñones cristalinos*, se agrupan al acaso todos los pequeños cristales, y constituyen una masa en cuyo interior se deforman estos mútuamente por la presion, y hacen mas ó menos áspera su superficie. La causa de la formacion de estas masas globulosas, ovoides, tuberculosas, nudosas, etc., parece ser la resistencia del medio en que se opera la cristalizacion.

Formas accidentales.

§ 117. Hasta aquí las moléculas materiales nos han ofrecido, en la formacion de los cristales aislados y en la de los cristales agrupados, pruebas mas ó menos fuertes de su tendencia á reunirse geométricamente, siempre que la fuerza de cohesion obre libremente sobre ellas. Mas sucede tambien, no pocas veces, que algunas causas esteriores concurren á suspender ó modificar esta accion especial de la cohesion; y en tales casos la reunion de las moléculas no está subordinada á las leyes de la cristalografía. Las formas especiales que presentan los minerales en estas determinadas circunstancias, son las llamadas *formas accidentales* (pár. 43.)

Refiriendo á sus causas las diferentes configuraciones accidentales, pueden distinguirse hasta ocho especies principales.

I. *Formas debidas al movimiento de las aguas.* —Si, como ya se ha esplicado (pár. 45 y siguientes), la lentitud de la evaporacion es una condicion

indispensable para la mejor formacion de los cristales; claro es que el movimiento suspende é impide la cristalizacion; este es el resultado que nos presentan las *estalactitas*, las *estalacmitas* y las *pisólitas* que deben su formacion al movimiento de las aguas.

Las *Estalactitas* son unos depósitos formados en la bóveda de las cavidades en que se filtra lentamente un agua cargada de moléculas calcáreas. La primera gotita suspendida en la pared superior de la cavidad, deja por residuo de su evaporacion una pequeña masa sólida, cuyo volúmen se aumenta con el residuo de una segunda gota, y de este modo creciendo este depósito, adquiere una figura cónica cuyo vértice libre y descendente, se prolonga mas ó menos. Las gotas que caen de la estalactita, forman en el suelo de la cavidad otro depósito correspondiente al primero hácia el cual se eleva verticalmente, aunque conservando una forma mas aplastada, y es lo que se denomina *estalagmita*. Cuando los dos depósitos se encuentran por sus estremidades libres, resulta una columna de ancha base que sostiene, al parecer, la bóveda.

Las *Pisólitas* son unos glóbulos compuestos de capas concéntricas al rededor de un núcleo, que en algunos es de la misma sustancia que las capas, pero que tambien puede ser formado por una sustancia estraña. Las pisólitas son producidas en el seno de las aguas cargadas de materias en disolucion: el movimiento de estas aguas suspende el pequeño núcleo central, en cuya superficie se deposita la materia contenida en el líquido.

§ 118. II. *Formas por aglutinacion.*—Cuan-

do las aguas que tienen en solucion una sustancia mineral pasan ó se detienen sobre materias pulverulentas, se aglutinan las mas veces sobre estas materias bajo diversas formas y aun bajo formas cristalinas: así es como las arenas que hacen parte de las piedras de Fontainebleau, han sido reunidas por las aguas cargadas de carbonato de cal, y se presentan bajo la forma romboédrica.

§ 119. III. *Formas por incrustacion.* — Las aguas que surgen de las montañas, principalmente de las montañas calizas, y que están casi siempre cargadas de carbonato de cal disuelto por un esceso de ácido carbónico, depositan algunas veces, la materia ténue que llevan en suspension sobre los objetos que encuentran en su tránsito. Estos objetos se hallan por este medio revestidos de una capa que no altera su forma general. Así es como se producen las incrustaciones de huevos, de nidos de aves, de hojas, de ramas, etc., llamadas vulgarmente petrificaciones. Las fuentes incrustadas de Saint-Allyre, de Clermont en Auvergne, depositan tambien carbonato de cal; las de Saint-Philippe, en Toscana, depositan un verdadero mármol, y forman bajos relieves muy curiosos cuando se les representa sobre moldes bien ejecutados.

§ 120. IV. *Formas debidas á la resistencia de los medios.* — Hemos visto (pár. 16) que la resistencia de los médios puede esplicar la formacion de los mamelones, riñones cristalinos y otros cuerpos globulosos: la misma causa produce, al parecer, las configuraciones reniformes de las sustancias que se consolidan en medio de las materias blandas, y que forman así *riñones* simples, de su-

perficie lisa, que toman los nombres de *nódulos* y *almondras* cuando son muy pequeños.

Estos cuerpos globulosos suelen estar huecos y contener en sus cavidades pequeños cristales, ó una materia pulverulenta y movible, en cuyos casos se les distingue con el nombre de *Geodas*.

Se observa con frecuencia en las escorias de los hornos y en los poros de los vasos, que una sustancia oprimida en tan estrechos espacios por la contraccion de la masa envolvente, impelida por la evaporacion, se alarga sin regularidad en *filamentos capilares*, que no deben confundirse con los agrupamientos capilares de los cristales. De esta manera pueden formarse las *venas* y los *filones metálicos*.

§ 121. V. *Formas por retraccion.*—Cuando se deseca una masa pastosa, es bien sabido que se contrae en toda su estension, y se agrietea en todos sentidos. Este fenómeno es producido por la evaporacion del agua, ó por el enfriamiento. Las grietas ó fisuras, dividen á veces la masa en fragmentos regulares de formas diversas, como lo demuestran los prismas de los *basaltos* y de los *pórfiros;* tambien pueden dejar espacios entre sí que den al conjunto del depósito la apariencia de una columnata, como se ve en la *columnata de Morat*; otras veces estos espacios están llenos de una materia estraña, la cual en ciertos casos permite la infiltracion de la materia primitiva, desaparece esta, y queda la materia estraña formando una masa celulosa semejante á un panal de miel.

§ 122. VI. *Formas por moldage.*—Las formas debidas á esta causa tienen las mas veces su

orígen en las cavidades ocupadas precedentemente por cristales, cuya configuracion regular reproducen, ó por seres organizados, conchos y otros cuerpos, de los cuales adquieren la apariencia. Asi es como pueden las sustancias amoldarse en las espresadas fisuras; y de este modo tambien pueden formarse las *venas* y los *filones* metálicos (pár. 120). Otras veces han sido envueltos los cuerpos por su superficie esterior, y el molde que han dejado entonces los reproduce en la cavidad interior de la materia envolvente.

§ 123. VII *Petrificacion.*—Cuando una sustancia mineral sustituye á otra, molécula á molécula, de modo que reproduce hasta sus mas delicados delineamientos, entonces se dice que ha tenido lugar la *Petrificacion.* Asi es como las conchas, las madréporas, las maderas, se presentan en el estado de piedra, no solamente respecto de su forma esterior sino dibujados aun los perfiles mas finos de su estructura. Deben distinguirse bien las formas debidas á la petrificacion, de las producidas por la incrustacion y el amoldamiento.

§ 124. VIII. *Epijenia.*—Se da esta denominacion á la sustitucion química de los elementos de una sustancia en otra; de tal suerte que la sustancia que se sustituye á la otra, adquiere casi siempre una forma diferente de la que espropia. La petrificacion podrá, pues, ser considerada como un caso particular de la epijenia. Podemos citar como ejemplos de esta sustitucion química, los cristales de carbonato y sulfato de cal que se convierten en sílice; el sulfato de cobre que se trasforma en sulfato de cal en la greda húmeda; la limonita (ócsi-

do de hierro hidratado), que debe esclusivamente su forma cristalina á semejantes sustituciones, (pár. 212).

II. Estructura.

§ 125. La *estructura* es el modo particular con que se colocan entre sí las moléculas en lo interior de las sustancias minerales: la estructura está evidentemente en relacion con la naturaleza de la forma de cada sustancia, ó mas bien, ella es la razon de esta forma. Se reconocen, pues, tantas especies de estructuras, como causas de formas se han enumerado; y pueden establecerse por lo mismo dos categorías: la primera que comprenda las estructuras de los minerales cristalinos; la segunda, las estructuras que pertenecen á las sustancias de formas accidentales.

Siendo la division el medio ordinario de reconocer la estructura de un mineral, se emplea frecuentemente la palabra *fractura* como sinónima de estructura.

§ 126. I. *Estructuras cristalinas.*—Entre las estructuras propias de las sustancias cristalinas, es necesario distinguir dos especies: las unas *regulares*, es decir, que manifiestan evidentemente su relacion entre las partículas cristalinas y la forma poliédrica de los cristales; las otras *irregulares*, por que no establecen relacion alguna geométrica entre las partículas cristalinas y la forma del mineral.

§ 127. 1º. *Estructuras cristalinas regulares.*—La mas notable de estas estructuras, á la cual pertenece especialmente el nombre de *estructura cristali-*

na, es la que se manifiesta por medio de la *esfoliacion* la que condujo á Haüy á la hipótesis de una *molécula integrante*, de un *núcleo central*, de una *forma primitiva*, de *formas derivadas;* y que este ilustre mineralogista ha aplicado tan sábiamente á la esplicacion de las modificaciones de los cristales en su teoría de los *descrecimientos* (pár. 61, 66.)

Ciertos cristales manifiestan cuando se rompen una estructura regular, muy complicada en algunos, debida al modo de crecimiento de su masa. En efecto, si suponemos que las diferentes capas de que se componen estos cristales, esten sobrepuestas por intérvalos, de manera que cada una goce de cierta independencia con relacion á la que le precede y á la que le sigue, se comprenderá cómo pueden estas diversas capas desencajarse despues, cuando se destruye el cristal, y hacer evidentes estos acrecentamientos regulares sucesivos. Las capas pueden conservarse á cierta distancia, por estar ocupados del líquido disolvente los intérvalos que las separan. El cuarzo es un buen ejemplo de la estructura por *acrecentamiento regular*.

Cuando los cristales, por su agrupamiento, dan orígen á una masa cristalina regular, esta adquiere una estructura mas ó menos complicada, segun la forma y el modo de agregacion de los cristales que la componen, y pueden presentar *esfoliaciones*: esto sucede, por ejemplo, en un agrupamiento cúbico ó prismático que resulte de la justa posicion de cristales cúbicos por sus caras homólogas (l. 1, f. 12). Esta estructura por *agrupamiento regular*, es en algun modo y de una manera general, con relacion á la masa que resulta del agrupamiento, lo que es

la estructura cristalina con relacion á un cristal aislado: en el primer caso las partes componentes son cristales de cierto volúmen; en el segundo, las partes componentes son partículas invisibles.

§ 128. II. *Estructuras cristalinas irregulares.* —En estas especies de estructuras se encuentra todavía la naturaleza cristalina de las pequeñas partes constituyentes; pero su conjunto no es *esfoliable* ni regular, como el de los cristales, propiamente dichos. Sin embargo, el modo de asociacion de los pequeños cristales componentes, permite aun dividir la masa de una manera determinada, y su rotura presenta muchas particularidades características.

Estructura lamelar, laminar.—Esta es propia de los minerales que se dividen en láminas tan pequeñas que no permiten reconocer el número ni la direccion de las *esfoliaciones*. Estas láminas presentan una multitud de facetas como lantejuelas, que suelen adherirse á los dedos, como sucede en la *cal niviforme*, los *cloritos*, etc. Cuando las láminas son apenas perceptibles, se designa frecuentemente la estructura con el nombre de *laminar;* tal es la del *mármol pentélico.*

Estructura esquistosa.—Esta variedad está caracterizada por la facilidad con que se separan sus láminas, semejantemente á lo que sucede en las pizarras; y resulta de la sobreposicion de láminas que forman lechos sucesivos que puedan aislarse bajo la forma de hojas ó placas.

Estructura fibrosa.—Esta estructura pertenece principalmente á los minerales que resultan de la agregacion de cristales deformados ú obliterados,

alargados en filamentos capilares ó bacilares, (pár. 111). Estas fibras están á veces entremezcladas y contorneadas en todos sentidos, como puede verse en las formas coraloides (pár. 116); otras veces son convergentes hácia un centro en una sustancia redondeada ó en una masa simplemente radiada: en este último caso se dice que la fractura es *radiada*. En algunos minerales, tales como el Piróxeno, la Barita sulfatada, las pequeñas baritas reunidas, quedan distintas, y la fractura se dice *basilar*.

Las sustancias designadas con el nombre general de *Asbesto*, de *Amianto*, tienen una estructura eminentemente fibrosa hasta el punto de poderse aislar los filamentos capilares que las componen. Este es un caso raro de la estructura fibrosa, aunque ella no deja de ser frecuente.

Estructura dendrítica.—Esta es la estructura que presentan en su testura los cristales que forman los agrupamientos dendríticos pár. 116); y tambien en los que se reunen en agregaciones confusas. Se encuentran ejemplos de esta estructura en la Galena (súlfuro de plomo), el Bismuto, las Micas.

Estructura granular.—En esta estructura están acumulados sin órden alguno los pequeños cristales, y se separan por la fractura, sin seguir una determinada direccion. Es necesario distinguir de esta estructura granular cristalina así definida, la estructura granular arenosa que resulta de la aglutinacion de cantos rodados, ó de granos de arena que se encuentran en la greda de nuestros empedrados.

§ 129. II. *Estructuras accidentales.* — Estas

estructuras apenas ofrecen rasgos vagos en estremo de la naturaleza cristalina de las partículas, ó no ofrecen ningunos. En general deben su naturaleza á las causas que hemos asignado estudiando las formas accidentales (pár. 117 y siguientes).

Las Estalactitas, las Pisólitas, los Riñones no cristalinos, los depósitos onduloses formados por las aguas, tienen una estructura en relacion con el modo irregular de acrecentamiento de estas diversas configuraciones, y puede llamársele *estructura irregular de acrecentamientos*.

Las masas minerales susceptibles de contraerse (pár. 121), pueden adquirir diversas estructuras: fibrosa, esquistosa, laminar ú otras, que recuerdan las estructuras que acabamos de examinar bajo cada una de estas denominaciones, pero que deben distinguirse de ellas por su causa: estas son las *estructuras por retraccion* (pár. 121).

Determinando la retraccion fisuras que se encuentran muchas veces llenas de materias estrañas, como se ha visto en el último párrafo citado, resulta de esto con frecuencia, segun la desaparicion de la materia primitiva, cavidades de todas formas, que producen en la masa una estructura particular, cuyo orígen recuerda el nombre de *estructura por amoldamiento* (pár. 121 y 122).

Ademas resultan otras cavidades ó *celdillas* de la accion de las ampollas gaseosas que han atravesado las sustancias blandas ó fundidas que constituyen una estructura particular. Esta estructura celular ó porosa, se observa en las escorias y en las materias volcánicas, en las piedras pomez, en algunos depósitos calcáreos, donde la ascension ver-

tical de la ampolla gaseosa abre á veces conductos tubulares.

Las petrificaciones sellan necesariamente las sustancias minerales con los rasgos de la estructura propia de los tejidos orgánicos, y de aquí el haber admitido la que llamamos *estructura orgánica*, variedad por cierto muy comun.

Se dice, en fin, que la estructura es *compacta*, cuando no puede distinguirse en el mineral órden ó colocacion alguna de partes, porque estas están íntimamente unidas, la masa es muy sólida y homogénea. Mas en esta estructura se admiten muchas variedades.—Se llama *concoide*, cuando la testura reciente de la sustancia presenta un cono mas ó menos achatado, y permite desprender el fragmento en que se ve marcado el mamelon conoide desprendido. Tal es la testura de una bolilla de ágata que se rompe sobre un cuerpo duro; tal es tambien la del cuarzo hyalino.—La testura *esquirlosa* ó *astillosa* es la que presenta en su superficie *esquirlas* ó pequeños fragmentos medio desprendidos: en las ágatas, el feldspato compacto, encontramos egemplos de esta variedad.—Llámase *unida* la testura cuando su superficie es perfectamente plana, como se observa en el mineral calcáreo litográfico; es *desigual*, *pulverulenta*, *arenisca*, *térrea*, cuando las partes en estado de polvo, de arena, de cascajo menudo, permanecen mal agregadas y movibles, y forman una superficie de diversos aspectos representados por los nombres que acabamos de espresar: la greda, por egemplo, tiene la testura térrea.

III. Propiedades ópticas.

§ 130. Los cuerpos sometidos á la influencia de la luz, nos ofrecen ciertas propiedades que se denominan ópticas: tales son el *color*, la *trasparencia*, el *brillo*, la *refraccion*, la *polarizacion*, el *policroismo*, el *asterismo*. De todas estas propiedades y aun de todas las físicas, si se esceptúa la forma geométrica, la refraccion es la mas importante, porque está íntimamente ligada con la cristalizacion. Por esta razon principiaremos por ella el estudio de las propiedades ópticas, y concluiremos diciendo algo de la *fosforescencia*.

§ 131. Refraccion.—Todo rayo luminoso que atraviesa oblicuamente un cuerpo diafano, se rompe á la entrada de este cuerpo, y de aqui la espresion de *refraccion* (refractus, quebrado) para representar este fenómeno. En los cuerpos no cristalizados y en los cristalizados que pertenecen al sistema cúbico, el rayo luminoso incidente que cae simple sobre su superficie, los atraviesa sin descomponerse; mas en las sustancias cristalizadas que pertenecen á los cinco últimos grupos, el mismo rayo se hace doble por la accion del medio que le presentan estos cuerpos. Por esto se distingue la *refraccion simple* de la *refraccion doble*.

Refraccion simple.—El rayo quebrado se dobla mas ó menos segun las sustancias que atraviesa; y en general se aproxima de la perpendicular al punto de inmersion, cuando pasa del aire al mayor número de cuerpos; alejándose, al contrario, de

esta perpendicular, cuando pasa del cuerpo refringente al aire.

El ángulo que forma el rayo quebrado con la perpendicular en el punto de inmersion, se denomina *ángulo de refraccion*, y *ángulo de incidencia* el formado por el rayo incidente con la misma perpendicular. El ángulo de refraccion varia en sus relaciones con el ángulo de incidencia, segun que el rayo luminoso pasa del aire á tal ó tal sustancia; estos dos ángulos, ó mas bien sus senos, están por el contrario en una relacion constante para cada sustancia: á esta relacion llamamos el *índice de refraccion* de la sustancia.

El mineralogista encuentra muchas veces en este índice de refraccion, el medio de distinguir ciertas sustancias, con tal de que estén puras. Los colores pueden modificar, y en general, aumentar el valor del índice de refraccion de una sustancia: asi es que el topacio incóloro tiene por índice 1,610 mientras que en el topacio amarillo este índice es de 1,632.

El índice de refraccion no es siempre el mismo cuando una sustancia de una misma combinacion química cristaliza en dos sistemas: el carbonato de cal, pues, tiene por índices 1,854 y 1,483, mientras que en la Aragonita son estos índices 1,693 y 1,535.

La refraccion simple depende, pues, en parte de la naturaleza de la sustancia, y en parte de la colocacion molecular. Sobre este hecho interesante debe fijarse la atencion.

§ 132. Refraccion doble.—Se ha dicho que al atravesar las sustancias cristalizadas que perte-

necen á los cinco últimos grupos cristalinos, el rayo incidente se divide en dos rayos distintos: de modo que si se observa un objeto al través de uno de estos cristales, se distinguen dos imágenes del mismo objeto. Un romboedro de Espato de Islandia (carbonato de cal trasparente), por la diafanidad y el volúmen de sus fragmentos, es muy á propósito para hacer sensible esta propiedad notable que está en íntima relacion con la colocacion de las moléculas y el modo de cristalizacion.

La certeza de la doble refraccion en una sustancia, es ya un hecho importante, pues que nos permite afirmar que esta susiancia cristalizada no pertenece al sistema cúbico.

Las dos imágenes representadas por la doble refraccion, cambian de posicion relativa con los movimientos que se imprimen al cristal; mas una de ellas sigue las leyes de la refraccion simple, y su índice permanece el mismo, mientras que la otra se coloca sucesivamente en diferentes planos y varia sus relaciones. La primera recibe en consecuencia el nombre de *imágen ó rayo ordinario;* la segunda es llamada *imágen ó rayo estraordinario*.

Hay, sin embargo, una direccion, y algunas veces dos, en las cuales se ve solamente una imágen, aun al través de un cristal dotado de la doble refraccion. De aquí la distincion de estos cristales en *cristales de un eje* y *cristales de dos ejes.*

§ 133. Cristales de un eje.—Cuando los cristales tienen sus caras simétricas colocadas al rededor de una línea ó eje único, como sucede en los que se derivan del prisma de base cuadrada y

del romboedro, la observacion prueba que no existe rayo estraordinario, ó en otros términos, que se distingue una sola imágen, cuando se observa siguiendo el eje del cristal una oscilacion á derecha ó izquierda de este eje produce la imágen doble.

El eje que produce la imágen simple, en los cristales de doble refraccion, se llama *eje óptico, eje de doble refraccion, linea neutra.* En los cristales de un eje, este se confunde con el eje cristalográfico.

§ 134. *Cristales atractivos ó repulsivos.*— En ciertos cristales de un eje, el rayo estraordinario se aleja mas del eje que el rayo ordinario; en otros sucede lo contrario. Parece, pues, que en los unos el rayo estraordinario es *repelido* por el eje, y que es *atraido* en los otros. De aquí el nombre de *cristales repulsivos* dado á los primeros, y el de *cristales atractivos* á los segundos. Los cristales *repulsivos* son llamados tambien *negativos;* los *atractivos* reciben asimismo el nombre de *positivos.* Esta circunstancia permite á veces distinguir entre sí diversas sustancias que por sus caracteres esteriores podrian confundirse: asi es como el Cinabrio (súlfuro de mercurio), que es negativo, se distingue de el Argiroso (súlfuro de Plata), que es positivo, etc.

§ 135. Cristales de dos ejes.—En los cristales en que no están todas las caras verticales ordenadas al rededor de una línea ó eje único, es decir, en el sistema del prisma recto rectangular y en el de los dos prismas oblícuos de los grupos quinto y sesto, existen dos ejes de doble refraccion; esto es, dos direcciones, segun las cua-

les se puede observar un objeto sin verle doble.

Estos dos ejes determinan un plano, el cual comprende uno de los ejes cristalográficos; este último recibe el nombre de *línea media*, porque divide ordinariamente en dos partes iguales el ángulo que forman entre sí los dos ejes ópticos. Una línea perpendicular á la *línea media*, dividirá evidentemente en dos partes iguales los otros dos ángulos, ó angulos suplementarios que los ejes ópticos forman entre si: se llama en consecuencia esta línea, *línea suplementaria*.

En los cristales de dos ejes, no existe rayo ordinario sino en un plano perpendicular á la línea media de los ejes, y á la línea suplementaria. Se vé, pues, que en todos los fenómenos de que vamos tratando, el plano de los ejes, la línea media y la suplementaria, están entre sí en determinadas condiciones de simetría y de accion, en relacion con la forma cristalina.

§ 136. Polarizacion. — Se comprende bien cuánta es la importancia de los fenómenos de doble refraccion, en vista de lo estrechamente que se ligan con la forma cristalina. Tales fenómenos, no obstante, serian de una certeza cuestionable, si una propiedad particular de la luz no nos proporcionase medios prácticos de observacion: esta propiedad es la *polarizacion*.

Cuando un rayo luminoso cae sobre un espejo de vidrio pulimentado, sin azogar, se refleja, formando el ángulo de reflexion igual al ángulo de incidencia. Si el rayo se refleja formando un ángulo de 35.° 25′, adquiere entonces ciertas propiedades particulares: así el podrá sufrir una reflexion par-

cial, si es recibido, en un punto cualquiera de su trayecto, sobre otro espejo semejante al primero, con tal de que no sea paralelo á este, y que la segunda reflexion no se haga en un plano perpendicular al plano de la a primera reflexion.

Este notable fenómeno, descubierto en una época en que se consideraba la luz como compuesta de moléculas propias, dotada de un eje y de polos, se atribuyó á que estas moléculas dirijian todos sus polos de la misma manera; de aqui el nombre de *polarizacion* usado para designar esta propiedad.

El ángulo bajo el cual tiene lugar el *máximum* de efecto, varia con las sustancias y sirve para distinguirlos. Acabamos de ver que este ángulo es en el cristal de 35.° 25'; pero en el diamante es de 21° 52' y sirve para distinguir inmediatamente esta piedra preciosa de las falsas, cuando estando tallada es imposible recurrir á otros ensayos para reconocerla.

§ 137. Ademas de esta propiedad, presenta otra la *luz polarizada* cuando atraviesa un cuerpo dotado de la doble refraccion: no ofrece mas que una sola imágen cuando la seccion principal del prisma bi-refringente es perpendicular al plano de reflexion; pero ofrece dos imágenes en todas las otras posiciones.

La Turmalina, cristal de un eje y de doble refraccion negativa, ofrece un fenómeno digno de fijar la atencion relativamente á la propiedad de que nos ocupamos. La luz polarizada no puede trasmitirse al través de una lámina de esta sustancia, de la cual el eje es paralelo al plano de re-

fraccion: en esta posicion, la luz polarizapa se estingue. Si se toman, pues, dos láminas de turmalina, talladas paralelamente al eje, y se colocan la una sobre la otra en su posicion natural, la luz las atraviesa fácilmente por ser diáfanas; mas si se cambia una de las láminas (A B, f. 43, l. 2), la luz que pasa al través es polarizada en parte, y el espacio comprendido entre las dos turmalinas se estingue progresivamente hasta hacerse del todo oscuro cuando las láminas están en ángulo recto.

Supongamos, no obstante, que se coloca entre las dos láminas de turmalina un cristal dotado de la doble refraccion; el rayo polarizado por la primera lámina se desvía de su línea al atravesar el cristal: él no se presenta ya perpendicularmente á su superficie emergente, no se estingue, y la parte oscura podrá hacerse asi trasparente. Una sustancia que posee solamente la refraccion simple, no cambiará nada el sistema; asi es que esta esperiencia proporciona un medio fácil de reconocer los minerales que gozan de doble refraccion.

§ 138. Las láminas de turmalina nos proporcionan tambien el medio de distinguir los cristales de un eje de los que poseen dos. En las sustancias de un eje la parte iluminada deja ver unos anillos coloreados, atravesados por una cruz negra cuyos brazos se dilatan en forma de pincél por sus estremidades (l. 2, f. 44): los anillos son circulares. En las sustancias de dos ejes se distinguen en general dos series de anillos coloreados, atravesados solamente por una banda negra (l. 2, f. 45). Estos anillos son casi siempre de figura elíptica. Los diámetros de los anillos coloreados varian con

las sustancias cuando están talladas en láminas de igual espesor; ellos producen tambien un medio de distinguir los mineralas.

Para observar de una manera cómoda los importantes fenómenos á que dan lugar las láminas de turmalina, se montan estas en unos anillos en forma de pinzas (l. 2, f. 46). Las láminas de las sustancias cuyas propiedades ópticas se quieren apreciar, deben tallarse de una manera conveniente.

§ 139. *Policroismo.*—Otra propiedad de la luz, relativa á la cristalizacion, consiste en que las sustancias cristalinas que la poseen, observadas al través, presentan un color diferente, segun que se las mira paralela ó perpendicularmente al eje. Los cristales del primer grupo dan en general un mismo color en cualquier sentido que los atraviesen los rayos luminosos: estos se denominan *unicróitos*. Los cristales de un eje son *dicróitos*. Los cristales de dos ejes ofrecen colores variables segun el ángulo bajo que se les examina, y son por lo mismo *policróitos*.

§ 140. *Asterismo.*—Muchas sustancias, colocadas delante de una luz viva, dan por reflexion y por refraccion una estrella brillante con un número mayor ó menor de brazos: el *Zafiro* y el *Granate*, por ejemplo, presentan una estrella de seis rayos. A esta propiedad se ha dado el nombre de *Asterismo*; parece que está unida á la forma cristalina y que es una consecuencia de ella.

En efecto, si se trazan sobre el vidrio estrias paralelas y muy aproximadas, mirándo al través de este cristal la luz de una bugia, se ve á los dos

lados de la llama una banda luminosa perpendicular á la direccion de las estrias: si las estrias son rectangulares, las bandas luminosas se cruzan en ángulo recto; y se distinguen, en fin, tantas bandas luminosas, cuantas son las series de estrias. Pero estructuras semejantes producen efectos análogos, y en el zafiro, por ejemplo, se observan tres series de estrias paralelas á las diagonales de la base del prisma de seis caras. Parece, pues, que la estrella del zafiro resulta de una estructura análoga á la disposicion en forma de red que producen las bandas luminosas. Las sustancias fibrosas, como el *quarzo asbestífero* ú *ojo de gato* obran estos efectos de una manera muy sensible, lo cual es debido á su estructura particular.

§ 141. *Círculo parhélico.*—Todas las sustancias astéricas ofrecen otro fenómeno, que consiste en un círculo luminoso que pasa por la llama que sirve de punto de observacion llamado *parhélico.* Este efecto es producido, segun parece, por la reflexion de la luz sobre las aristas de las moléculas prismáticas componentes, que forman sistemas de estrias paralelas al eje. Se le observa tambien en las materias fibrosas.

§ 142. *Coronas.*—Si se tallan unas placas perpendiculares á la direccion de las fibras en las sustancias compuestas de fibras regulares paralelas se distingue al través de estas placas una corona circular mas ó menos grande al rededor de la luz. El diámetro de la corona está en relacion con el grosor de las fibras.

§ 143. *Lustre ó Brillo.*—Se designa bajo este nombre una impresion particular que recibe el ojo

de la luz reflejada en la superficie de los cuerpos: esta impresion, imposible de definir en sí misma, procede de la colocacion especial de las moléculas mas bien que de su naturaleza. La especie de *lustre* se indica, en general, por comparacion con las sustancias que pueden servir de tipo: se le llama *vítreo*, *ceroso*, *resinoso*, *graso*, *sedoso*, *nacarado*, *adamantino*, *metálico*, *semi-metálico*; y su intensidad se significa por los epitetos del lenguage habitual: así un cuerpo es *mate*, *lustroso*, *brillante*, etc.

§ 144. *Color.*—El color es *propio* del mineral ó *accidental* en él.

El color *propio* depende de la composicion química del cuerpo, y por consiguiente es siempre el mismo, mientras la sustancia se conserve pura: esto es lo que observamos principalmente en los súlfuros, los ócsidos y el mayor número de combinaciones metálicas: el *perócsido de hierro*, pues, es rojo; el *carbonato de cobre* es verde, etc. La intensidad del color varia, sin embargo, con la densidad de la masa, y esta es la razon de que el azul, el violado, el verde, puedan llegar al negro: el color del polvo de un cuerpo indicará su color de una manera en algun modo absoluta.

Una colocacion molecular especial, que no modifique la naturaleza química de un cuerpo, puede cambiar, no obstante, su color: así es que el Azufre, fundido á 109° y enfriado, es amarillo; llevado á 400° y enfriado bruscamente, se hace blando y de color bruno rojo: tambien el *Fósforo*, enfriado lentamente, es amarillento; mas si se enfria de pronto, adquiere el color negro.

Los colores *accidentales* son debidos, en general,

á las mezclas; por esto el *mármol negro* es un carbonato de cal coloreado por un betun ó por el carbon. Estos colores resultan á veces de la combinacion química accidental de sustancias que pueden no alterar la pureza del cuerpo mismo, como se observa en el cristal de roca, que es incóloro, amarillo, verde, bruno, violeta, negro; en la Esmeralda, que se encuentra sin color ó verde, azul, amarillo, etc. Muchas veces los colores accidentales, lejos de ser uniformes, se mezclan de modo que forman variados dibujos, los cuales se distinguen por los epitetos de *listados*, en forma de *zonas*, *manchados*, *punteados*, *venosos*, *nebulados*, *dendríticos*, en *llamas*, *ruiniformes*, etc.; estos últimos son muy notables en el *mármol ruiniforme de Florencia*.

El caracter de los colores ofrece circunstancias interesantes para reconocer la naturaleza del mineral: estas circunstancias dependen de la *mutabilidad* y de la *alteracion* de los colores.

La mutabilidad comprende la *irizacion* y el *cambio*. La irizacion es *esterior* cuando resulta de una alteracion en la superficie de los minerales, como en el *cobre piritoso*; ó de la presencia de peliculas estrañas, como en el *Hierro oligisto de la isla de Elba*; y es interior cuando el mineral está atravesado en determinadas ó confusas direcciones por pequeñas grietas, que refractan la luz con variados visos, como en el *ópalo*. —El cambio consiste en la propiedad de variar de color, segun la mayor ó menor inclinacion de la luz sobre el cuerpo: este fenómeno se observa en alto grado en la *piedra* de *Labrador* ó *Labradorita*.

La alteracion de los colores resulta de un cam-

bio en la composicion química por la accion de la atmósfera. Asi es como el *carbonato de Hierro* ó *Hierro espático*, que es de un gris sucio en el estado de pureza, pierde una porcion de su ácido carbónico, pasa al *maximum* de ocsidacion y su color se vuelve bruno.

§ 145. Trasparencia.—Los minerales son *diáfanos* cuando su trasparencia es tan grande que se pueden distinguir bien al través de ellos los caracteres trazados en el papel: tales son el *Cristal de roca* y el *Espato de Islandia*. La imágen es simple ó doble segun que el cristal está dotado de la simple ó doble refraccion.

Los minerales son *traslucientes* cuando permiten el tránsito á la luz, pero sin que al través de ellos puedan distinguirse los objetos, como sucede con un vidrio sin pulimentar: el *Albatro*, la *Agata*, son trasparentes en este grado.

Los epítetos *semidiáfanos*, *traslucientes en los bordes*, y otros, indican grados en la trasparencia ó particularidades relativas á los puntos trasparentes. Los cuerpos que carecen absolutamente de trasparencia son *opacos*.

§ 146. Fosforescencia.—Algunos minerales poseen la propiedad de producir luces mas ó menos vivas en la oscuridad. Este fenómeno, que puede ser considerado como una consecuencia del estado eléctrico de los cuerpos, presenta, no obstante, unos juegos de luces que le aproximan á las propiedades ópticas; y por esta razon nos ocuparemos de él en este lugar. La fosforescencia se desarrolla por tres medios: por el *calor*, el *frotamiento*, la *electricidad*.

Ciertos ejemplares de *Cal fluatada*, designados con el nombre de *clorófano*, son fosforescentes á la temperatura media de nuestros climas, y brillan en consecuencia constantemente en la oscuridad. El calor de la mano, el del agua hirviendo, basta para que otros ejemplares adquieran la fosforescencia; mas para comunicar esta propiedad á determinados minerales es indispensable el calor rojo sombra ó la temperatura de los hornos; sin embargo, la propiedad nada tiene de específico, y como se vé, solamente difiere por su intensidad.

El mas ligero frotamiento basta para producir rastros fosforescentes en algunos minerales, tales como ciertas variedades de blendas (súlfuro de zinc). El cristal de roca, algunos mármoles, el mayor número de las materias vidriosas, exijen para desarrollar sus luces fosforescentes, que se froten fuertemente dos fragmentos el uno contra el otro. La percusion, que es un medio de frotacion mas fuerte, produce efectos análogos en las sustancias que se esfolian; el choque de un pilon en un mortero desenvuelve una fosforescencia intensa que hace aparecer la masa como enrojecida; el *feldspato límpido* es un buen ejemplo de este efecto.

Las chispas eléctricas vivamente repetidas, pueden hacer fosforescentes á ciertos minerales.

IV. Propiedades eléctricas y magnéticas.

§ 147. Electricidad.—El frotamiento, el con-

tacto, el calor, pueden desarrollar la electricidad en todos los minerales; pero en Mineralogia se llaman *eléctricas* las sustancias que pueden adquirir directamente, esto es, sin estar aisladas las propiedades elétricas. En general, los minerales de aspecto petroso, vítreo ó resinoso, son *eléctricos*; se les llama tambien *malos conductores y aislantes*. Los minerales de brillo metálico deben por el contrario estar aislados para que adquieran la propiedad eléctrica: estos son ordinariamente buenos conductores.

Los minerales comprendidos en cada una de las dos categorías precedentes, se diferencian por la naturaleza de su electricidad, ó por el tiempo que permanecen electrizados. El *Diamante* adquiere siempre la electricidad positiva: el *Azufre*, al contrario, se electriza siempre negativamente. El *Carbonato* y el *Fluato de cal*, el *Topacio*, la *Aragonita*, el *Quarzo*, se electrizan por la simple presion entre los dedos, y conservan su virtud eléctrica por mas ó menos tiempo, el cual puede estenderse hasta once dias en el *Carbonato de cal*. Asi un gran número de cuerpos aislantes, la *Turmalina*, por ejemplo, el *Topacio*, el *Diamante*, el *Quarzo*, se electrizan por el calentamiento y el resfrio, pasando al estado neutro cuando la temperatura queda estacionaria. Nada tienen de característico, no obstante, todas estas propiedades, y por consiguiente son de poco valor en la práctica por las grandes diferencias que se manifiestan en varios ejemplares de una misma sustancia, que dependen probablemente de la naturaleza de su superficie.

§ 148. El fenómeno mas notable que nos

ofrecen los minerales eléctricos, es la propiedad que poseen de tener *polos;* es decir, el presentar la electricidad positiva en una de sus estremidades, y la negativa en la otra. Esta *electricidad polar* ha sido estudiada en las sustancias que se acaban de designar como susceptibles de electrizarse por el calentamiento y el resfrio; siendo señaladamente muy sensible en la *Turmalina*. Calentadas estas sustancias y enfriadas progresivamente despues, se hacen eléctricas, pero en sentido inverso; esto es, que los polos se invierten. La línea que une los polos se llama *eje eléctrico*.

Lo que hace de la electricidad polar uno de los hechos mas interesantes, es su relacion con la forma cristalina, y que los polos geométricamente idénticos se modifican de diferente manera. Ya se ha dicho (pár. 45) que las anomalías de simetrías observadas en la *Boracita*, concuerdan con la existencia de cuatro ejes de electricidad que se confunden con las diagonales del cubo. La misma relacion ofrecen la turmalina y otros cristales. La causa de todos estos fenómenos se atribuye al estado molecular de los cuerpos.

§ 149. -Magnetismo.—El Hierro solo se encuentra en la naturaleza en estado en que pueda producir algun efecto magnético. El iman natural es el *Hierro oxidulado:* se distinguen en él dos polos, uno de los cuales rechaza ó atrae la aguja imantada, segun que el polo de esta que se le aproxima, es ó no de la misma naturaleza que el de aquel mineral (pár. 213).

V. Peso específico.

§ 150. En volúmenes iguales los cuerpos tienen pesos diferentes: el peso propio de cada cuerpo es su *peso específico*. En determinadas sustancias es el peso tan considerable ó tan insignificante, que basta este solo caracter para reconocerlas inmediatamente que se las suspende en la mano. Esto basta para distinguir fácilmente la Platina de la Plata, que pesa menos de la mitad, ó del Estaño, que pesa un tercio: del mismo modo pueden distinguirse tambien los ejemplares de *Carbonato de cal*, el de *Plomo*, y el *Sulfato de Barita* que tienen alguna analogía por su color blanco y su aspecto brillante, pero que difieren mucho por su peso específico, pues el del *Carbonato de Plomo* es triple del de el *Carbonato de cal*. En el mayor número de cuerpos, sin embargo, no es tan sensible esta diferencia, y para apreciar su peso específico se les compara con el peso del agua tomado como unidad.

Para que una tabla de pesos específicos formada segun este principio, tenga algun valor, es necesario que se tomen siempre los cuerpos en su mayor estado de pureza, y en un estado igual de testura. En efecto, un estado molecular diferente hace variar el peso específico de un mismo cuerpo: la Cal carbonatada cristalizada, por ejemplo, pesa un poco mas que la Cal carbonatada laminosa; pero desaparece la causa de esta diferencia tomando todos los cuerpos en un mismo estado molecular, reduciéndolos á polvo. El peso específico asi ob-

tenido es el que Mr. Becudant ha llamado *peso específico absoluto*.

VI. Resistencia á los agentes mecánicos.

§ 151. Bajo este título comprendemos la *Dureza*, la *Tenacidad*, la *Ductilidad*, la *Flexibilidad*, y la *Elasticidad*.

Dureza.—Esta propiedad simplemente relativa se aprecia por la resistencia que un cuerpo opone á dejarse cortar, rayar ó gastar por otro cuerpo. Bajo esta relacion, el *Diamante* es el mineral mas duro, y forma el último término de la escala de dureza comparativa que se ha formado de diez términos colocados á distancias proporcionales en el órden siguiente:

1.º *Talco laminoso*.
2.º *Cal sulfatada cristalizada* (yeso).
3.º *Espato de Islandia* (calcáreo).
4.º *Cal fluatada* (Fluor).
5.º *Cal fosfatada* (Apatito).
6.º *Feldspato laminoso*.
7.º *Quarzo hialino*.
8.º *Topacio*.
9.º *Corindon hialino* (Rubi y Zafiro).
10.º *Diamante*.

Para indicar la dureza de un cuerpo comparándola con la de los términos de esta série, se usa un número intermedio compuesto de las dos cifras ordinales, entre los cuales se coloca el cuerpo cuya dureza se quiere espresar: así es que para indicar

la dureza de la *Esmeralda*, que representa un término medio entre la dureza del Quarzo y la del Topacio, se usa de estas cifras 7-8; y se puede decir entonces que la *Esmeralda* raya el Quarzo y no es rayada por el Topacio.

La dureza de un cuerpo está muy evidentemente en relacion con la forma y la colocacion de sus moléculas: asi es que las variedades cristalizadas de una sustancia, son mas duras, con raras escepciones, que las variedades de estructura confusa. En las sustancias esfoliables es menor la dureza en el sentido de la esfoliacion, que trasversalmente. En los casos de dimorfismo, la dureza se hace diferente: la Aragonita raya el Carbonato de cal y no es rayado por ella. Parece que esta dureza resulta mas bien de la energía mayor ó menor de la fuerza de cohesion que de la naturaleza de las moléculas: por esto las variedades de cal carbonatada tan diferentes por su dureza en el primer estado, pulimentan no obstante los mismos cuerpos cuando están reducidas á polvo.

Tambien la dureza es relativa á la composicion química, porque probablemente la combinacion determina una colocacion especial de las moléculas. Asi, pues, las sustancias aluminosas son muy duras, y se observa en general que los cuerpos mas electro negativos aumentan la dureza: el *Súlfuro de Plomo*, por ejemplo, es mas duro que el plomo; el agua, al contrario, disminuye la dureza de los cuerpos; la *Cal sulfatada* es menos dura que el *anhydrito*, que contiene solamente cal y ácido sulfúrico sin agua.

Cuando se ensaya la dureza de un mineral, se

forma un polvo por la *rasura:* este polvo es característico en los minerales que poseen un color propio; así es que las *Hematites*, minerales de hierro hidratados, se distinguen por su polvo amarillo de ocre, de los minerales de *Manganeso* concrecionados, cuyo polvo es negro.

§ 152. Tenacidad.—Se entiende por *Tenacidad* la resistencia que opone un cuerpo á dejarse romper por el choque ó por el corte. Esta propiedad que frecuentemente se confunde en el lenguage vulgar con la dureza, se diferencia mucho, no obstante, y se desenvuelve generalmente en sentido inverso en un mismo cuerpo. Por esto los cuerpos muy duros como el *Diamante*, el *Cristal de roca*, el *Vidrio*, el *Acero*, la *Piedra de chispa*, se rompen al mas lijero choque: estos son frágiles, y esta es la razon por qué el Diamante no dá chispas con el eslabon. Hay tambien sustancias que son á la vez duras y tenaces como las *rocas anfibólicas*: los metales son particularmente tenaces y pueden ser forjados, laminados y reducidos á hilos.

§ 153. Ductilidad.—Esta es la propiedad que tienen algunos cuerpos de dejarse estender por la percusion, pertenece mas propiamente á los metales nativos que son mas ó menos *maleables*. El minerologista, sin embargo, considera como *dúctiles* ciertos mineralos que no pueden estenderse por el martillo, pero que se dejan cortar por un instrumento cortante, del mismo modo que el plomo, y pueden reducirse á virutas: tales son la *Plata sulfurada* (pár. 234), la *Haloysita* (pár. 243).

§ 154. Flexibilidad.—Son *flexibles* los minerales que se dejan doblar ó encorbar; y son *rígidos*

los que no pueden doblarse. La *Plata nativa*, el *Cobre nativo* pueden doblarse sobre sí mismos sin romperse: las sustancias en general que se dividen naturalmente en láminas, las que son formadas de filamentos delgados, son mas flexibles: tales son las materias llamadas *Asbesto* ó *Amianto* (pár. 128).

§ 155. Elasticidad.—Por la ductilidad (pár. 153), las moléculas una vez dislocadas conservan la nueva posicion que les ha dado el martillo: por la flexibilidad (pár. 154), se doblan sobre sí mismos y permanecen en esta situacion; mas por la *elasticidad* recobran su primitiva posicion luego que cesa el esfuerzo que las ha dislocado. La ductilidad y la flexibilidad indican los límites de la elasticidad: esta se evalúa en general por la altura á que bota ó salta un cuerpo cuando se le deja caer sobre un plano resistente, por el alargamiento momentáneo que puede sufrir, ó por la rapidéz con que se desenvuelve cuando se repliega sobre sí mismo. La *Mica* es á la vez flexible y elástica, y puede distinguirse fácilmente por esta doble propiedad.

Si se trata de apreciar la elasticidad por la naturaleza de las vibraciones que se pueden producir en una lámina de un mineral tallado segun las direcciones que están en relacion con su forma, se reconoce que la elasticidad está ligada á la forma cristalina. Asi, en los cuerpos homogéneos y no cristalinos, la celeridad de las vibraciones, y por consiguiente la elasticidad, es la misma en todas direcciones; pero en los cuerpos cristalizados las celeridades varian segun ciertas direcciones, y se llaman *ejes de elasticidad* las líneas del *maximum* y del *minimum* de elasticidad. Los notables resulta-

dos obtenidos por Mr. Savar estudiando bajo este punto de vista dos sustancias del sistema romboédrico, demuestran que la elasticidad, como la doble refraccion, puede suministrar caracteres muy útiles para la clasificacion de los minerales.

VII. Propiedades debidas al calórico.

§ 156. Facultad conductriz del calor.—Los minerales poseen en muy diferentes grados la facultad de conducir el calor, y por consiguiente impresionar de diferente manera el órgano del tacto. Los hay que producen una sensacion prolongada de frio, como el *Cristal de Roca* y las *piedras finas* que se distinguirán fácilmente por este caracter del *vidrio* y de los *esmaltes* que pudieran imitarlas.

§ 157. Dilatacion.—El movimiento molecular que el calor produce en los cuerpos, en cuya virtud se dilatan cuando se les calienta, y se contraen, cuando se les enfria, ofrece relaciones muy notables con la forma de los cuerpos. Por esto las sustancias homogéneas y los cristales de refraccion simple, se dilatan igualmente en todos sentidos: los cristales de un solo eje de refraccion doble se comportan en general enteramente de otro modo en las direcciones trasversales y en la direccion del eje principal; los cristales de dos ejes de doble refraccion se dilatan de diferente manera en sus tres dimensiones. Estas observaciones son de grande importancia en Mineralogia.

VIII. Propiedades organolépticas.

§ 158. Los minerales impresionan nuestros sentidos de diferentes maneras, por lo que se les da epítetos á veces característicos.

Tacto.—Los cuerpos son *suaves, untuosos, ásperos, áridos* al tocarlos.

Los cuerpos *suaves* son los que no producen sensacion alguna de accion mecánica particular en el órgano del tacto.

Los *untuosos* son grasos y como jabonosos al tocarlos: tales son los minerales magnesianos, como el *Talco*, la *Serpentina*. Se distinguen tambien por este caracter varias especies de arcillas y el *Grafito*, del cual se hace el lapiz de mina de plomo.

Los cuerpos *ásperos y rudos* producen cuando se les toca, la sensacion de la accion mecánica de una superficie rugosa.

Los cuerpos *áridos al tacto* hacen esperimentar á la mano un sentimiento de sequedad, porque se apoderan de la humedad que conserva la flexibilidad de la piel. A su avidéz por el agua deben ciertos minerales esta propiedad que se distingue tambien por el *apegamiento á la lengua*, ó adherencia que contraen con este órgano, apoderándose rápidamente de su humedad. Este último caracter es propio principalmente de los minerales arcillosos y puede bastar con seguridad, para distinguir los calcáreos *arcillosos* de los calcáreos puros.

Olor.—Ciertas sustancias minerales pueden distinguirse por sus *olores propios*: los de cobre, de

estaño y de hierro están en este caso; otros presentan *olores accidentales* debidos á la mezcla de cuerpos estraños; como el olor fétido que se desprende de algunos minerales calcáreos, atribuido á la descomposicion de materias orgánicas en el seno de la tierra.

El olor de una sustancia puede observarse directamente, como en los betunes y los metales que se acaban de nombrar; pero es lo mas general que se desarrollen por la combustion, como lo vemos en el *Azufre*, y los *Súlfuros*; en el *Selenio*, que dá un olor semejante al de los rábanos; en el *Arsénico*, que produce el olor de ajo; y tambien por el frotamiento, como se observa en el *Quarzo* y las materias silíceas; ó por el aliento, como en muchas sustancias térreas.

Sabor.—Esta propiedad se pone de manifiesto únicamente en las sustancias solubles, únicas que el órgano del gusto puede apreciar. Pero como estas sustancias en pequeño número desaparecen, en general, disueltas por el agua, no se puede sacar de su sabor caracter alguno importante. Se distinguen, no obstante, en ciertas aguas el sabor *ácido*; en la sal comun el sabor *salado*; el *fresco* en el nitro; el *estíptico* ó *astringente* en el sulfato de hierro y el alumbre; el *alcalino* en el subcarbonato de potasa; y en otros minerales, por último, el sabor *amargo*, *acre*, *cáustico*, etc.

Sonido.—No tratamos en este momento de apreciar los sacudimientos ocasionados por la percusion en las moléculas de los cuerpos, porque de esto ya se ha tratado oportunamente al hablar de la elasticidad. Se entiende ahora solamente la so-

noridad en la acepcion vulgar de la palabra. Esta propiedad la observamos en alto grado en algunas rocas como la *Fonolita*, (piedra sonora) que debe á ella su nombre.

IX. Delicuescencia. Eflorescencia.

§ 159. La *Delicuescencia* es la facultad en cuya virtud ciertos cuerpos atraen la humedad de la atmósfera hasta el punto de perder su consistencia y liquidarse. Esta propiedad es la causa de no poderse obtener muchas sales sino disueltas en las aguas del mar.

§ 160. La *Eflorescencia*, al contrario, consiste en la propiedad que tienen muchos cuerpos de perder su coherencia y el agua de combinacion, cuando se esponen al aire. En ciertos casos, sin embargo, se eflorescen las sales sin perder parte alguna de su agua de combinacion, y deben probablemente esta propiedad á un cambio en la colocacion de sus moléculas, ya porque hayan sido sometidas á cristalizaciones forzadas (pár. 53), ya porque una temperatura mas ó menos elevada haya determinado en su masa hendeduras que disminuyan la cohesion.

CLASIFICACION DE LOS MINERALES.

§ 161. La clasificacion en Mineralogia, lo mismo que en las demas ciencias naturales, consiste en aproximar ó alejar los seres unos de otros segun el exámen de sus caracteres, y en dar nombres á los grupos asi formados.

Toda *clasificacion natural* debe tener por objeto reunir los seres segun su mayor ó menor analogía real: esta clasificacion debe, pues, necesariamente apoyarse en el número mayor de caracteres á un tiempo mismo, sobre todos los caracteres á la vez, si es posible, ó al menos sobre su conjunto, teniendo en consideracion su grado de importancia, de modo que presente el cuadro exacto y completo de la naturaleza. Aun no se ha elevado completamente á este último término propuesto el *método natural*; este es solamente el resúmen filosófico de todos los resultados obtenidos hasta ahora por la ciencia.

§ 162. Estos resultados, de cuyo estudio nos hemos ocupado en todas las páginas precedentes, y que hemos referido á dos órdenes de caracteres, los unos *químicos* y *físicos* los otros, nos conducen á una observacion general de gran valor; esto es, que todas las propiedades esenciales de los minerales están dominadas por la composicion química, y que la molécula integrante de cada uno de ellos, es su

mas real imágen; nosotros diriamos casi la mas esencial y única personificacion.

Se sabe, en efecto, que la molécula permanece siempre idéntica consigo misma, que puede unirse á otras moléculas segun ciertas y determinadas leyes, y dar asi orígen á diversas pero definidas combinaciones, las cuales á su vez son invariables y nos dan por el análisis las moléculas constitutivas con todos sus caracteres esenciales y permanentes. El *Mármol de Carrara*, por ejemplo, tan solicitado de los artistas por su dureza, blancura y trasparencia; el *Espato de Islandia*, tan puro y trasparente; la *Greda*, nos presentan una serie de cuerpos de propiedades esteriores muy diversas; y todos, sin embargo, nos dan por su análisis el *Carbonato de cal* como molécula integrante: todos se aproximan entre sí por un caracter que no ofrece anomalía: la composicion química. Hemos demostrado ademas que, salvos los pocos casos de dimorfismo, y admitiendo la identidad de composicion como una identidad atómica en el isomorfismo, la forma cristalina está generalmente en relacion con la naturaleza química: que la refraccion simple ó doble está á su vez ligada con la forma y la estructura; que lo mismo sucede con la polarizacion, la elasticidad, el peso específico, la dureza, la dilatacion: que un cambio de composicion envuelve una modificacion en las otras propiedades, sin que jamás suceda lo contrario. A esto puede añadirse, que un mineral no se encuentra siempre bajo su forma cristalina, que les muchas veces opaco ó mate; no permite entonces contestar la refraccion ó la polarizacion, y que su composicion química permanece con fre-

cuencia como el único medio de *establecer* su identidad.

Resulta de estas consideraciones, que existe en Mineralogia un caracter de primera importancia: que este caracter es la composicion química, y que él debe, por consiguiente, servir de base á la clasificacion natural. De las observaciones precedentes se desprende tambien, que el *individuo* mineralógico, esto es, el ser que no puede dividirse sin destruirle ó desnaturalizarle, no es otra cosa que la misma molécula integrante.

Adoptando, pues, la composicion química como principio fundamental de los métodos mineralógicos, los autores han apreciado, no obstante, de diferente manera el valor de los fenómenos químicos, y han combinado en seguida de diversos modos el conjunto de los otros caracteres para establecer las divisiones y subdivisiones necesarias. Asi han tenido orígen muchas clasificaciones. Todas, en general, concuerdan en el establecimiento de la *especie* sobre ciertos caracteres, cuya naturaleza vamos á indicar; pero el agrupamiento de las especies en géneros, ofrece diferencias esenciales, en las cuales residen verdaderamente los caracteres distintivos de los diversos métodos. Ya haremos resaltar estos diferentes puntos de vista, comparando la clasificacion de Mr. Beudant y la de Monsieur Brongniart, modificada por Mr. Dufrenoy. Para la descripcion de los minerales seguiremos esta última.

§ 163. Especie.—*Variedades de la especie.*— Procediendo segun el principio de las analogías para agrupar sucesivamente los minerales segun la ma-

yor semejanza, se forma desde luego la *especie* por la reunion de los individuos semejantes, ó de aquellos que tienen entre sí mas analogía de la que pueden tener con otros cuerpos. La *especie* mineralógica es en consecuencia la *reunion de los individuos mineralógicos formados de los mismos principios constitutivos, en las mismas proporciones.* Los carbonatos de cal antes citados, pertenecen, pues, á una misma especie. Todos los cuerpos compuestos de una molécula de plomo y otra de azufre, forman una misma especie; el *Súlfuro de plomo* ó *Galena*: los que son compuestos de una molécula de plata y otra de azufre, forman otra especie; el *Súlfuro de Plata* ó *Argirosa*, etc.

Concordando, en general, la forma cristalina con la composicion química, resulta que los minerales de una misma especie se parecen tambien por sus propiedades físicas, si se esceptúan los casos de dimorfismo. Algunos mineralogistas nos refieren los minerales dimorfos á una misma especie; otros, al contrario, completan la definicion precedente, añadiendo á la condicion de una composicion idéntica, la de un mismo estado de agregacion molecular y forman asi dos especies de un mismo cuerpo bajo dos sistemas de formas diferentes.

La diversidad de formas que puede presentar una misma especie, sus diversas especies de estructura, el grado de trasparencia ó de opacidad, el brillo, los colores accidentales, las diversas mezclas que no impiden siempre que dominen sus caracteres esenciales, son otras tantas consideraciones, segun las cuales se pueden

establecer otras tantas *variedades* en la especie.

§ 164. Género. Tribu. Familia. Orden. Clase.—Agrupando las especies que tienen entre sí mas analojía, se forman los *géneros*, despues las *tribus*, *familias*, *órdenes*, *clases*; mas si la especificacion apenas ofrece alguna diferencia en los diversos métodos, no sucede lo mismo en la formacion de los grupos superiores; y la subordinacion misma de estos grupos, es mas bien teórica que real en Mineralojía. En efecto, la dificultad para reunir en grupos naturales las especies que tienen entre sí mas analojía, consiste en averiguar cuál es el principio constitutivo que ejerce mayor influencia en el conjunto de las propiedades, y como toda combinacion, por complicada que sea, puede representarse siempre como una combinacion binaria de un principio *electro-negativo ó ácido*, y de un principio *electro-positivo* ó *base* (párr. 10), la cuestion se reduce á decidir cual sea el mas importante de estos dos principios; cual sea, por consiguiente, el que deba servir de punto de partida para la clasificacion de las especies minerales.

§ 165. Algunos mineralojistas, entre ellos Mr. Beudant, han elejido el principio eléctro-negativo como base general del agrupamiento de las especies (véase el párr. 259) Otros, entre los cuales se encuentra en primer término Mr. Berzelius, adoptaron, al contrario, el principio eléctro-positivo, como fundamento esclusivo de la clasificacion. MM. Brongniart y Dufrenoy, considerando que un principio único no podia servir de regla invariable para la determinacion de las

relaciones naturales de los minerales, y que, si el principio electro-negativo conduce á una apreciacion esacta en los silicatos, el principio electro-positivo da, por otra parte, los resultados mas justos que respecto de los metales, fundaron su clasificacion sobre el doble principio. Este último método, adoptado por nosotros, nos parece que aprecia de la manera mas natural las relaciones íntimas, las afinidades de los minerales: él recuerda, ademas, el procedimiento seguido en Zoolojia, en cuya clasificacion natural se aprecian sus caracteres fundamentales, ya en un aparato, ya en otro, segun la importancia que tienen en tal ó tal grupo.

En Zoolojia y en Botánica, se designan los seres por dos nombres: el primero es el del género y el segundo el de la especie. No sucede así en Mineralojia, en cuyo ramo no ecsiste realmente *nomenclatura* alguna, y las especies solas tienen un nombre.

§ 166. Admitiendo el uno y el otro principio como medio de clasificacion, Mr. Dufrenoy reconoce que, para los *metales*, la eleccion de las bases tiene la ventaja de reunir todos los minerales de la misma naturaleza, y que, en los grupos naturales así formados, la dureza, el peso específico, el brillo, los colores, las reacciones químicas, presentan las mayores analojias entre los minerales asociados: la situacion misma y el papel que los minerales juegan en la naturaleza, ofrecen puntos de relaciones notables cuando se reunen las especies por su base, y la Geolojia viene tambien á completar la indicacion de las

relaciones mineralójicas que ecsisten entre los cuerpos brutos.

En cuanto á la asociacion por el principio electro-negativo, el mismo autor limita su aplicacion al grupo de los *silicatos*, en el cual la dureza, el brillo, el aspecto, su papel geolójico, suministran caracteres concordantes. Opina este autor que no se le debe emplear para las otras combinaciones acidíferas, los *carbonatos*, *arseniatos* etc., para las cuales la clasificacion por las bases pone en relieve la mayor suma de analojia en todos los caracteres físicos.

Mr. Dufrenoy admite, pues, tres grandes categorias: los *metales*, los *silicatos* y las *sustancias acidíferas*; la primera y la última fundadas en el principio electro-positivo; la segunda en el electro-negativo.

La categoria de las *sustancias acidíferas*, se subdivide en dos clases: la primera, la de las *sales alcalinas*, contiene las sustancias solubles en el agua, carácter que influye de una manera muy pronunciada sobre las otras propiedades; y la segunda, comprende las *tierras propiamente dichas* y las *tierras alcalinas*.

En fin, ecsisten, ademas, dos clases: la una colocada á la cabeza del reino mineral, comprendiendo los cuerpos simples que constituyen un elemento esencial de todas las combinaciones naturales; la otra, colocada al fin del mismo reino, formada por los minerales que resultan de la descomposicion de los vejetales fijos en la tierra. Los caracteres esteriores podrán quizás conducirnos á aprocsimar á los minerales de los otros

grupos, los seres que forman parte de una ú otra de estas dos últimas clases; pero el papel importante, el papel *mineralizador* de las primeras ecsije que se les aisle; el origen de las últimas les asigna tambien un lugar separado. La consideracion de la representacion geolójica de las especies en la constitucion del globo, añadida á la de la naturaleza química y de las propiedades físicas, nos parece una feliz aplicacion de la Geolojia á la Mineralojia, dos ciencias que abrazan el estudio de los cuerpos brutos, siendo la última, en algun modo, respecto de la primera, lo que la descripcion y la anatomia son á la fisiolojia.

Las seis clases en que Mr. Dufrenoy divide el reino mineral, se colocan, pues en el órden siguiente:

1.ª clase: Cuerpos simples (mineralizadores) que forman uno de los principios esenciales de los minerales compuestos.

2.ª clase: Sales alcalinas.

3.ª clase: Tierras alcalinas y tierras.

4.ª clase: Metales.

5.ª clase: Silicatos,

6.ª clase: Combustibles de origen orgánico.

Cada base dá origen á un géuero particular. Los géneros están colocados entre si segun el principio electro-positivo. En el estudio de las principales especies minerales, agrupadas segun estos principios, recordaremos los caracteres generales de las clases, é indicaremos los de los grupos secundarios. A la descripcion de los minerales, de su situacion, de sus usos, agrega-

rémos la indicacion de las principales reacciones que pueden conducir á distinguirlos: estas indicaciones se completarán con los indicios que contiene la tabla de la clasificacion de Mr. Beudant, de la cual hacemos el resúmen segun la historia mineralójica de las especies.

DESCRIPCION

DE LOS PRINCIPALES MINERALES.

PRIMERA CLASE.

Cuerpos simples que forman uno de los principios esenciales de los Minerales compuestos.

Cuerpos electro-negativos: nunca desempeñan el papel de base con los cuerpos de las otras clases, y forman siempre parte constitutiva de los compuestos binarios (párr. 12).—Forman gases permanentes, ya solos, ya combinados con otros cuerpos de la misma clase.

Esta primera clase comprende veinte y cinco géneros: vamos á citar los principales y sus especies.

§ 167. Género Hidrógeno.—*Hidrógeno* (H). —Gas incóloro, inódoro, combustible, diez y seis veces mas lijero que el aire, que parece salir algunas veces de las hendeduras producidas por los temblores de tierra: se desprende tambien durante las erupciones volcánicas, se inflama por consecuencia de la elevacion de la temperatura, y produce las llamas con que son iluminados esos

grandes fenómenos. Le desprenden tambien algunas fuentes saladas y las de Petróleo, ignorándose su orígen.

§ 168. *Hidrógeno sulfurado* (H^2Su). Gas sin color, de olor de huevos podridos, que se desprende durante los fenómenos volcánicos, ó de las masas de azufre y depósitos térreos que contienen este mineral, cuando se remueve la tierra. Es soluble en el agua y entra en la composicion de las *aguas minerales hepáticas ó sulfurosas* de Bareges, de Bagners, de Enghien etc.

§ 169. *Carburos de Hidrógeno* ($\underline{H}\ C$). Son sólidos, líquidos ó gaseosos. Los primeros tienen una apariencia de cera, de esperma de Ballena ó de materias grasas, y se parecen á la *parafina* que se obtiene por la destilacion de la brea. El único carburo líquido que produce la naturaleza, es la *Naphta*, sustancia volátil, de olor penetrante, que pertenece á los depósitos de sedimiento modernos. Está ordinariamente mezclado con cuerpos estraños que le dan el color bruno, y en este caso se le llama *Petróleo*. El carburo de hidrógeno gaseoso, llamado tambien *grizon*, se desprende del interior de la tierra por las aberturas que se abren ordinariamente en la inmediacion de los terrenos volcánicos: su inflamacion produce las *fuentes ardientes*, los *terrenos ardientes*, los *fuegos naturales* etc. Las lagunas y las aguas estancadas lo exhalan, como tambien las minas, donde produce terribles desastres cuando se inflama.

§ 170. *Agua* (H ó Ag).—El agua ó protóc-

sido de hidrógeno, se encuentra en la naturaleza en el estado sólido formando la nieve, en el estado líquido y en el de vapor.

En el estado de nieve cristaliza en el sistema romboédrico, y constituye las *neveras* ó pozos de nieve, de que se hablará en la Geolojia.

En el estado líquido se presenta casi pura en el agua de lluvia y en la de nieve. Las aguas de fuentes, de manantiales, de pozos, cantienen ácido carbónico, sulfatos, carbonatos, que varian segun los terrenos; en las de los rios se encuentran frecuentemente materias orgánicas; estas materias abundan principalmente en las lagunas.

Las aguas de manantiales suelen señalar una temperatura bastante elevada, y forman las *fuentes termales*, de las cuales se hablará al esponer los fenómenos volcánicos. Otros manantiales contienen principios estraños á los terrenos donde se manifiestan y producen las *aguas minerales*, que tanto abundan en muchas localidades. La sal marina, de la cual estan cargados algunos manantiales, es la causa de las *fuentes saladas*.

El agua se encuentra constantemente en el estado de vapor en la atmósfera; y se exhala tambien en columnas de vapor al través de las hendeduras de los volcanes, de las solfataras y de algunos terrenos calizos, produciendo de este modo el fenómeno de las *fumarolas*.

§ 171. Género azoe.—El *Azoe* (Az) se encuentra mezclado con los gases que se desprenden de los volcanes, y asfixia asi los animales que le respiran: Davy lo ha encontrado tambien en pequeñas cavidades de quarzo. Es bien sabido

que este gas no es propio para la combustion, ni la respiracion. Unido al ocsígeno en la proporcion de 4 á 5 próxsimamente, forma el *aire*: combinado con el mismo gas en la proporcion de 26 :: á 74, produce el *ácido azótico* (Àz).

§ 172. Género cloro.—El *Cloro* (Ch) impregna algunas veces las rocas porosas de ciertas erupciones volcánicas, y se encuentra en el estado de hidrácido en el *ácido cloridrico* (H Ch), cuerpo gaseoso, de un olor picante, que se desprende con frecuencia y en gran cantidad durante los fenómenos volcánicos, y comunica su acidez á las aguas llovedizas, á las fuentes y riberas. El Cloro entra en la composicion de muchos cloruros, de los cuales citaremos la *Querargira* (párr. 236) y la *Sal comun* (párr. 195).

El *Cloro*, el *Bromo*, el *Iodo* y el *Fluor*, son muy semejantes por muchas de sus propiedades esenciales, y constituyen cuatro géneros afines, cuyas relaciones y sus caracteres químicos se indican sumariamente en el característico de la sesta clase de Mr. Beudant, y en el de los grupos que esta clase comprende (v. parr. 275).

§ 173. Género carbono.—El carbono es uno de los cuerpos mas importantes por su representacion en la constitucion de la corteza del globo: se encuentra asociado con las sustancias que forman en algun modo la base de esta misma corteza. En su estado de pureza constituye el *Diamante* y el *Grafito*: con el hidrógeno y el ocsígeno forma muchas combinaciones combustibles mal definidas (párr. 256). Con el hidrógeno forma al-

gunos carburos (párr. 169); con el oxígeno el ácido carbónico, que es luego el principio de un gran número de *carbonatos*, y en particular del *calcáreo*, la mas abundante de las sustancias minerales (197). (v. párr. 279).

El *Diamante* (C) es un cuerpo vidrioso, muy duro, que raya todos los cuerpos sin ser rayado por alguno, y dotado de un brillo enteramente particular. Su forma cristalina es el octaedro regular y otras muchas del sistema cúbico (párr. 69), lo mas comunmente redondeadas. Su peso específico es 3,52: es el mas refrinjente de todos los cuerpos. Muy rara vez se encuentra perfectamente limpio; casi siempre está manchado por tintas amarillentas ó algo brunas. Sus colores casi nunca son bien pronunciados y vivos: los hay negros y completamente opacos.

El Diamante se encuentra envuelto en una capa térrea adherente que se le separa por la lacion, diseminado en depósitos superficiales ordinariamente movedizos de ciertas rocas micáseas y sus aluviones, en despojos de serpentina; generalmente está acompañado de otras piedras preciosas, de oro y de platina. Esiste en un limitado número de localidades: en las Indias, el Dekan y mas particularmente en los valles del Pannar y de la Krichna, donde ha sido siempre conocido; en la isla de Borneo, en Siberia y el Brasil, que es el paraje en que se provee hoy de este precioso mineral casi la totalidad del comercio.

El valor del *Diamante* crece en proporcion del cuadrado de su peso que se aprecia en qui-

lates, y equivale cada uno á 112 miligrammos. Esta progresion es aun mucho mas fuerte cuando su peso escede de algunas grammas; se aumenta su precio cuando están bien tallados y son perfectamente claros. Se conocen muy pocos *diamantes* que pesen mas de 20 grammas. El mas grueso es el de Agrah, que pesa cerca de 133 grammas; el de el Radjah de Mattan, en Borneo, pesa 78 drammas; 63 el del antiguo emperador del Mogol; 41 el que posee el emperador de Rusia; 29, 53 el del emperador de Austria; y 28 y 89 el de la corona de Francia, llamado el Regente. Este ultimo ha perdido por la talla mas de 58 grammas y se emplearon en este trabajo dos años; es el mas perfecto bajo todos conceptos: fué comprado en 2.250,000 fr., y estimado en mas del doble. Estos hermosos diamantes vienen de la India y de Borneo; el mayor que hasta ahora se ha encontrado en el Brasil que pertenece á Portugal pesa poco mas de 25 grammas.

§ 174. El Grafito, *mina de plomo ó Plombajina*, es tambien el carbono puro en otro estado de agregacion, y sirve para fabricar el lápiz llamado de mina de plomo que todos conocen: el mas estimado para este uso es el de Borrodale (Cumberland) en Inglaterra. El Grafito se encuentra en láminas, en masas, en filones, en los terrenos de cristalizacion, y en los de sedimiento prócsimos á aquellos (v. párr. 158).

§ 175. El *Acido carbónico* (C̈ ó C) es un gas sin color, inódoro, soluble en el agua á la cual comunica un sabor algo ácido. Se encuentra libre

en el fondo de los pozos, de las minas abandonadas y en el interior de las cavernas, entre las cuales es muy célebre la *Gruta del Perro*, cerca de Nápoles: se desprende de los cráteres apagados y de las tierras volcánicas removidas. A su presencia deben las *aguas minerales gaseosas* la propiedad de hacer espuma; la mas conocida de estas es la de *Seltz ó Seten* (Prusia renana)

El ácido carbónico combinado con diferentes bases produce los *carbonatos*, los cuales presentan analojias notables que pueden reasumirse del modo siguiente:

Todos hacen efervescencia con el ácido azótico. Son anhydros, hidratos ó hidratíferos, y, si se esceptuan tres de ellos, todos los demas son verdaderos bicarbonatos, en los cuales el ácido contiene doble cantidad de oxígeno que la base. Los carbonatos anhydros son simples ó dobles: pertenecen al sistema romboédrico ó al del prisma recto rectangular: al frente de estos carbonatos está el carbonato de cal, que ofrece, ya se ha dicho, estas dos formas incompatibles (párr. 75). Los carbonatos romboédricos por una parte, y los prismáticos por otra, forman dos series y en cada una de estas las analojias son estremas.

§ 176. Género Boro.—La *Sasolina*, *ácido borácido ó ácido bórico hidratado* (Bo Aq), es una sustancia que se halla disuelta en las aguas procedentes de las humaradas de Toscana, en las cuales cristaliza, ó en las de ciertos lagos del Asia.

§ 177. Género Silicio.—La *Silice* (Si ó Si),

ó *ácido silícico puro* constituye el quarzo, sustancia infusible y sobre la la cual no tienen accion los ácidos por sí sólos, pero que la disuelven con la ayuda de los álcalis, formando entonces con estas sustancias los compuestos llamados *vidrios*. Respecto de su composicion pueden admitirse en el quarzo dos categorias de subespecies; las primeras anhydros, las segundas hidratadas y que comprenden muchas variedades.

Especies anhydros.—*Quarzo hialino*: sustancia vidriosa, inalterable al fuego, susceptible de cristalizacion; sus cristales son siempre dodecaedros de triángulos isóceles, que tienen ó no las caras del prisma ecságono (sistema romboédrico). Tambien se encuentra bajo formas prestadas, en pequeñas masas basilares, fibrosas ó compactas, y; por último, en estado de arena movible ó aglutinada por una argamasa, en la greda de los empedrados de Paris.

Puro y diáfano el quarzo hialino, constituye el *cristal de roca*, cuyas variedades llamadas *ojos de gatos* y *venturina*, deben el juego de luces que presentan á la asociacion del quarzo con el asbesto la primera, á la del mismo quarzo con la mica amarilla de reflejos dorados, la segunda.

El quarzo violeta forma la *Amatista*, que debe su bello color de la espresada flor á la presencia de una pequeña cantidad de ócsido de manganeso: la *Sinopla* está coloreada en rojo por el ócsido de hierro: ecsiste tambien un quarzo amarillo trasparente por cuyo color se le ha dado el nombre de *falso topacio*.

El *Quarzo hialino* se encuentra en casi todos

los terrenos en estado de jeoda; pero abunda principalmente en filones, masas y capas en los terrenos de cristalizacion.

Una subespecie de quarzo muy notable es el *Quarzo compacto* ó *Quarcito*, formado por sedimento, en capas regulares que alternan frecuentemente con otras fosilíferas: este quarzo es compuesto de granos de quarzo hialino reunidos por una argamasa silícea, y se aprocsima tambien á las rocas areniscas que en masas coherentes (piedras areniscas), se emplean en la construccion, en el empedrado, y entran en el estado de arena en la fabricacion de los morteros, del vidrio y de la vajilla de barro. Bajo estas dos formas es una de las sustancias mas abundantes, de la cual tendremos ocasion de apreciar el papel que desempeña en la constitucion de la corteza sólida del globo.

Quarzo ágata.—Este quarzo se vuelve blanco y se desagrega por la accion del fuego: no presenta formas cristalinas, ni doble refraccion, lo que prueba que no posee mas que la estructura cristalina interior; se presenta con frecuencia bajo formas prestadas. Se encuéntra en la naturaleza en forma de riñones, bolos, venas, depósitos amigdaloides, en los terrenos de cristalizacion, de pórfiro y de tracito, y en los filones metalíferos de los terrenos de sedimento inferiores. La *Calcedonia* es una variedad de *ágata* de color blanco de leche, gris de perla, azulado, de otras diversas tintas y de una trasparencia nebulosa: la *Cornalina*, es una variedad de color rojo; la *Sardonix*, variedad de color bruno su-

bido que pasa al rojo de naranja; el *Crisopasio*, variedad medio trasparente de un bello color verde.—Las ágatas *listadas* son formadas de capas alternativas de diversos colores, y sirven para la fabricacion de camafeos: cuando las listas son de colores muy vivos y opuestos, se dá á las ágatas el nombre de *oniques*: algunas variedades de colores claros manchadas de diferentes materias colorantes que representan vegetaciones, se denominan por esta razon *ágatas musgosas* y *ágatas arborizadas*.

El *Jaspe* es una variedad que se distingue por su completa opacidad: está generalmente muy mezclada de partes estrañas, su testura es compacta y los colores suelen ser muy vivos, rojo, amarillo, verde, bruno, violeta, negro etc., distribuidos uniformemente por listas ó manchas. La *piedra de toque* del comercio es un jaspe negro coloreado por el carbon: procede ordinariamente de la Lydia.

Quarzo silice.—Esta subespecie se diferencia únicamente de la ágata por ser menos traslúciente, sus colores y su pulimento menos bellos. La variedad mas importante es la *piedra de afilar*, cuya testura es algo celulosa y su color varia del blanquecino al rojizo. Se encuentra en riñon, en trozos, en agregados ó en pequeños bancos ocultos en los terrenos terciarios, y mas particularmente en el calcáreo silíceo y en las arenas quarzosas de las inmediaciones de Paris. El *Silex pyromaco ó piedra de fusil*, presta la particular utilidad de romperse en fragmentos cortantes que gastan el acero.

Silices hydratados.—Por la accion del fuego se emblanquecen con desprendimiento de gran cantidad de agua. Carecen de estructura interior cristalina y de doble refraccion. Sus diversas variedades se distinguen por caracteres de muy poca importancia. El *ópalo* es la principal: de colores vivos y variados, y notables por sus aguas interiores (párr. 144). Cuando las tintas son amarillas se conoce con el nombre de *Girasol*. Tambien ecsisten otras variedades llamadas *Hidrófanas*, por la singular propiedad que poseen de recobrar su trasluccncia al paso que se penetran del agua en que se inmergen.

§ 178. *Género Titáno.*—En este género observaremos el *ácido titánico* (Ti ó Ti), mezclado de titanato de manganeso: es un cristal de color rojo bruno, rara vez limpio, perteneciente al segundo grupo. Se encuentra en los terrenos graníticos, en Saint-Iricix (Alta Viena), y en Gurdon, (Saona y Loira), por ejemplo. La *Anastacia* se diferencia de la sustancia precedente nada mas que por su color azul.

§ 179. *Género Azufre.*—El *azufre* es naturalmente de color amarillo; pero por las mezclas con otras sustancias que le alteran, presenta casi siempre el verdoso, rojizo y hasta el bruno oscuro: es fusible á los 170°, volatil y muy combustible. Se encuentra en todos los terrenos y principalmente en los de sedimento prócsimos á los volcanes en actividad, ó en las solfataras, cráteres antiguos que conservan todavia alguna actividad y producen continuamente azufre.—Crista-

liza en octaedros de base romboides diversamente modificados (sistema del prisma rectangular recto) y algunas veces en cristales aciculares. Ya se dijo que el azufre presenta el dimorfismo (v. la nota 3.ª). Tambien se encuentra en estalactitas, venas, masas compactas; y algunas veces en el estado térreo, pulverulento y agregado. Las aguas sulfurosas lo precipitan en su tránsito, y se obtiene abundantemente por la descomposicion de los sulfatos siempre que estas sales están en contacto con las materias orgánicas en putrefaccion.

Pero la mayor parte del azufre procede de la sublimacion de los terrenos prócsimos á los volcanes, principalmente de Italia y Sicilia, donde constituye capas regulares, cuyo espesor suele elevarse hasta diez metros. La Islandia tambien ofrece depósitos tan estensos de este mineral, bajo la forma de granos la mayor parte, que podrian proveer al mundo entero, si no fuera por que el calor intenso que se desprende de aquellos terrenos, hace imposible su esplotacion á mas de dos metros de profundidad. Ultimamente, puede obtenerse del súlfuro de hierro (Pyrita) mediante la sublimacion.

Súlfuros.—Combinaciones del azufre con uno, dos ó mas principios que dan por resultado los sulfuros simples, dobles ó múltiples: todos se encuentran en gran número; sólidos los mas y dotados de brillo metálico: tienen entre sí mucha analojía por sus propiedades físicas. Constituyen filones ó agregados en los terrenos de cristalizacion y en los de sedimiento prócsimos á los pri-

meros. Su abundancia nos provee de los metales mas útiles. La comparacion de estos diversos súlfuros es de bastante interés para que nos ocupemos de ella.

Súlfuros simples.—Entre estos súlfuros muchos cristalizan en el sistema cúbico, como la *Argyrosa* (párr. 234), la *Galena* (párr. 222), la *Blenda* (párr. 221), que pertenecen á una misma fórmula; otros corresponden al sistema romboédrico, como el *Cinabrio* (párr. 188), la *Molybdenita* (pár. 189), la *Calcosina* (párr. 229).

Súlfuros dobles.—Muchos de estos resultan de la combinacion de la *Estibina* (párr. 185) con otros súlfuros: así se forman la *Argyritrosa* (párr. 223), la *Psaturosa* (párr. 233), la *Calcopyrita* (párr. 230), etc.

Súlfuros múltiples.—Ya se ha dado á conocer la formacion de los principales de estos súlfuros: la *Polybasita*, la *Panabasa* y la *Estannina* (párr. 14 y 15), compuestos de tres súlfuros que difieren entre sí por la sustitucion de uno de los súlfuros componentes. Las fórmulas de estos tres compuestos complecsos son las siguientes:

Polybasita=9 Eu^2 Su+5 Sb^2 Su^3+36 Ag Su.

Panabasa=8 Cu^2 Su+3 Sb^2 Su+4 Fe Su.

Estannina=Cu^2 Su+Su Su+Fe Su^2.

El órden con que hemos dispuesto los súlfuros constitutivos, esplica con mucha claridad la sostitucion en que insistimos. Si se quisiera averiguar las proporciones de los súlfuros simples, y reemplazar las fórmulas por el nombre de cada uno de estos súlfuros, se podria representar teóricamente la constitucion de los tres súlfuros

triples de que tratamos, en la forma siguiente:

Polybasita = *Calcosina* + *Estibina* + *Argyrosa*.

Panabasa = *Calcosina* + *Estibina* + *Pyrita*.

Estannina = *Calcosina* + *Súlfuro de Estaño* + *Pyrita*.

Sostituyamos la *Galena* á la *Argyrosa* ó á la *Pyrita* de las dos primeras sustancias y obtendremos otro súlfuro, la *Burnonita* (Cu^2 Su + Sb^2 Su^3 + 2 Pb Su), cuya composicion se puede espresar así:

Burnonita = *Calcosina* + *Estibina* + *Galena*.

Estos egemplos servirán de guia para la inteligencia de las combinaciones, tan complecsas á veces, que presentan los minerales, y ayudarán tambien á conservarlas.

§ 180. *Acido Sulfuroso* (S ó SO^2).—Producto gaseoso de la combustion del azufre, que se desprende en abundancia de los cráteres de los volcanes y de las solfataras, tambien se encuentra disuelto en el agua.

§ 181. *Acido Sulfúrico* ($\dot{S}$, S ó SO^3)..—Se encuentra en las aguas prócsimas á algunos volcanes como el Purazo en el Popayan; y en otras, como las del arroyo de *Rio Vinagre*. Ataca las rocas, las desagrega y forma magmas, como en las terribles erupciones cenagosas de Java.

§ 182. *Género Arsénico*.—El *Arsénico nativo* (Ar) es bastante comun, pero poco abundante, en los terrenos metaliferos de súlfuro de plata y del ócsido de estaño; donde se presenta en pequeñas masas basilares y fibrosas, ó en mamelones de capas concéntricas. Su fractura reciente

ofrece el brillo metálico, ennegreciéndose desde luego por el contacto del aire (v. párr. 269). Los arseniatos se forman en los depósitos de los arseniuros: su conocimiento no es de gran importancia.

§ 183. El *Rejalgar* y el *Oripimente* son súlfuros de arsénico que varian en la fórmula (Ar Su y $Ar^2 Su^3$), el primero rojo, en masa; el segundo amarillo. Se encuentran accidentalmente en filones. Se emplean en la pintura con los nombres de *Oripimente rojo* y *amarillo*.

§ 184. *Género Antimonio.*—El *Antimonio nativo* (Sb) se encuentra en pequeñas masas laminosas en los terrenos arseníferos: puro, es de color blanco de plata; cuando tiene mezcla de arsénico es azulado y se ennegrece por el contacto del aire. Se usa mucho en las artes y en la medicina. El del comercio se estrae del súlfuro de antimonio. El antimoniuro natural mas frecuente es el de plata (*Discrasa*, $Ag\ Sb^2$) que cristaliza en prismas rectangulares.

§ 185. La *Estibina*, *Antimonio sulfuroso* ($Sb^2\ Su^3$), es metaloides, color gris de plomo, cristaliza en prismas romboidales, agrupados las mas veces en masas basilares. Se esplota para obtener el antimonio puro. Por lo comun se halla en mas ó menos abundancia en minas metalíferas, y tambien formando filones entre el granito ó en algunas rocas.

§ 186. *Género Teluro.*—El *Teluro nativo* (Te) es de color blanco de estaño ó gris de acero, frágil, volatil al grado de fusion. Entra en la mezcla de muchos minerales, y constituye el

telururo de plomo (Pb Te) y el de *plata* (Ag Te); el primero en pequeñas masas laminosas, el segundo en gruesos granos maleables. Las variedades argentíferas y auríferas se esplotan para la estraccion de los dos metales preciosos que contienen. Estas sustancias se encuentran en los depósitos argentíferos y auríferos de los terrenos traquíticos (v. párr. 272).

§ 187. *Género Mercurio.—Mercurio nativo* (Hg).—Metal de color blanco de plata, líquido á la temperatura ordinaria y hasta 40°-0, volatil. La masa principal de los depósitos de mercurio es formada del Súlfuro ó Cinabrio (párr. 188), en las mismas minas en que se presenta en estado metálico y en pequeños globulitos que llenan las fisuras y cavidades de la masa. Es mas abundante en las partes medias de los terrenos de sedimento y cerca de los depósitos de cristalizacion. Sus principales criaderos son los de Idria, prócsimo á Trieste; en el Almaden, en España; á la ribera izquierda del Rhin, en el Palatinado; y en Huanca-Velica, en el Perú. Utilizando la propiedad que posee este metal de disolver perfectamente la plata y el oro, se emplea en el beneficio de los minerales que contienen estos metales preciosos, y la mayor parte se trasporta con este objeto á la América ecuatorial. Sobre una esplotacion anual de dos y medio millones de kilógrammos, valor de doce millones de francos, representa la Europa mas de los nueve décimos.

§ 188. *Cinabrio, Súlfuro de Mercurio ó Vermellon* (Hg Su).—Este mineral no es metaloides:

su estado ordinario es el de masas granulosas ó compactas, y su color rojo ó bruno; mas cuando se encuentra mezclado á la arcilla y otras tierras les comunica un color rojo, el cual es vivo, brillante y hermoso en el cinabrio puro pulverizado. Tambien se encuentra cristalizado y los cristales mas bellos son los que vienen de la China. Es muy pesado y volatil.

§ 189. *Molybdena.*—La *Molybdena*, súlfuro de *Molybdena* (Mo Su^2), es una sustancia metaloidea, untuosa al tacto, de color gris de plomo, muy comun en los Alpes y en los Pirineos, y que sirve para preparar la Molybdena y sus compuestos.

§ 190. *Género Tûnsteno.*—El ácido túnstico nos ofrece tres combinaciones que se encuentran en los depósitos de minerales de estaño y que son de una gravedad especifica muy considerable. Estas son la *Esquelita Ca* T^3, la *Esquelitina* Pb T^3, que son blancas é isomorfas, en octaedros de base cuadrada, y el Wolfram ó *Esquelina ferruginea* (3 *fe, mn*) T^3, sustancia negra, en prismas romboidales, que se encuentra en Francia en determinados granitos de las cercanias de Viena en el Delfinado.

§ 191. *Género Cromo.*—El ócsido de cromo puro (Cr. ó Cr) es de color verde; de muy poca importancia para detenernos en mas pormenores. Combinado con el ócsido de hierro forma la *Siderocroma* (párr. 216).

§ 192. *Géneros Osmio y Rodio.*—Metales que se encuentran aleados al Platino.

SEGUNDA CLASE.

Sales alcalinas.

Las diferentes sales que componen esta clase se disuelven en el agua y tienen un sabor muy pronunciado. Comprende tres géneros: *Amoniaco*, *Potasa* y *Sosa*.

§ 193. *Género Amoniaco.* — La *Salmiac*, *amoniaco muriatado ó sal amoniaco* (Az $H^3)^2$+(H Ch), se presenta comunmente bajo la forma de costras de color gris sucio, rara vez en cristales, los cuales son trapezoedros y trasparentes. Es soluble en el agua y volatil á una temperatura poco elevada. Se encuentra en los volcanes despues de las erupciones, en las hendeduras de las solfataras y en algunos parajes en que ha tenido lugar la fermentacion pútrida de sustancias animales.

El *amoniaco sulfatado ó Mascagnina* (Az H^3) ^{2}+Su^3 | 2 Ag), es una sal eflorescente mas rara que la anterior, formada en circunstancias análogas á las que producen esta.

§ 194. *Género Potasa*—El *Salitre* (C K $\ddot{A}z$), *Nitro ó Azotato de Potasa* es una sal soluble que procede casi siempre de la descomposicion de las sustancias animales y que se encuentra tambien en los estados de eflorescencia en los estensos llanos de Ungria, Ukrania, Persia, Arabia y en los desiertos de Egipto, sin que podamos espli-

car su origen. Cristaliza en prismas romboidales y deflagra al fuego.

§ 195. *Género Sosa.*—La *Salmara*, *cloruro de Sodio* (Na Ch^2) *sal marina*, *sal gemma*, *sal comun*; cristaliza en cubos atravesados algunos por una cavidad cónica: tambien se presenta en masas compactas, camas, montones, aglomoraciones mas ó menos voluminosas y aun montañas estensas, en los terrenos terciarios y otros en que dominan la arcilla, la marna y la caliza. Ecsisten depósitos de sal que comprenden dilatadas comarcas, en Moldavia, Ungria, Transilvania, Francia, Suiza, Inglaterra y España. Las aguas de algunas fuentes, de los lagos y los mares llevan en disolucion inmensas cantidades de esta sal, que se obtiene cristalizada por la evaporacion, para proveer al enorme consumo que de ella hacemos.

§ 196. El *Borax*, *Borato de Sosa* (Na Bo^6 + 10 Aq), se emplea como fundente en la mineralojia y metalurjia. Abunda en la India.

TERCERA CLASE.

Tierras alcalinas y tierras.

Todos los minerales de esta clase tienen un aspecto lapideo: color blanco de leche: gravedad especifica (menos la *Esquelina*) entre 25 y 44: poca dureza, ninguno raya el vidrio si se esceptúa el Corindon.—Los mas son infusibles al so-

plete; tampoco se reducen por su accion.

Comprende esta clase seis géneros: *Barita*, *Estroncíana*, *Cal*, *Magnesia*, *Itria*, *Alúmina*.

§ 197. *Género Cal.—Calcáreo* ($Ca\ C^2$). El calcáreo ó carbonato de cal ofrece todas las formas cristalinas del sistema romboédrico; se han descrito de ellas mas de mil y quinientas, y un gran número de variedades de forma y testura irregulares. Las masas laminares diáfanas se conocen con el nombre de *Espato de Islandia*, y es la variedad en que se observa mejor la refraccion doble.

El mineral calizo es el que mas abunda en la superficie del globo. Constituye masas de estraordinaria estension en todos los terrenos de sedimiento; se encuentra tambien diseminado y no tan abundante en los terrenos cristalinos.

Presenta este género una multitud de variedades entre las cuales son las mas útiles y abundantes las siguientes.

Mármoles.—Calcáreos de granos finos, que forman masas compactas susceptibles de pulimento, de colores mas ó menos puros, mas ó menos variados, mas ó menos vivos. Donde quiera que ecsisten minerales de este género, se encuentran algunas de estas variedades; pero las mas ricas en colores y de matices mas agradables son las que se encuentran en los depósitos inmediatos á los terrenos de cristalizacion.

Los *Mármoles simples* ó sin color ofrecen muchas variedades, pero los mas notables son los *mármoles blancos estatuarios*, formados de la caliza granulosa ó escamosa, de fractura brillante:

mármoles de Páros, de Carrara. Pertenecen esclusivamente á los terrenos primitivos. Los mármoles *simples venosos* presentan tambien muchas variedades sobre fondos de diferente color: una de las mas comunes es la de Santa Ana, de fondo gris veteado de blanco, ó de fondo rojo y bruno, azulado etc.—Los en *brecha* se distinguen por las venas que cortan la masa dándole la apariencia de fragmentos angulosos reunidos por una argamasa de diferente color; si los mármoles son muy pequeños se les denomina *brocatelas*.—Los llamados *lumaquelas*, se componen en parte de despojos de conchas y madréporas.—Los *compuestos*, que envuelven materias estrañas diversamente diseminadas, y á los cuales pertenece el *verde ántico (caliza sacaroidea mezclada con serpentina* etc).

El *Alabastro calizo ó Alabastro oriental*, caliza estaláctica, dura, de color blanco ligeramente amarillento, de una bella trasparencia, con vetas de blanco de leche.

Piedra litográfica, de grano muy fino y que se impregna muy fácilmente por el agua.

La *Greda* es una caliza térrea, muy deleznable, blanca ó ligeramente amarillenta, que contiene siempre alguna arena. Se conoce, no obstante, una variedad de greda que puede servir por su solidez para la construccion.

La *Caliza Olítica*, se presenta en masas compuestas de granos redondos y pequeños.

La *Caliza gruesa*, que se encuentra siempre mezclada con arena y conchas en el estado fosil.

Las *Marnas*, mezcla de cal y arcilla, que se denominan calizas ó arcillosas, segun que domina en la mezcla una ú otra de aquellas tierras.

Se encuentra por último, la caliza mezclada á la Sicile y se distingue entonces con el nombre de *Caliza silícea*.

Aragonita.—Carbonato de cal cristalizado en el sistema prismático rectangular (párr. 75). Este mineral considerado químicamente no difiere de la caliza: es bastante raro. Sin embargo, algunas tobas calizas, ó depósitos formados en la superficie de la tierra por las aguas cargadas de carbonato de cal, las de Vichy por ejemplo, se hallan en estado de aragonita.

Dolomia.—Carbonato de cal y de magnesia muy análogo al carbonato calizo, del cual se distingue por la lentitud con que hace efervescencia si se trata por el ácido azótico (párr. 40). La Dolomia compacta constituye grandes masas estendidas en el suelo primordial y en los terrenos secundarios.

§ 198. La *Fluorina*, *cal fluatada* (Ca Fl^2), conocida mas generalmente con el nombre de *Fluor y Espato fluor*, está dotada de colores vivos, amarillo, verde, rosa, violeta, dispuestos por bandas ó zonas, y presenta casi todas las formas del sistema cúbico. Las variedades de colores mas vivos caprichosamente mezclados y agrupados, se emplean en las artes para la fabricacion de multitud de objetos como vasos, copas etc. La fluorina es muy comun en los criaderos metalíferos, principalmente en los de plo-

mo: tambien forma por sí sola filones en los terrenos graníticos y en los depósitos sedimentarios próximos á estos. Sirve para la preparacion del ácido fluorhydrico, que se usa para grabar sobre el vidrio.

§ 199. *Sulfato de cal anhydro* ($Ca\ Su^3$) ó *Carstenita:* se encuentra en los terrenos de sedimento mas antiguos y rara vez cristalizado. El *Sulfato de cal hidratado* ($Ca\ Su^3 + Ag$), ó *Yeso*, se halla comunmente en cristales que pertenece al sistema del prisma oblicuo-rectangular. La *piedra de yeso* se encuentra en grande abundancia en capas, costras ó bancos en los terrenos secundarios y terciarios. La *Carsténita* por su dureza es en algunas ocasiones empleada como el mármol. El *yeso* compacto, de un blanco mate, se conoce en las artes con el nombre de *alabastro*, que no debe confundirse con el *alabastro calizo*, que es mucho mas sólido y mas bello. El *yeso comun*, privado de agua por la calcinacion y pulverizado, se emplea en la construccion de edificios y otros usos (v. párr. 14).

§ 200. El *Fosfato de cal ó Apatita* ($3\,Ca^3\,\dot{P}h + \begin{matrix} Ca\ Ch^2 \\ Ca\ Fl^2 \end{matrix}$) se presenta en cristales vidriosos, blancos, trasparentes ú opacos, de apariencia litoidea ó en riñones.

§ 201. La *Esquelita*, de que ya hablamos (párr. 190), se refiere al género cal.

§ 202. *Género Magnesia.* — La *Boracita*, *Magnesia boratada* ($Ma\ Bo^4$), cuyas anomalias de cristalizacion hemos estudiado (párr. 68), se en-

cuentra en cristales de un blanco mas ó menos puro, ordinariamente traslucidos, diseminados en masas de yeso.

§ 203. La *Epsomita* ó *sulfato hidratado de magnesia* (Ma $Su^3 + 5$ Ag), efloresce en las galerías de las minas, y se halla en el estado sólido, como la sal gemma, en masas fibrosas, cuyas fibras son sedosas, delicadas y flecsibles. A la presencia de esta sal deben su propiedad purgante las aguas de Sedlitz, de Pullna y de Egra, en Bohemia.

La *magnesita* (párr. 230), pertenece á este género:

204. *Género Alúmina.*—El Aluminio es muy abundante en la naturaleza, casi siempre combinado con el ocsígeno para formar la *alúmina*. Esta última sustancia se encuentra libre, ó en sales térreas, sola ó combinada con otras bases. Representa en ciertas combinaciones el papel electro negativo y forma los aluminatos. Pura, constituye el *Corindon*; combinada con la Magnesia, el Zinc, el Hierro ó la Glucina, produce la *Espinela*, la *Ganita*, la Pleonasta ó la *Cymofana*. Todos estos minerales son anhydros, vítreos, infusibles, muy duros y cristalizables; y aunque deben referirse á los diversos géneros formados por sus bases, hacemos aquí mencion de ellos por sus analojías. Proveen de muy bellas piedras á la joyería (párr. 264.

205. El *Corindon* (Al ó $\ddot{A}l$), pertenece á los terrenos de cristalizacion, donde se encuentra diseminado, y mas especialmente en los ter-

renos graníticos. Nos viene en piedras talladas del Asia meridional (Malabar, China), donde ecsiste su mayor cantidad, y de aquí el nombre de *Orientales* que llevan sus preciosas variedades. Se encuentra tambien en los granitos de los Alpes. Las variedades groseras forman el *Esmeril*; la mas pura (*Telesia* de los mineralogistas), es hiliana, limpia como el cuarzo y notable por la belleza y vivacidad de sus colores. La variedad azul da el *Zafiro*, tanto mas estimado cuanto mas se acerca al azul indigo; la roja es el *Rubí*, cuyo valor escede al del diamante, cuando es puro y de un bello matiz de fuego; la púrpura es la *Amatista oriental*; la verde la *Esmeralda oriental;* la amarilla el *Topacio oriental*.

La *Espinela* (Ma Al^3) ó Aluminato anhydro de Magnesia, es muy estimada cuando tiene un bello color rojo, y conocida con el nombre de *Rubí espinela:* se conocen variedades azules tan estimadas como los zafiros pálidos, variedades rosáceas y de otros matices menos estimadas que se les llama *Rubí balax*.

Ganita (Zu Al^3) ó Aluminato de base de Zinc: es generalmente opaca, verdosa ó grisada: se encuentra en las materias talcosas, en Suecia ó en la América septentrional, cerca de la ciudad de Franklin.

La *Cimofana* (Gl Al^3), de base de Glucina, es una piedra amarilla ó verde amarillento que se halla en cristales rodados en las arenas del Brasil y de Ceilan. Los joyeros le llaman *Crisólita oriental* y *Topacio oriental*, confundiéndola muchas veces con el Corindon amarillo.

La *Pleonasta* [(Se Ma) Al^3], sustancia negra, de bases de hierro y magnesia, que se encuentra en las dolomias de la base del Vesubio, en terrenos de cristalizacion, en los de detrito basálticos y traquíticos.

§ 206. La *Turquesa* ó *Fosfato de alúmina*, (Al, P, Aq), es una piedra fina de color azul verdoso, que se encuentra en las sustancias arcillosas: se observa una variedad llamada *Turquesa de nueva roca*, que proviene de dientes ó huesos de mamíferos enterrados y coloreados accidentalmente. Esta variedad es menos dura y menos estimada que la *Turquesa de antigua roca*, que se encuentra en pequeñas vetas ó en pequeños riñones en algunos parajes de Persia.

§ 207. El *Sulfato doble hydratado de Alúmina y de Potasa* (5 Al Su^3+K Su^3+24 Ag), es el *Alumbre*, en el cual puede ser reemplazada la potasa por el Amoniaco ú otra base. Esta sal se destina á muchos usos. Se encuentra en pequeñas capas cubiertas de arena en los desiertos de Egipto, y en lo interior de las rocas esquistosas ó arcillosas, principalmente en las que han sufrido la accion del fuego por el incendio del carbon mineral. Las solfataras tambien las producen. Proporciones algo diferentes de sulfato de alúmina y agua, dan la *Alunita* (3 Al Su+K Su^3+9 Ag) único sulfato capaz de rayar el vidrio, que nos proveia del *Alumbre de Roma*, tan solicitado antes que se le obtuviera artificialmente. Se encuentra en la procsimidad de los terrenos traquíticos y en los detritos de pomez.

CUARTA CLASE.

Metales.

La diferencia que desde luego se observa entre los minerales de esta clase por su aspecto esterior, obliga á establecer las dos siguientes divisiones:

1.ª Metales nativos y combinaciones de varios metales en el mismo estado.

Los minerales que pertenecen á esta primera division están dotados, en general, del brillo metálico, carácter esterior que los distingue perfectamente de los otros minerales.

2.ª Combinaciones de los metales con el oxígeno ó con los ácidos.

Los minerales de esta division rara vez tienen brillo metálico; y en este concepto se confunden con los que pertenecen á la clase de los silicatos; sin embargo, la mayor parte tienen un color propio, particular, que sirve de guia en su estudio: su peso específico es, en general, bastante elevado, y casi todos dan inmediatamente por el ensayo un régulo ó escorias metálicas.

Comprende esta clase diez y seis géneros. Vamos á estudiar los principales.

§ 208. *Género Manganeso.*—La *Pyrolusita* ($\dot{M}n$), ó peróxido de Manganeso, y la *Acerdesa* (Mn^3 Ag) ú óxido de Manganeso hidratado, son

los dos cuerpos mas notables de este grupo. Ambos están dotados del brillo metálico en el estado de cristalizacion: su estado ordinario es el pulverulento; el primero de color negro y el segundo bruno. Los dos forman masas basilares ó fibrosas y se presentan tambien en la forma mamelonada. La Pyrolusita se emplea para la preparacion del cloro y de las aguas de Javelle; para purificar el vidrio blanco de las tintas amarillas producidas por el carbon. Mr. Bendant ha dado al segundo el nombre de *Acerdesa* en razon á su poca utilidad ó ningun aprovechamiento.

Ambos pertenecen á todos los terrenos. En algunos depósitos se encuentran mezclados estos dos minerales.

§ 209. *Género Hierro.*—Hierro (Fe). Es inútil recordar en este lugar los principales caracteres físicos del hierro y sus numerosos usos. Se sabe que es el mas precioso de todos los metales por su grande importancia en las artes, agricultura y demas industrias. La naturaleza nos lo ofrece en el estado nativo y se obtiene tambien de muchos minerales, principalmente de sus óxidos (párr. 211, 212, 213) de su carbonato (párr. 215), y ademas de dos alumino-silicatos (párr. 247).

§ 210. *Hierro nativo.*—El orígen del hierro nativo es la particularidad mas curiosa de su historia. Se presenta en granos aislados en las piedras caidas de la atmósfera, ó en masas compactas igualmente meteóricas. La caida de estas piedras, asunto de que por mucho tiempo se ha

ocupado esclusivamente el vulgo, es, no obstante, un fenómeno averiguado y fuera de toda duda para los franceses desde la caida de las piedras del Aguila en 26 de abril de 1803. Estas piedras son redondeadas, mas ó menos voluminosas, negras en la superficie y grisadas en el interior; compuestas de diversas materias térreas ó metálicas, entre las cuales se encuentra el hierro, aleado siempre al Nikel y al Cromo. Esta última circunstancia se observa tambien en las masas ó trozos de hierro que se encuentran sueltos y en lugares indeterminados; y en tales casos no puede referirse su origen á la industria del hombre, porque en ningun hierro de fabricacion se encuentran el nikel ni el cromo. Las relaciones de estos trozos de hierro con las piedras meteóricas no dejan duda acerca de su orígen; y ademas ecsisten testimonios auténticos que nos confirman la caida de iguales masas, una en Grasina, cerca de Agram, en Croacia, el 26 de mayo de 1751; otra en Lahor, el 17 de abril de 1621, etc.

Entre estos trozos herráticos el mas nombrado es el que observó Pallas en Siberia, cerca de Ienisseik, que está evaluado en 700 quilógramos. Se conoce uno de 14,000 quilógramos en Olumpa, cerca de San-Yago, en el Tucuman; otro de 19,000 quilógramos, en Méjico, en las inmediaciones de Durango. Se cita tambien uno, el mayor de todos, en las orillas del Senegal.

§ 211. *Oligisto* (Fe ó Fe).—Perócsido de hierro mas ó menos puro: color gris de hierro

y alguna vez negro cuando está cristalizado; rojo mas ó menos subido en cualquiera otro estado, y siempre rojo si se le reduce á polvo. Cristaliza en romboedros, en prismas ecságonos, en decaedros mas ó menos modificados. Los cristales pueden ser pulimentados y por esta circunstancia se le llama *Hierro especular:* las variedades no cristalizadas suelen presentarse en estalactitas de estructura fibrosa y se les denomina entonces *Hematites roja*, ó en masas térreas mezcladas con sustancias aluminosas, que constituyen los *ocres rojos* ó *rojo de Prusia*; tambien pueden ser arcillosas estas masas, y entonces forman la *Sanguinaria* ó *Lápiz rojo*.

El Oligisto es uno de los minerales de hierro mas preciosos; el que dá el hierro mas duro. Se encuentra muy abundante en los terrenos de cristalizacion, y en los depósitos de sedimento inferiores y medios: en los primeros se halla comunmente en el estado metaloides, y en algunas localidades, como Laponia, constituye verdaderas montañas; en los segundos se presenta bajo la forma de piedra ó tierra.

§ 212. *Limonita* (Fe^2 Ag).—Hierro hidratado, de color bruno amarillo, en polvo amarillo y sin apariencia metálica: rara vez en cristales aciculares muy pequeños; en estalactitas que llevan el nombre de *Hematites bruna;* en riñones que encierran un núcleo llamado vulgarmente *piedra del Aguila*; en la forma oolítica, esquistosa y no pocas veces bajo formas prestadas. En el estado térreo mezclado con materias arcillosas y aluminosas constituye el *ocre amarillo*.

La Limonita pertenece esclusivamente á los terrenos de sedimento, los que ocupa en una dilatada estension, principiando á manifestarse en las partes mas antiguas, en la procsimidad de los terrenos de cristalizacion y se estiende hasta los depósitos mas modernos. Este mineral se encuentra rara vez puro y ecsije un tratamiento especialmente apropiado: la presencia del fósforo lo vuelve duro y quebradizo. Bajo la forma oolítica, ó en granos mas ó menos unidos por una argamasa arcillosa, es como se beneficia en casi todas las fundiciones de Francia.

§ 213. *Iman* (fe Fe^3).—Combinacion del perócsido y protócsido de hierro, que se distingue tambien por los nombres de *hierro ocsidulado, hierro magnético*. En polvo de color negro; cristaliza en el sistema cúbico, en octaedros y dedocaedros, con brillo metálico. La barra imantada y magnética le atraen. Las variedades compactas constituyen la *piedra de iman*.

Este precioso mineral de hierro, el único que dá el mejor acero fundido, pertenece esclusivamente á los terrenos de cristalizacion: está diseminado en cristales, ó forma grandes depósitos, bancos y aun montañas en varios puntos del globo. Los hierros de Suecia y la Noruega, tan estimados por su pureza y dulzura, provienen de este mineral.

§ 214. La *Pirita, Súlfuro de hierro* (Fe Su^2), se presenta, como se dijo (párr. 75), en cristales que pertenecen á dos sistemas. La variedad cúbica (párr. 68) es de color amarillo de oro, brillo metálico bastante vivo; se le llama *Pirita amari-*

la: la variedad prismática, ó *Pirita blanca*, es de un amarillo verdoso, con poco brillo ó ninguno. La primera se conserva muy bien: la segunda se altera prontamente al aire. Ambas son muy comunes, diseminadas bajo todas las formas de agregacion. La variedad no alterable al aire se ha trabajado en algun tiempo bajo el nombre de *Marquesita*: de esta materia se han encontrado algunas placas ó láminas pulimentadas, en los sepulcros antiguos de los peruanos, que se han denominado *Espejos de los Incas*. El súlfuro de hierro sirvió tambien para piedras de fusil, y de este uso proviene el nombre *Pirita* y de *Pirita marcial* que aun conserva.

§ 215. La *Siderosa*, *Hierro espático*, *Carbonato de Hierro* (fe C^2), es un apreciable mineral de hierro que se trasforma fácilmente en acero cuando contiene ócsido de Manganeso, y de aquí el nombre de *mina de acero*. Se presenta en romboedros ó en prismas ecságonos, en diversos criaderos metalíferos; en masas lamelares, en filones, en los terrenos de cristalizacion ó en los calizos inmediatos á estos; en riñones ó en depósitos mamelonados, compactos y térreos en las rocas basálticas y las gredas carboníferas. Se esplota este mineral en varios puntos de Francia y en los Pirineos. El método que generalmente se emplea es el seguido en Cataluña.

§ 216. La *Siderocroma* [(fe, Ma), Cr], *Cromito de hierro*, que resulta de la combinacion de los ócsidos de hierro y cromo, es negro, metaloides, cristaliza en octaedros, infusible al soplete y que se hace sensible al imon. Sirve para

la elaboracion del cromato de potasa, con el cual se prepara el cromato de plomo ó *amarillo de cromo*.

§ 217. El *Wolfram ó Esquilina ferruginea*, de que se habló (párr. 190), la *Camoisita* y la *Bertesina*, de las cuales se hablará mas adelante (párr. 247), se refieren tambien á este grupo.

§ 218. *Género Cobalto.*—El Bi-arseniuro de Cobalto, designado con el nombre de *Esmaltina ó Cobalto arsenical* ($Co\ Ar^2$), es una sustancia metálica de color gris de acero, que cristaliza en cubos y se encuentra en grupos dendríticos, á los que por su aspecto se les ha dado el nombre de *Cobalto mamelonar ó tricoté*. Produce un mineral que abunda mas ó menos en Cobalto y se encuentra en otros depósitos metalíferos, principalmente en los terrenos de cristalizacion, rara vez en los de sedimento. Los diferentes compuestos de Cobalto dan el *esmalte ó vidrios azules* un *ultramar* que no debe confundirse con el verdadero (párr. 250); el *lápiz lázuli*, el *azul Thenard*, el *verde de Rinmann*.

§ 219. Los arseniuros y los súlfuros de arsénico forman naturalmente muchas combinaciones de las cuales es la mas interesante la *Cobaltina ó Cobalto gris*, súlfuro-arseniuro de Cobalto ($Co\ Ar^2 + Co\ Su^2$), sustancia dotada de brillo metálico, de color blanco de plata ó rojizo. Se encuentra en los terrenos cristalinos, particularmente en Suecia y Noruega. Se esplota con interes por ser mas rica en cobalto que la esmaltina.

§ 220. *Género Niquel.*—El arseniuro de ni-

quel ó *niquel arsenical* ó Niquelina (Ni Ar), tiene brillo metálico y color rojizo. Se conoce tambien un bi-arseniuro muy análogo al bi-arseniuro de cobalto. Estos compuestos acompañan casi siempre á los arseniuros de cobalto y sirven para obtener el niquel.

§ 221. *Género Zinc.*—La *Blenda, Súlfuro de Zinc* (Zu Su), se encuentra casi siempre con la galena (párr. 222) y se esplota para la estraccion del metal cuyo uso se estiende mas cada dia. Es una sustancia no metaloides de color amarillento ó bruno. Abunda en la Bélgica.

§ 222. *Género Plomo.*—La *Galena, Súlfuro de Plomo* (Pb Su), es una sustancia metaloidea, brillante, de color gris de plomo, muy abundante. Constituye el mineral de plomo por escelencia y muy frecuentemente se encuentra argentífera. Ademas de filones y grandes masas, forma tambien, como los súlfuros en general, capas, pequeñas cavidades en las materias arenosas, y se encuentra mezclada con materias silíceas. Las minas de plomo argentífero forman uno de los mayores ramos de esplotaciones metalúrgicas en Francia; pero las hay mas ricas aun en Inglaterra.

§ 223. El Seleniuro de Plomo ó Clanstalia (Pb. Se) se encuentra en los depósitos ferruginosos ó en la Dolemia, en Harz, en las cercanias de Klansthal. Es metaloides, color gris de plomo, en masas lamelares frágiles. Arrojada sobre las ascuas se convierte en un ócsido amarillo de plomo y en granos del mismo metal.

§ 224. El *Cromato de Plomo natural ó Cro-*

coisa ($Pb\ Cr^3$), se encuentra cristalizado en prismas oblicuos alargados, de color rojo de naranja, en las rocas cuarzosas, auríferas, micáceas, formando venas. Se esplota en la Siberia.

§ 225. El *Molibdato de Plomo, ó Melinosa* ($Pb\ Mo^3$), llamado tambien *plomo amarillo* por su color, se halla casi siempre en prismas muy cortos (sistema prismático cuadrado) que forman laminillas obliteradas.

§ 226. *Género Estaño.*—El *ósido de estaño* ó Casiterita (Su), se denomina *mina de estaño*, porque produce el mineral de que se estrae este metal; es una sustancia de color bruno ó blanco, que cristaliza en el sistema prismático de base cuadrada como la Rutila (párr. 178), con la que es isoforma. Se halla diseminada en los terrenos de cristalizacion, rara vez en filones y menos todavia en grandes masas: se presenta tambien en estalactitas y estalagmitas de estructura fibrosa, en cantos rodados en algunos depósitos de aluvion, como en la costa de Piriac, Bretaña y sobre todo en Cornouailles (Inglaterra) el pais mas rico en estaño, y que provee anualmente al comercio de una cantidad que se aprocsima á tres millones de quilógramos. Tambien le producen en abundancia otros paises; pero el mas estimado por su pureza es el de Malaca.

§ 227. *Género Bismuto.*—El *Bismuto* (Bi) se encuentra en el estado libre, diseminado en pequeñas cavidades dendríticas, en los depósitos de arseniuros de cobalto que forman parte de los criaderos argentíferos. Es un metal muy fusible, de color blanco rojizo, cuyos compuestos tienen

una grande analogia con los antimoniuros de igual fórmula.

228. *Género Cobre* (Cu).—Metal de color rojo, ductil, fusible, fácilmente alterable por todos los cuerpos, cubriéndose por la accion del aire de una capa de ócsido ó de carbonato verde que pasa á verde-gris prontamente: olor caracteristico muy desagradable. El cobre nativo se encuentra algunas veces cristalizado en octaedros, en cubos, en prismas rectangulares y ordinariamente en grupos dendríticos. Se presenta casi siempre en pequeñas láminas, filamentos, riñones, vetas y en masas aisladas en las arenas ú otras sustancias. Casi todos los criaderos de los minerales de cobre lo ofrecen en el estado nativo; mas se le estrae con particularidad de los súlfuros. El comercio que anualmente se hace de este metal puede regularse en 20 millones de quilógramos, cuyo valor se aprocsima á 76 millones de francos, de los cuales apenas corresponden á la Francia de 500 á 600 mil francos.

§ 229. La *Calcosita*, Súlfuro de Cobre (Cu^2 Su), es metaloides, color gris de acero: se encuentra diseminada abundantemente en riñones pequeños en los esquistos de greda roja: forma una gran parte de los depósitos cobrizos de Oural.

§ 230. De la combinacion de la *Calcosina* con un *Súlfuro de Hierro* resulta la *Calcopirita*, *cobre piritoso*, *Pirita cobriza* (Cu^2 Su + Fe Su), que se esplota como el mineral mas rico de cobre. Es metaloides, color amarillo de bronce, que cristaliza en el sistema del prisma de base

cuadrada: forma filones y grandes masas en los terrenos graníticos, y en los de sedimento donde se encuentra la Calcosina.

§ 231. El cobre, en el estado de súlfuro, puede combinarse con diversos súlfuros, y dar origen á compuestos múltiplos, como la *Polibasita*, la *Panabasa*, la *Burnonita*, cuyas fórmulas y modo de combinacion hemos esplicado (párr. 79). Estas sustancias se encuentran en filones, y se les designa, generalmente, con el nombre de *cobre gris*. La Panabasa se encuentra ademas en criaderos particulares.

§ 232. *Género Plata.*—Plata (Ag): Metal blanco, dúctil, fusible, inatacable por los ácidos vejetales é inalterable al aire; propiedades que le recomiendan en alto grado para los usos de la vida. Se encuentra en filamentos delgados, mezclados y confundidos entre sí, en pequeños granos diseminados en las materias térreas que llenan las grietas de los filones, y en pequeños cristales octaedros ó cúbicos, agrupados ordinariamente en la forma dendrítica. Los criaderos de súlfuro de plata ó Argirosa suelen presentarse en grandes masas, y en abundancia principalmente en ciertas materias arcilloso-ferruginosas que se llaman *pacos* en el Perú y *colorados* en Méjico. Los minerales de plata que mas se esplotan son, el súlfuro en Europa, el súlfuro y el cloruro en Méjico y en el Perú. En una estraccion anual de un millon de quilógramos aproximadamente, figura la América por nueve décimos.

§ 233. La *Discrasa* (Ag^2 Sb), es el mas comun de los antimoniuros naturales (párr. 184).

§ 234. La *Argirosa*, *Súlfuro de plata* (Ag Su) es tambien llamada *mina de plata*, por ser el mas rico y abundante mineral de este metal, el que constituye las primeras minas del mundo, las de Méjico y el Perú: abunda tambien en Ungria y Transilvania, y se encuentra, aunque en escasa cantidad, en muchos departamentos de Francia. Es metaloides, color gris de acero ó plomo, acompañada casi siempre con el sulfuro de este otro metal.

§ 235. La Estibina (párr. 185), combinada en diversas proporciones con el súlfuro de plata, da orígen á muchos súlfuros dobles.

La *Argiritrosa*, *Súlfuro doble de Antimonio y de plata* (Sb^2 Su^3+3 Ag Su): por su color se le denomina tambien *plata roja*.

La *Psaturosa*, *Súlfuro doble de Antimonio y de plata* de fórmula diferente (Sb^2 Su+6 Ag Su), llamada *plata negra* por su color gris de hierro.

La *Miargirita* (Sb^2 Su^3+Ag Su) es tambien un súlfuro formado de los mismos elementos en proporciones diferentes.

El Asénico sustituye al antimonio en algunas de estas combinaciones sin cambiar sus propiedades físicas. De este modo la *Prustita* (Ar^2 Su+3 Ag Su) es tambien una especie de plata roja.

§ 236. La *Querargira*, *Cloruro de plata* (Ag Ch^2), es de color blanco mas ó menos puro, medio transparente, se deja cortar como la cera ó el cuerno. Por su apariencia córnea se le ha dado el nombre de *plata córnea*. Abunda en las mi-

nas de Méjico y del Perú, mezclada con la *Limonita* en los *pacos y colorados* que contienen tambien la plata nativa (párr. 232).

§ 237. El *Bromuro de plata* (Ag Br^2) y el *Ioduro* (Ag I^2), se encuentran en los minerales argentíferos de Méjico, el Perú y Chile. Tambien en Bretaña se encuentran algunos ejemplares del primero.

§ 238. *Género Oro.—Oro* (Au).—El bello color de este metal, su inalterabilidad, sus usos, son bien conocidos de todo el mundo: su rareza aumenta su valor. Es el mas tenaz de los metales: un hilo de $0^m,0027$ de diámetro, suspende, sin romperse, un peso de 250 quilógramos. Este precioso metal se encuentra siempre nativo en la naturaleza, aleado con frecuencia á la plata, algunas veces al platino, hierro ó cobre. Se presenta tambien, aunque esto no es muy comun, en cristales cúbicos diversamente modificados, ó en octaedros: en láminas delgadas, filamentos y mas generalmente en pajillas, polvo ó masas mas ó menos voluminosas que se denominan *pepitas*.

El oro se encuentra muy rara vez solo, en cristales ó vetas, en filones de quarzo y rocas quarzosas; siendo lo mas comun hallarlo diseminado en los criaderos metalíferos, principalmente en los que dominan los minerales de plata: muchos rios, como el Ariaga, en Francia, le guardan en sus arenas bajo la forma de pajillas. Abunda sobre todo en determinados terrenos de aluvion, que se designan por esta circunstancia con el nombre de terrenos *plusiacos*. Los minera-

les auríferos mas nombrados en Europa, son los de Ungaia y Transilvania; sin embargo, son tan poco ricos que apenas representan la trigésima parte de los 113 millones de francos que producen anualmente los 33,000 quilógramos de oro que se estraen de todos los puntos del globo. Los criaderos auríferos de Méjico, del Perú; los terrenos de aluvion de la Colombia, del Brasil y de Chile, dan, por el contrario, 63 millones: el Asia austral, que posee en Bormeo una riquísima mina, produce 17: el Africa 13: la América septentrional 8; y otros 8 la Siberia.

§ 239. *Género Platino.—Platino* (Pl).—Metal maleable, de color gris de acero tirando al blanco de plata. Es el mas pesado de los cuerpos conocidos, pues su gravedad especifica escede veinte y dos veces á la del agua. Es tambien inalterable y esta propiedad hace que se le solicite para la fabricacion de las calderas, alambiques, crisoles, tubos, cápsulas y otros instrumentos que se usan en el beneficio de las minas y en los laboratorios de química. Esta inalterabilidad no es á pesar de lo dicho tan absoluta: la potasa, la sosa y los nitratos de estas bases, lo alteran al fuego rojo; el fósforo, el plomo fundido y otros metales perforan rápidamente los vasos de platino.

Este metal se encuentra mas particularmente en los depósitos fragmentarios que se confunden con los terrenos de cristalizacion. Su forma varia segun los puntos en que se nos ofrece: así es que en el Brasil se presenta en lentejuelas, en Siberia, en granos irregulares: tambien representa algunas veces la forma de riñones y aun

la de pepitas: por último, en Borneo se ha visto en pequeñas hojas ó laminitas. Por lo comun está asociado al oro y al diamante; combinado con el hierro y generalmente aleado ó mezclado á otros muchos metales: el *Palladium* y el *Iridium*, que forman dos géneros de esta clase; y el *Osmium* y el *Rhodium*, que constituyen otros dos géneros de la clase primera (parr. 192).

Los depósitos platiníferos son raros: los principales se encuentran en el Brasil, en las provincias de Malto-Grosso y de Minas-Ceraes: en Colombia, en las provincias de Choco y de Barbacoas, y en las pendientes de los montes Ourals.

QUINTA CLASE.

Silicatos.

Los minerales que componen esta clase tienen todos el aspecto petroso; por esta razon se les ha designado siempre con el nombre de *piedras*. Se presentan en dos estados distintos: los silicatos hidratados y los silicatos anhidros. Los primeros son blandos, se disuelven en los ácidos: los segundos son duros y se disuelven muy difícilmente en los ácidos, siendo inatacables los mas por estos reactivos. La gravedad específica de estos minerales está comprendida entre 25 y 36, siendo muy pocos los que tocan este último término.

§ 240. Es indispensable distinguir en este grande grupo, tan natural y tan rico en especies, dos grandes categorias fundadas en ls presencia ó ausencia de la Alúmina. Estas dos categorias ofrecen las subdivisiones naturales cuyos caractéres esenciales comprende el siguiente cuadro, y de ellas vamos á estudiar los principales representantes, los cuales pertenecen en gran parte á los terrenos de cristalizacion.

Silicatos aluminosos.	Simples.	*anhidros*..		Estaurolita. Distena.
		hidratados.		*Arcillas*.
		hidratíferos.		Alofana. Aloisita.
	Dobles.	*alcalinos*..	Con *cal* ó sus isoformos..	*anhidros*. Feldspato. Granate.
				hidratados. Escolezita.
				anhidros. Riacolita.
				hidratados. Mesolipa. Analcima.
		Cloritosos.		Cloritas.
		alúmino-silicatos.		Camoisita. Berthierina.
		fluoríferos.		Micas. Topacio.
		boríferos.		Turmalina.
		sulfuríferos..		Ultramar.
Silicatos no aluminosos.	Simples.	*anhidros*..		Zircon. Peridoto. Taleo.
		hidratados.		Esteatita. Magnesita.
		hidratíferos..		Serpentina, Dialaga.
	Dobles..			Pyrócsena. Anfibola.

1- Silicatos aluminosos simples.

Solucion, privada de sílice, que dá por el amoniaco un precipitado abundante en forma

de copos, soluble por la potasa caústica.

§ 241. La *Estaurodita* [(Al, Fe)^4 Si], es una sustancia de color bruno, trasparente ú opaca, que se encuentra en Bretaña y de la cual ya se dijo algo (v. párr. 114).

La *Distena* (Al^2 Si) acompaña casi siempre á la sustancia precedente y es frecuentemente de color azul, por lo que se le ha dado el nombre de *Cianita*.

§ 242. Se dá en general el nombre de *Arcillas* á los silicatos hidratados de los diferentes grupos de esta clase. Estas son unas materias blandas, compactas, en general opacas, sin lustre, térreas, raras veces puras, las mas mezcladas con mayor ó menor cantidad de arenas. Sirven para muchos usos y constituyen las tierras de labor conocidas con los nombres de *tierras fuertes*, *tierras feraces*. Por su impermealidad son muy á propósito para retener las aguas que se filtran por los terrenos de sedimento, y dar así orígen á las fuentes.

El *Kaolin*, ó arcilla de porcelana, proviene de la desagregacion y descomposicion de las rocas feldspáticas (párr. 244). Por la descomposicion desaparece toda la potasa y una parte de la sílice; siendo el resultado la Arcilla infusible. Para la fabricacion de la Porcelana se mezcla al Kaolin cierta cantidad de un Feldspato fusible, el *Petunzé*. De esta mezcla resulta una pasta que sometida á una temperatura muy elevada, esperimenta un principio de fusion, á lo cual debe la Porcelana su media trasparencia; pero el barniz vidrioso de que está cubierta la

Porcelana, es debido solamente al *Petunzé*.

Las *Arcillas propiamente dichas*, proceden de la descomposicion de rocas feldspáticas (párr. 244) y micáceas (párr. 248), trituradas, lavadas y reducidas á pasta blanda y mas ó menos homogéneas. Varian mucho en sus propiedades; son refractarias. Las que forman con el agua una pasta adherente y dúctil, toman el nombre de *Arcillas plásticas*, y sirven para la fabricacion de la vajilla. Por la coccion pierden la ductilidad y la propiedad de formar pasta con el agua. Son blancas, verdes, rojas etc. Las mas puras se destinan á la construccion de *pipas*. Las *Arcillas esmécticas*, son al contrario, muy poco dúctiles, y grasas al tacto. Los *ocres rojos y amarillos*, son arcillas coloreadas por los ócsidos de Hierro (párr. 211 y 212): lo mismo puede decirse de la *Arcilla limosa* ó tierra de ladrillos. Las *vajillas de barro*, se fabrican de arcillas refractarias mezcladas con una cantidad suficiente de sílice, y cocidas á un gran fuego; lo que las hace mas densas.

§ 243. Las *Alofanas* (2 Al Si+Al Ag 6) y las Aloisitas (2 Al Si^2+Al Ag^4), son unos silicatos hidratíferos, blanquecinos ó teñidos por un ócsido. Difieren poco entre sí y abundan en determinadas localidades.

II. Silicatos aluminosos dobles.

Solucion ácida que contiene diversas materias juntamente con la alúmina, y precipitan por diferentes reactivos.

§ 214. Como lo indica la tabla precedente, esta subdivision comprende un gran número de cuerpos de composiciones diferentes, hidratadas ó anhidras. Entre las que contienen la cal ó sus isoformos, hay algunas en las cuales la cal es reemplazada por el perócsido de hierro: la subdivision de los silicatos alcalinos se aprocsima mucho á la precedente, y los minerales que ambas comprenden se refieren á algunos grupos generales, entre los cuales citaremos los *Feldspatos*, los *Granates* y las *Idocrasas*.

Se comprende bajo el nombre de *Feldspato* un grupo de especies ó variedades de minerales muy aprocsimadas por todos sus caracteres, y que son la base de los terrenos de cristalizacion, como la caliza forma la base de los terrenos de sedimento. Estos son unos silicatos dobles de Alúmina y otra base, que en la *Ortosa* es la Potasa, en la *Albita* la Sosa, en la *Pétalita* la Litina, en la *Labradorita* la Cal, en la *Riacolita* la Sosa y la Potasa. La comparacion sinóptica de las fórmulas de estas diversas sustancias, bastará para comprender estas sustituciones de base:

Ortosa.=3 Al Si^3+K Si^3.
Albita=3 Al Si^3+Na Si^3.
Pétalita=3 Al Si^3+L Si^3.
Labradorita=3 Al Si+Ca Si^3.
Riacolita=3 Al Si+(Na, K) Si^3.

Se vé, pues, que las tres primeras sustancias por una parte, y las dos últimas por la otra, constituyen dos grupos secundarios, que difieren entre sí por la proporcion de la sílice. Parale-

...mente á estos silicatos anhidros, se colocan los silicatos hidratados: la *Escolezita* (3 Al Si+Ca Si^3+3 Ag) que corresponde á la Labradorita: la *Mesotipa* (3 Al Si+Ma Si^2+2 Ag): y la *Analcima* (3 Al Si^2+Na Si^2+2 Ag), prócsimas la una á la otra que corresponden á la *Riacolita*.

Los *Feldspatos* cristalizan en uno de los sistemas de los prismas oblicuos, y se asocian por lo comun, entre sí. La *Ortosa* forma la parte constitutiva esencial de los granitos y de los gneis. Diseminadas en cristales que dibujan manchas paralelográmicas sobre una pasta negra, bruna, verde, roja etc.; produce los *Pórfiros*, y forman tambien los cristales de *Albita* ó de *Riacolita*. La *Albita* unida con la *Amfibola* (párr. 254), da las *Dioritas*, base principal de la pasta de los pórfiros verdes. La mezcla de las diversas especies feldspáticas, constituye las rocas que por su aspereza llevan el nombre de *traquíticas*, y que forman derrames considerables, cuya base está á veces sustentada por la *Albita* ó por la *Riacolita*. Las materias vidriosas llamadas *obsidianas*, las que llevan el nombre de *Pomez*, tienen una composicion muy mal definida que las aprocsima no obstante á los Feldspatos, y pertenecen á los depósitos traquíticos. Ciertas variedades de *Ortosa* proveen á la joyeria de las piedras conocidas por los nombres de *piedras de la luna* y *piedras del sol*. La *Labradorita* ofrece algunas variedades muy bellas.

§ 245. Los *Granates* son unos silicatos de alúmina que cristalizan en el sistema cúbico, y que contienen un silicato de cal en las *Grosula-*

rias, de hierro en la *Almandina*, de manganesa en la *Espesartina*. En la especie designada con el nombre de *Melanita*, está reemplazado el silicato de alúmina por un silicato de hierro unido á otro de cal. Los granates de matiz rojo pertenecen especialmente á la Almandina; los amarillentos ó verdosos son generalmente las *Grosularias;* la *Espesartina* y la *Melanita* dan granates brunos y negros. A este grupo pertenecen tambien las piedras denominadas *granate syrio*, *carbunclo* y *jacinto*.

La *Esmeralda*, silicato doble de Alúmina y Glucina, que cristaliza en prismas ecságonos, se refiere á los minerales precedentes. Esta sustancia se encuentra diseminada en los granitos, en los gneis y tambien en los esquistos arcillosos. Se conoce en la joyeria con los nombres de *Esmeralda del Perú*, cuando es de color verde puro, debido á la presencia del ócsido de Cromo; de *Agua marina*, si es de un verde azulado; y de *Berilo azut ó amarillo*. Si la Esmeralda tiene un color verde muy puro, y mucha limpieza, es de un mérito estraordinario.

Las *Idocrasas* son de la misma composicion que los Granates, pero cristalizan en el sistema del prisma de base cuadrada.

§ 246. Las *Cloritas* ó *tierras verdes*, son materias mas ó menos térreas, hidratadas ó hidratíferas, que deben, en general, su color al protócsido de hierro. Se encuentran en riñones, algunas veces en formas prestadas, en los terrenos de sedimento, principalmente en las arenas que preceden á la greda, llamadas *arenas verdes*,

como tambien en las partes inferiores de la greda, donde forman la *greda cloritea*.

§ 247. En los grupos de los *alúmino-silicatos*, no bastando por sí sola la sílice para saturar las bases, se le asocia la alúmina para desempeñar el papel de ácido. La *Camoisita* (2 fe Si+fe² Al+4 Ag), y la *Berthierina* (2 fe Si+fe³ Al+Ag) sustancias muy análogas, en granos de color gris verdoso ó negro azulado, y que tienen la propiedad de ser atraidas por el iman; ofrecen minerales de hierro esplotados; la primera forma depósitos, aunque no muy estensos, en la montaña de Chamoison en el Valais, y la segunda mezclada con minerales de hierro en algunas localidades del departamento de Moselle.

§ 248. *Micas.*—El nombre de Micas comprende todos los sílico-fluatos de composicion muy variable. La Sílice, la Alúmina y la Potasa, son los elementos esenciales de este grupo de minerales; mas entran en él en diferentes proporciones y acompañadas siempre del Fluor y de Hierro, á los cuales se añade ya la Magnesia, ya la Litina etc. El carácter comun á todas las Micas, y el principal al mismo tiempo, es el de dividirse fácilmente en láminas, unas muy estendidas y otras estremadamente ténues: tienen brillo metálico, nacarado ó vítreo, ofrecen multitud de matices, como el gris, blanco de plata, amarillo de oro, verde, rojizo, violeta, bruno, negro etc.: son de uno ó dos ejes.

La Mica abunda mucho en la naturaleza: pertenece esencialmente á los terrenos de cristalizacion; pero se encuentra desde las capas cris-

talinas mas profundas, hasta en los terrenos de sedimento mas superficiales. Forma parte integrante de un gran número de rocas (granito, gneis, etc.), y á su abundancia deben algunas la disposicion laminosa y su estructura foliácea (*micasquistos*, esquistos arcillosos.)

La Mica trasparente en grandes láminas, se emplea con el nombre de vidrio de Moscovia, para reemplazar el vidrio de vidrieras; es siempre mas flecsible y mas tenaz que el vidrio. La Mica pulverulenta no es otra cosa que la arena fina, conocida con el nombre de polvo de oro y de plata, de que nos servimos para secar la escritura.

El *Topacio* ($Al\ Fl^2 + 3\ \dot{A}l\ Si$), se refiere tambien al grupo de los sílico-fluatos. Es una sustancia vidriosa, que raya al cuarzo, y cristaliza en prismas romboidales diversamente modificados: su color es, en general, amarillo, aunque tambien se conocen topacios de color rosáceo, azulado ó límpio. Se encuentra en los terrenos de cristalizacion tapizando las hendeduras; en algunas masas metalíferas, y en los terrenos de aluvion, en los que suele ser abundante, como en el Brasil. Se llaman *Topacios quemados* las variedades rosáceas que se obtienen sometiendo el Topacio á la accion del calor.

§ 249. La *Turmalina*, cuyas notables propiedades ópticas y eléctricas hemos ecsaminado (párr. 137, 147), cristaliza regularmente ó en cristales deformados, diseminados en todas las rocas cristalinas. Ofrece diferentes colores, así es

que se encuentran ejemplares azules, verdes, rojos, negros, etc.: es poco estimada en la joyería, esceptuando las variedades trasparentes y de un color bien pronunciado, que puedan imitar, hasta cierto punto, el zafiro, la esmeralda ó el rubí. Las variedades azules se denominan *indicoitas*; las rojas, *rubelitas*. La Turmalina es un silicoborato, en la cual se asocian á diferentes bases la Alúmina, la Silice y el Boro, la Litina, la Potasa ó la Sosa, por ejemplo, para dar origen á las especies líticas, potásicas ó sódicas.

§ 250. El *Lápiz-lázuli ó lazulita* se refiere á los silicatos aluminosos dobles sulfuríferos: estas sustancias proveen á la pintura del color azul mas puro, el *ultramar*. Se emplea en la bisutería, en los mosáicos, y cuando se encuentra en grandes trozos ó diseminada en sustancias que le forman un bello fondo, se saca de ella partido para ornamentos de mucho mérito. Pertenece á los terrenos graníticos.

III. Silicatos no aluminosos.

Solucion que no dá por el amoniaco precipitado gelatinoso soluble por la potasa, pero dá diversos precipitados cuando se le trata por diferentes reactivos.

§ 251. A los silicatos simples de este grupo se refiere la *Zircona* (Zr Si), sustancia vidriosa, por lo comun trasparente, incólora ó de color azul, rojo, amarillo, y lustre adamantino.—El *Peridoto* [(Ma f)' Si]. sustancia vidriosa como la anterior,

ordinariamente verde: tambien suele tallarse en la joyeria.

El *Talco*, silicato simple de Magnesia ($Ma\ Si^3$) tinturado ordinariamente de verde por la presencia de una pequeña cantidad de ócsido de hierro. Presenta muchos de los caracteres esteriores de la Mica; pero se distingue de este mineral, por carecer de Alúmina, por su poca dureza, pues se deja rayar por la uña, su aspecto graso y tacto lustroso. Se encuentra en masas ó en filones en las rocas cristalinas. La *Esteatita* ($Ma\ Si^3 + Ag$), que es el mismo silicato hidratado, se deja cortar como el jabon; reducida á polvo blanco se conoce con el nombre de *jabon de boteros*. Tambien se la llama *Creta de Brianzon* y *Creta de España*. La *Magnesita* es otro Talco que contiene mas agua en el estado compacto, y es árida al tacto lejos de ser lustrosa como las especies precedentes. Se conoce con el nombre de *Espuma de mar*. Pertenece al género Magnesia (párr. 203).

§ 252. Las *Serpentinas*, son unas mezclas de silicato é hidrato de Magnesia en diferentes proporciones: de testura compacta, astillosa ó granulosa: sustancias blandas pero tenaces, suaves al tacto, traslucientes y ordinariamente opacas, de un aspecto á veces análogo al de la cera: sin color, verdes, amarillas ó rojizas: estos colores pueden estar dispuestos por zonas ó manchas y dan á la sustancia alguna semejanza con la piel de las serpientes; de cuya circunstancia les viene el nombre de serpentinas. Es muy comun en la naturaleza, y se encuentra principalmente formando parte de las rocas mezcladas.

Pertenece á los terrenos cristalinos y mas bien á los porfíricos y talcosos.

La variedad traslúcida y de un bello color verde, generalmente uniforme, se llama *Serpentina noble* y se destina á la fabricacion de objetos de lujo. Ciertas variedades de serpentinas comunes, que son muy tenaces, que se encuentran en masas gruesas y muy puras, se trabajan con facilidad y sirven para construir utensilios de cocina, delgados, lijeros, sólidos y que resisten mucho á la accion del fuego. Por hacerse de ellas este uso se les llama *piedras ollares*; y tambien son conocidas con el nombre de *piedras de Como*, por encontrarse muy abundantes en los alrededores del lago de este nombre, y por la industria que la ciudad de Como sostiene con este mineral.

§ 253. *Dialagas.*—Sustancias muy análogas á las serpentinas; pero ni estas, ni los talcos son susceptibles de esfoliacion, y entre las dialagas ofrecen algunas este carácter. Tales son los silicatos en que domina la Magnesia, pero acompañada de cal y de hierro: de lustre nacarado en el sentido de la esfoliacion, tienen por lo demas el mismo aspecto que las especies precedentes, y su polvo es igualmente suave al tacto. Se encuentran diseminadas en los feldspatos y las serpentinas.

§ 254. *Piroxenas y Anfíbolas.*—Dos géneros de silicatos cristalinos isoformos, en los cuales la Magnesia, la cal y el protóxido de hierro, desempeñan el papel de bases, sostituyéndose y uniéndose entre sí en todas proporciones. Todas estas especies son esfoliables paralelamente

á las caras de un prisma rectangular ó romboidal; pero este último tiene sus caras laterales inclinadas 92º 55 en las Piroxenas, mientras que en las Amfibolas es esta inclinacion de 124 á 127º.

Las Amfibolas se distinguen ademas por un brillo mas vivo, por sus esfoliaciones mas limpias y mas brillantes: son tambien mas duras y rayan fácilmente el vidrio. Las especies en que falta el ócsido de hierro son blancas y se distinguen con el nombre de *Tremolitas*, las que le contienen son de un color verde mas ó menos subido, y llamadas *Actinotas*; denominándose *Hornblendas* las variedades negras.

Entre las Piróxenas se dá el nombre de Diópsidas á las variedades blancas ó verdosas, y el de *Angita* á las negras de polvo bruno (párr. 73).

§ 255. Las sustancias fibrosas y sedosas conocidas vulgarmente bajo los nombres de *Amianto*, *Asbesto*, no son mas que modificaciones de testura de las diversas especies de Piróxenas, y principalmente de Amfibolas; y en general de todas las sustancias magnesianas.

SESTA CLASE.

Combustibles.

Muchos de los minerales que constituyen esta clase conservan señales de su origen orgánico: cuando la cristalizacion ha borrado este carácter

esencial como en la *melita*, el mineral es denominado segun la naturaleza de los elementos que entran en su composicion.

Los combustibles de orígen orgánico se inflaman á una temperatura poco elevada y exhalan un olor especial bien pronunciado. Son blandos y poco pesados.

La constitucion química de estos minerales se debe al carbono unido al hidrógeno y al oxígeno en diferentes proporciones. Se refieren á tres divisiones distintas, que son:

1.º Resinas; 2.º Betunes; 3.º Combustibles fósiles.

§ 256. El *Succino* ó *Ambar amarillo*, es una sustancia resinosa, correspendiente al primer grupo de esta clase, trasparente ú opaca, que envuelve á veces despojos de insectos ó de plantas. Se encuentra en los depósitos sedimentarios modernos, y se recolecta principalmente en las costas del Báltico, donde la depositan los arroyos y el mar, que la trasportan de los terrenos arenosos que se estienden de Memel á Dantzig. Se emplea el succino en la construccion de varios útiles y objetos de lujo, cómo collares, brazaletes, embocaduras de pipas, empuñaduras de cuchillos etc.

§ 257. Los *Betunes* ó *Asfaltos*, son unas materias sólidas ó viscosas, negras ó brunas, fácilmente fusibles y que dan por la destilacion aceites mas ó menos puros, verdaderos carburos de hidrógeno (párr. 169). Principian á manifestarse en los depósitos sedimentarios silurianos y se hacen cada vez mas abundantes en todos los

sedimentos posteriores. Los betunes sirven para varios usos. Los Egipcios sacaban del lago Asfaltite los betunes con que embalsamaban los cadáveres humanos para convertirlos en *momias*.

§ 258. Los *combustibles fósiles*, comprenden la *Antracita*, las *Ullas*, las *Lignitas* y las *Turbas*, de cuyas sustancias daremos mas estensos detalles en la Geolojia.

La *Antracita* ó *Ulla lustrosa*, es una materia negra, generalmente brillante, que arde con dificultad, sin llama ni humo, áspera al tacto, ya compacta, ya foliacea ó granular. Pertenece á los terrenos de sedimento y en particular á los inmediatos á los de cristalizacion ó que están enclavados enmedio de ellos, donde los depósitos se componen de capas alternativas de sustancias arenáceas ó esquistosas y de combustibles.

Las *Ullas* se queman y arden con llama, humo y olor bituminoso. Pertenecen á los terrenos de sedimento no muy modernos, especialmente á los que se llaman, por la presencia de esta sustancia, grupo carbonífero, en los cuales el combustible alterna con la creta, los esquistos arcillosos y la caliza. Se conocen muchas variedades de Ullas que se destinan á diferentes usos. Por la destilacion dan el gas del alumbrado, y dejan por residuo el carbon duro llamado *coke*. En Alemania, Inglaterra, Bélgica y Francia, se encuentran muchos depósitos de Ulla activamente esplotados.

La *Lignita* ó *leño bituminoso*, es menos brillante que la Ulla y abunda señaladamente en los terrenos gredosos. La Lignita compacta pro-

duce el *azabache* que ha servido por mucho tiempo para fabricar las joyas de luto.

La *Turba* es una materia bruna, formada por la acumulacion de las plantas acuáticas, que se presenta en grandes depósitos en determinados valles, como el de Somma, por ejemplo, y que se forma diariamente en nuestros mares. Se la esplota como combustible. Las maderas enterradas se alteran y constituyen tambien depósitos térreos que se reducen facilmente á polvo. Así es como se ha formado la tierra de Colonia, empleada como combustible y como abono.

Clasificacion de Mr. Beudant.

Por la clasificacion de este hábil mineralogista que sirve hoy de guia á muchos de los que se dedican al estudio de la Mineralogia, se distribuyen los minerales en ocho clases, al frente de las cuales coloca su autor los metales siguientes en el estado nativo: *Platino, Paladio, Iridio, Rodio, Osmio, Oro, Plata, Mercurio y Cobre.* Esponga-mos los nombres siquiera y los caracteres de estas ocho clases, y los de las principales familias que comprenden. El siguiente cuadro presenta tambien las reacciones que sirven para distinguir los minerales en los ensayos, y completa ademas las indicaciones que acabamos de esponer en el estudio de las especies minerales.

CLASE PRIMERA.

Sidéridos. Mangánidos. Crómidos. Aluminidos.

Los ócsidos de los cuerpos comprendidos en esta clase todos son isomorfos y pueden, por consiguiente, sostituirse el uno al otro en sus diversas combinaciones. En el estado de ócsido simple contienen tres átomos de ocsígeno y dos de base. Muchos de ellos cristalizan en un mismo sistema, y aun los hay que tienen una forma realmente idéntica.

Sidéridos.

Cuerpos atacables por el ácido nítrico, antes ó despues de calcinados con el carbon pulverizado. Su disolucion produce un abundante precipitado azul cuando se le trata por el cianuro ferroso-potásico. (*Hierro nativo, Oligisto, Limonita, Iman*).

Mangánidos.

Cuerpos que dan mas ó menos cloro por la accion del ácido hidroclórico. Por su fusion con la sosa se convierten en una frita verde, soluble en el agua tinturándola en verde, y precipitándose lentamente el ócsido bruno. (*Pirolucita, Acerdesa*).

Crómidos.

Cuerpos que dan por la fusion con la sosa una

materia de un bello color verde subido al fuego de reduccion; y una materia amarilla al fuego de ocsidacion. (*Siderocroma, Crocoisa*).

Aluminidos.

Los que dan agua por la calcinacion pueden ser atacados por los ácidos: los anhidros necesitan ser fundidos préviamente con la potasa ó la sosa. Su disolucion precipita por el amoniaco gran cantidad de alúmina. (*Corindon, Espinela, Cimófana*).

CLASE SEGUNDA.

Tantálidos. Túngstidos. Molíbdides. Uránidos.

Esta clase solamente ofrece cuerpos muy raros ó de muy poca importancia. (*Esquelita, Melinosa*).

CLASE TERCERA.

Titánidos. Estánnidos.

Los ócsidos de Titano y de Estaño son idénticos é isomorfos; y representan casi siempre el papel de cuerpos electro negativos. (*Rutila, Casistérita*).

CLASE CUARTA.

Antimónidos. Arsénidos. Fosfór idos.

El Antimonio y el Arsénico tienen igual re-

presentacion en las combinaciones á que concurren en su estado metálico. Los antimoniuros y los arseniuros de una misma fórmula, son isomorfos, así como los fosfuros artificiales. Los arseniatos y los fosfatos tienen entre sí grandes analogías. El Estaño por sus combinaciones oxigenadas y por los cloruros, establece ciertas relaciones entre la tercera y cuarta clase.

Antimónidos.

Cuerpos que dan inmediatamente por la calcinacion ó por el ácido nítrico, con desprendimiento, en este último caso, de ácido nitroso, una materia blanca volatil por la accion del calor, atacable por el ácido hidroclórico, cuya disolucion da un precipitado blanco por el agua, y amarillo por los hidrosulfatos. (*Antimonio, Bismuto*).

Arsénidos.

Materias que exhalan vapores arsenicales, caracterizados por el olor de ajos, por la torrefaccion ó por la calcinacion con el carbon pulverizado. (*Arsénico, Esmaltina, Cobaltina*).

Fosfóridos.

Cuerpos no metálicos que dan por la fusion con el carbonato de Sosa, una sal soluble, cuya solucion precipita en blanco por el nitrato de plomo, y en amarillo por el nitrato de plata. (*Apatita.*)

CLASE QUINTA.

Telúridos. Seléuidos. Sulfúridos.

El Teluro, el Selenio y el Azufre, son isomorfos, y representan con mucha frecuencia el papel electro-negativo. Los Teluriuros y Súlfuros de una misma fórmula, tienen formas idénticas y propiedades físicas tan análogas, que se confunden. Los Seleniatos y los Sulfatos son isomorfos, como los teluriatos. Este grupo es intermedio de la cuarta y sesta clase por el Teluro, el Selenio y el Azufre, cuyos ácsidos son volátiles por los mismos medios que el Arsénico; por el Teluro que forma, como el Arsénico y el Fósforo, compuestos gaseosos con el hidrógeno; y por el Selenio y el Azufre, que forman, por otra parte, con el Hidrógeno, hidrácidos, como el Iodo, el Cloro etc.

Telúridos.

Cuerpos dotados de brillo metálico que dan un sublimado gris en el tubo cerrado, y un humo blanco, picante, sin olor, por la torrefaccion en el tubo abierto, que se deposita en la parte fria del mismo tubo, bajo la forma de un polvo blanco fusible, en gotitas claras, por el calor. (*Teluro nativo, Teluriuro de plata, de plomo*).

Seléuidos.

Cuerpos que exhalan olor de rábanos por la calcinacion en el tubo abierto, y un sublimado ro-

jo pulverulento, en el tubo cerrado. (*Claustalia*).

Sulfúridos.

Cuerpos, en general, sólidos; algunos líquidos ó gaseosos: desprenden vapores de ácido sulfuroso ya inmediatamente, ya por la combustion ó por la accion del carbon y del calor. O bien dan hidrógeno sulfurado, cuando despues de haber sido tratados por el carbonato de potasa, solo ó mezclado al carbon, se arroja el residuo en el agua acidulada. (*Azufre. Súlfuros*).

CLASE SESTA.

Clóridos. Brómidos. Iódidos. Fluóridos.

No solamente por sus propiedades físicas, sino tambien por las fórmulas de sus combinaciones, y por la facilidad con que se sostituyen mútuamente el *Cloro, Bromo, Iodo y Fluor*, tienen muchos puntos de la mas viva analojia. Hemos visto (párr. 271) que se unen muy bien al Azufre, al Selenio, y por consiguiente, al Arsénico y al Fósforo.

Clóridos.

Son casi todos sólidos (uno solo es gaseoso); solubles ó insolubles en el agua. Tratada la disolucion por el nitrato de plata, produce un precipitado blanco soluble en el amoniaco, y que su color se altera por la luz. Todos dejan desprender el Cloro, que se reconoce por su olor, por la ac-

cion del ácido sulfúrico sobre la mezcla del clórido con el ócsido de manganeso. (*Cloro, Querarjira, Sal marina*).

Fluóridos.

Cuerpos que dan por la fusion con el ácido fosfórico, un vapor que corroe el vidrio del tubo en que se opera. (*Fluorina, Topacio*).

Iódidos.

Calentados con el ácido sulfúrico producen vapores violados ó una materia capaz de comunicar un bellísimo color azul á los líquidos que contienen almidon.

Brómidos.

Esta familia aun no está bien descrita. Sus usos son poco conocidos.

CLASE SETIMA.

Hidrogénidos. Azoidos. Carbonidos.

Las analogías que el hidrógeno y el Azoe tienen con el Azufre y el Fósforo por una parte, y con el Carbono por otra, conducen á colocarlos entre los grupos en que se comprenden estas sustancias, sin que este rango sea el que deba asignárseles rigorosamente en la serie de los cuerpos simples.

Hidrogénidos.

El Hidrógeno, el Agua y los Hidrácidos, constituyen esta familia.

Azoidos.

Aunque es muy limitado el número de los productos naturales que corresponden á este grupo, es de grande importancia su estudio y conocimiento, pues figuran en él el azoe, aire atmosférico y algunos azoatos.

Carbonidos.

Cuerpos sólidos, líquidos ó gaseosos: los unos combustibles que producen por la combustion ácido carbónico; otros atacables por los ácidos, desprendiéndose con efervescencia el gas ácido carbónico; y por último, el mismo ácido carbónico gaseoso ó disuelto en el agua. (*Diamante, Ulla, Carburos, Carbonatos.*)

CLASE OCTAVA.

Boridos. Silícidos.

Cuerpos que comunican inmediatamente al alcohol la propiedad de arder con llama verde, ó que abandonan, despues de la accion del ácido nítrico, una materia dotada de esta propiedad.

Boridos.

Combinaciones naturales del Boro, que no son muy abundantes, ni de mucha importancia.

Silícidos.

Compuestos de ócsido de Silicio ó Sílice, solo ó combinado con otros diversos ócsidos. Fusible con la sal de Sosa, y atacable despues por el agua ó los ácidos: solucion ácida que da una gran cantidad de Sílice, ya inmediatamente, ya despues de la evaporacion y el tratamiento subsiguiente por el agua. (*Sílice, Silicatos.*)

NOTAS.

Primera (párr. 58). El goniómetro de Mr. Babinet, (l. 1, f. 8) consiste en un círculo (c) dividido en medios grados, guarnecido de dos anteojos, el uno (A) fijo y el otro (B) movible sobre el círculo, y de una alidada (d) que voltea sobre el centro. En el centro (e) se encuentra un pequeño sosten ó porta-objeto, sobre el cual se fija, con cera blanda el cristal (xy), cuyo ángulo diedro quiere medirse. Los anteojos son de piezas para alargarlos ó acortarlos: se mueven tambien alrededor de su eje: ambos llevan interiormente en el lente que sirve para aplicar el ojo el observador, dos hilos cruzados en ángulos rectos. Por medio de la fuerza v, el anteojo A puede elevarse ó abatirse segun convenga, para hacer llegar la reflecsion sobre los planos del cristal. El instrumento está armado de un mango (f) y puede tenerse en la mano ó estar fijo sobre un pie.

Antes de esplicar el modo de servirse de este goniómetro, recordemos los principios de física y de geometria en que descansan su construccion y su uso, como en general la cons-

truccion y uso de todos los goniómetros de reflecsion.

Los principios de física de que se trata son relativos á la reflecsion, es decir, á la propiedad que gozan los cuerpos pulimentados ó espejos, de representar la imágen de los objetos que se colocan delante de ellos. Ademas, de la naturaleza misma de la reflecsion, resulta que la imágen será siempre la misma cuando el objeto reflejado y la superficie reflectante conserven las mismas relaciones de situacion. Si suponemos, pues, un objeto cuya posicion no pueda variar, percibiremos los cambios de posicion que esperimentará la superficie reflejante, por las diferencias correspondientes en la imágen, y sabremos que esta superficie reflejante ha adquirido otra vez su posicion primera, cuando la imágen se presente absolutamente del mismo modo que al principio. El objeto fijo, cuya imágen se observa así, se llama *mira:* en el goniómetro de Mr. Bavinet, la mira es producida por los hilos cruzados de que hemos hablado en la descripcion de este instrumento: la superficie reflejante es la del cristal que se quiere medir.

Los principios de geometría aplicables á estos goniómetros, son los relativos á la naturaleza de los ángulos, cuyos arcos se dan sobre el limbo del instrumento. Se sabe que en geometría toda circunferencia, y por consiguiente, este limbo mismo se divide en 360º: el arco que mide un ángulo recto, es el cuarto de la circunferencia ó 90º: la suma de dos ángulos rectos es, pues, igual á 180º, es decir, que tiene por medida me-

dia circunferencia. Ademas, se llama ángulo *suplementario* al que es necesario añadir á otro ángulo para obtener una suma igual á la de dos ángulos rectos: así es como un ángulo de 120° es suplementario de otro de 60 y recíprocamente. Si suponemos, no obstante, un cristal colocado en el centro de la circunferencia, ó centro del limbo, y una de sus caras apoyada sobre el diámetro, es claro que el ángulo descrito por la otra cara para venir á tomar el mismo lugar que la primera á lo largo del diámetro, será el ángulo que es necesario añadir al ángulo diedro formado por las dos caras, para obtener una suma igual á la de los dos ángulos rectos; es decir, que este ángulo será el ángulo suplementario del ángulo diedro; para obtener, pues, este, bastará restar de 180° el ángulo descrito por la segunda cara.

Los principios que acabamos de recordar, suponen que por el instrumento se desempeñan ciertas condiciones precisas. Veamos ahora en accion el goniómetro.

La primera operacion consiste en colocar uno de los hilos de cada lente paralelamente al limbo, y el otro de modo que caiga perpendicular. Para esto se principia por colocar el hilo del anteojo fijo (A) paralelamente al limbo; despues se vuelve el lente del anteojo movible (B) hasta que sus hilos sean paralelos á los del primero: para asegurarse de que se ha obtenido este resultado, se mueve el anteojo movible alternativamente á derecha é izquierda, se observan si los hilos coinciden ó se apartan, y se principia de nuevo hasta

que estos diversos movimientos no alteren el paralelismo: este tanteo conduce bien pronto á un paralelismo perfecto.

Se coloca en seguida el cristal sobre el sosten, de modo que su arista quede perpendicular al plano del círculo, condicion importante, y que la operacion preliminar que acabamos de esplicar ayuda á obtener. En efecto, despues de haber vuelto el sosten de manera que la luz que pasa al traves del anteojo fijo, conduce la imágen de los hilos de *mira* de este anteojo, sobre una cara del cristal; se conocerá que la arista es perpendicular, si los hilos de *mira* de la luneta móvil, al traves de los cuales mira el observador esta imágen sobre la cara del cristal, conservan todavia el paralelismo que se les dió al principio; si se destruye el paralelismo, esto indica que la arista está inclinada; en este caso se mueve el cristal rectamente hasta que se obtiene el completo paralelismo de los hilos reflejados y de los hilos del anteojo móvil.

Las cosas así dispuestas, solo falta medir el ángulo. Segun los principios que hemos espuesto, esta operacion es fácil de comprender. Estando la arista del cristal bien perpendicular al limbo, se coloca el cristal de modo, que uno de sus planos refleje la imágen de los hilos del lente fijo; despues se lleva el anteojo movible sobre la parte opuesta del limbo, de modo que pueda verse la imágen reflejada; se vuelve entonces un poco el lente de este anteojo para que sus hilos queden oblicuos sobre los primeros, circunstancia que permite observar mas fácilmente la coincidencia de

su punto de cruzamiento sobre el hilo vertical del anteojo fijo. De esta suerte quedan las *miras* bien establecidas: los anteojos permaneciendo en esta posicion, toda dislocacion de la cara del cristal dislocará las *miras*; y se conocerá al momento que esta cara ha recobrado su posicion primera, ó que otra cara ocupa la misma posicion que aquella ocupaba antes, cuando se haya obtenido la misma coincidencia. Se hace, pues, mover el sosten por medio de la alidada, hasta que la segunda cara del cristal dirija las líneas de *mira* de la misma manera, y efectúe la misma coincidencia del punto de cruzamiento de los hilos del anteojo móvil sobre el hilo vertical del anteojo fijo. El ángulo recorrido por esta segunda cara, es el ángulo suplementario del ángulo diedro; el cual se obtiene despues como se ha dicho mas arriba. Para escusar aun este simple cálculo, se puede colocar primero la alidada sobre 180° y moverla en seguida hasta la segunda coincidencia, dirijiéndola hácia el 0° del limbo; de este modo el mismo instrumento hace la sustraccion del ángulo suplementario, y el número que se lee, cuando la alidada se detiene, es el que corresponde al ángulo diedro.

El *goniómetro de Wollaston*, está fundado enteramente sobre los mismos principios. El limbo graduado es en este vertical, y como el instrumento carece de las líneas de *mira*, es necesario elejir objetos fijos, como el límite de un techo ó tejado, una barra de balcon cuya imágen se hace coincidir con la imágen de otra línea. El cristal está sostenido por un reducido sistema de piezas

movibles, que sirven para moverle, y su arista no debe estar, en razon de la posicion vertical del limbo, perpendicular, como en el goniómetro de Mr. Bavinet, sino horizontal. Cuando se han adoptado todos los medios para que el limbo esté esactamente en la vertical, y la arista del cristal en la horizontal, se procede como en el goniómetro precedente: se lee sobre el círculo graduado, el ángulo suplementario del ángulo diedro, y se obtiene tambien este último ángulo por una simple sustraccion.

Segunda (párr. 68.) Los once minerales disiméticos son: la *Boracita* (Magnesia boratada), la *Pirita de hierro* (Hierro sulfurado), el *Hierro arseniatado*, el *Cobalto gris* (Sulfo-arseniuro de Cobalto), sustancia cuya forma cristalina es el cubo:—el *Cobre gris* (Súlfuro de Antimonio, de Arsénico, de Cobre y de Hierro), y el *Zinc sulfurado*, cuya forma es el tetaedro:—el *Cobre piritoso* (súlfuro de Hierro y de Cobre), cuya forma es el prisma de base cuadrada:—el *Cuarzo* (Silice), y la Turmalina (Silicato aluminoso doble borífero), cuya forma es el romboedro:—la *Cal fosfatada*, cuya forma es el prisma regular de seis caras:—en fin, el *Zinc silicatado*, cuya forma es el prisma recto romboidal.

Tercera (párr. 75.) Las sustancias dimorfas son: 1.º el *Azufre*, cuyos cristales naturales ó los que se obtienen por la cristalizacion del carburo ó fosfuro de Azufre, proceden del prisma romboidal recto, mientras que los obtenidos por la fusion y el simple enfriamiento, pertenecen al prisma romboidal oblicuo:—2.º el *Carbonato de Cal*

(véase el párr. 75):—3.º el *Carbono*, cuyos cristales, en el *Diamante*, se refieren á la forma cúbica, y en el *Grafito* al prisma ecságono:—4.º el *Ocsido de Titano* que se presenta en prismas de base cuadrada en el *Rutilo*, y en romboedros en la *Brookyta*:—5.º el *Hierro olijisto*, que cristaliza generalmente en romboedros, y del cual se encuentran algunos cristales en octaedros regulares:—6.º el *Súlfuro de Hierro*, el cual es cúbico en la *Pirita ordinaria*, y romboédrico en la *Pirita blanca* ó *Esperquisa*:—7.º el *Carbonato de Hierro*, que da un romboedro en el *Hierro espático*, y un prisma recto rectangular en la *Junquerita*:—8.º el *Carbonato de plomo*, cuya forma es la del prisma recto en el *Plomo carbonatado*, y la del romboedro en la *Leadilita*:—9.º el *Acido arsenioso* cuya forma ordinaria es la del octaedro regular, pero puede tambien cristalizar en tablas ecsagonales muy delgadas:—10.º los *Sulfatos de Magnesia, de Zinc, de Niquel*, los *Silianatos de Zinc y de Niquel*, el *Melilato de Amoniaco*, los cuales cambian de forma por la accion del calor.

Cuarta (párr. 87). No siempre se representan estas modificaciones como el resultado de las truncaduras, sino que tambien se las considera como producidas por la sobreposicion de planos tanjentes á las aristas; pero ambos procederes conducen á un mismo resultado. El primero, el que hemos adoptado, engendra sólidos de menores dimensiones que las del cubo, pues que los sólidos derivados son tallados á espensas del cubo, como se representa en la lámina 2: el segundo producirá sólidos derivados de mayores dimensiones, pues

el sólido estará encerrado en los planos tanjentes. Debe tenerse presente que tratamos solamente de esplicar la generacion de los poliedros derivados, por medio de relaciones geométricas y físicas, y que la naturaleza no procede realmente de conformidad con alguno de estos dos métodos.

FIN DE LA MINERALOGIA.

CURSO ELEMENTAL

DE HISTORIA NATURAL.

GEOLOGIA.

CURSO ELEMENTAL

DE HISTORIA NATURAL.

GEOLOGIA.

NOCIONES GENERALES.

Definicion.--Corteza sólida del globo.--Disposicion general de los terrenos.

§ 1. La *Geologia* ó *ciencia de la tierra* es la parte de la Historia Natural que tiene por objeto el estudio de la constitucion física de nuestro globo. La tierra es por su figura un esferoides algo aplanado hácia los polos: su diámetro escede de 3,000 leguas, y la superficie es muy desigual en razon á las largas cordilleras de montañas que se elevan por unas partes, y á las profundas depresiones que se observan en otras; pero estas desigualdades aunque gigantescas si se comparan con los pequeños objetos de que estamos rodeados, son en realidad muy poco considerables respecto á la masa del globo; son proporcionalmente

mucho mas pequeñas que las representadas en la superficie de la mas fina naranja; de modo que si se ofreciesen en relieve sobre una esfera de un pie de diámetro, aparecerian tan pequeñas las mas elevadas montañas, que quizás seria indispensable servirse del microscopio para distinguirlas.

§ 2. Las profundidades de la superficie del globo están cubiertas por las grandes masas de agua que constituyen los mares ocultando estas partes á nuestra investigacion; mas es probable que los hundimientos mas profundos apenas tengan una legua bajo el nivel del mar, y está averiguado por medidas esactas que la cima de las montañas mas altas no se eleva dos leguas, esto es, 8,000 metros, sobre el mismo nivel. (Nota 1.ª).

La superficie de la tierra ha variado mucho su configuracion primitiva: ha pasado por grandes revoluciones y hasta es creible que el globo entero fué fundido por el calórico en su principio y que enfriándose despues se ha solidificado lentamente. Esto se deduce de la forma del globo: si una masa flúida ó pastosa estuviera animada continuamente, como lo está la tierra, de un movimiento de rotacion, no conservaria la forma esférica, porque la fuerza centrífuga desarrollada por este movimiento la achataria hácia los polos; mientras que una esfera sólida no esperimentaria deformacion alguna. El globo terrestre, pues, nos ofrece este achatamiento hácia los polos y el abultamiento correspondiente hácia el equador, puede, pues, concebirse que ha pasado por el estado flúido ó pastoso, por un estado de fusion ígnea.

El radio del equador es de 6.376,986 metros, mientras que el del polo es solamente de 6.356,324; lo que da un radio medio de 6.366,745 metros, y una diferencia de unos 42,000 metros entre los dos diámetros.

§ 3. El hombre no ha podido esaminar la naturaleza de las sustancias que constituyen nuestro globo, sino á una profundidad muy limitada, pues las escavaciones mas profundas practicadas para estraer las preciosidades que la tierra contiene, no pasan de 400 metros. Pero por cálculos, que no es posible esponer en este lugar, se cree que la parte central de la tierra no debe estar ocupada por agua ni por vapores, sino por materias tan pesadas como los metales de mayor densidad, y tan calientes que es probable se hallen siempre en estado de fusion.

§ 4. En efecto, un gran número de hechos concurren á probar que la tierra tiene un calor interior independiente del que recibe del sol y que es un resto de su calor original. Su temperatura se observa mas elevada á proporcion que descendemos en las profundidades que esploramos: nadie ignora que hay minas muy hondas tan calientes que los obreros no pueden trabajar en ellas sin desnudarse; y que la temperatura de un manantial algo considerable es muy elevada si brota de un sitio muy profundo. Este aumento de temperatura ha podido apreciarse, y confirma por medio de esperimentos, que el calor de la tierra aumenta casi un grado del termómetro centígrado por cada 33 metros. En sótanos muy profundos, donde no se hace sentir el

influjo de las estaciones, y la temperatura es siempre la misma, se nota que el termómetro que señala en Paris 11°, á una profundidad de 60 metros en estos sótanos asciende hasta 13°. A unos 3 quilómetros (n. 2) con poca diferencia debe ser igual á la temperatura del agua hirviendo, esto es, á 100° del mismo termómetro, y á 20 quilómetros de profundidad, el calor debe ser suficiente para fundir las mas de las rocas. Por último, si el aumento de la temperatura sigue constantemente la misma ley, hácia el centro de la tierra escederá á la de nuestras mas poderosas fraguas y liquidará todos los cuerpos conocidos: por esta induccion puede suponerse que á una determinada profundidad la tierra se halla en estado de fusion ígnea, y que únicamente la superficie de esta masa flúida, solidificada por el enfriamiento constituye una especie de costra.

§ 5. Parece bien demostrado que el globo se hallaba, en sus tiempos primitivos, en estado de incandescencia y que se ha enfriado lentamente, sin que de esto debamos concluir que el descenso de la temperatura continúa aun, sin haber llegado todavia á su término. La temperatura del globo no ha cambiado sensiblemente desde los tiempos históricos; siendo posible probar por cálculos esactos, que la superficie de la tierra recibe del sol en el espacio de un año una cantidad de calor casi equivalente á la que pierde en el mismo tiempo: la influencia que el calor interior de la tierra ejerce en su superficie es insensible; y para que esta influencia casi nula, hubiese disminuido por mitad, de modo que el

aumento de temperatura fuera solamente de medio grado para 33 metros, seria preciso que trascurriesen mas de 30,000 años.

§ 6. Los conocimientos relativos á la parte central del globo se limitan á lo espuesto sobre su gravedad, densidad, temperatura y estado de fluidez; mas los que poseemos acerca de la corteza sólida que forma su superficie son mas profundos y esactos. Esta corteza no está formada de una sola pieza, sino de un gran número de materiales distintos. El estudio particular de cada una de estas sustancias pertenece á la Mineralogía; el de sus relaciones mútuas y del papel mas ó menos importante que juegan en la constitucion del globo es del dominio de la Geologia.

§ 7. Llámanse *rocas* las sustancias minerales que reunidas en masas mas ó menos considerables, constituyen, por decirlo así, los materiales esenciales del suelo, y se da el nombre de *terrenos* á reuniones de rocas formadas segun parece en las mismas circunstancias. Esta definicion de las rocas no envuelve idea alguna de estado pétreo ó blando, de estructura compacta ó floja, de origen ácueo ó ígneo, de volumen, en fin, de modo que la arcilla, no obstante su estado pastoso, y la arena, aunque movediza, son rocas lo mismo que el granito y la caliza.

Cuantas veces se ecsaminan los flancos de las montañas, las escavaciones debidas á la industria del hombre, ú otras diversas localidades favorables á los estudios geológicos, siempre se reconoce la ecsistencia de muchos terrenos diferentes, y la disposicion general de estos por capas ó pisos

sobrepuestos los unos á los otros. Para convencerse de esta verdad no es preciso visitar paises lejanos; basta trasladarse á Paris. El geólogo que se paseara en las inmediaciones de esta capital (l. 4) y descendiese á las vastas catacumbas del cuartel *Saint-Jacques*, ó á una de las canteras abiertas en la llanura de *Mont-Rouge*, veria que en toda esta parte de la comarca la tierra vegetal cubre una roca muy resistente, formada únicamente por la piedra que se emplea en gran cantidad para la construccion de edificios y que los naturalistas distinguen con el nombre de *caliza grosera*. Dirigiéndose en seguida hácia *Bièvre* observará que este riachuelo corre sobre una especie de tierra arcillosa ó arcilla plástica, que tambien se estrae del fondo de varios pozos situados en las inmediaciones de *Arcueil* etc., y que se destina á la fabricacion de todo género de alfareria. Si se vuelve á la derecha se encuentra en el *Bas-Meudon*, *Creta*, roca de color blanco que contiene grandes cantos dispuestos por capas regulares, que se esplota para fabricar el *blanco de España* ó *blanco Mendon*, muy usado en la pintura comun. Si de aquí pasa á lo largo de la orilla derecha del Sena y se traslada á *Montmartre*, verá que toda la base de este cerrillo cónico está compuesta en gran parte de *yeso*. Estos bancos yesosos se estienden tambien desde el cerrillo *Chaumont* hasta *Nogent-sur-Marne* y á otros muchos sitios en que se esplota con actividad. Algo mas hácia el norte, en la llanura *Saint Denis*, se encuentra una roca muy diferente, que se aproxima mas á la caliza grosera; mas que, sin em-

bargo, difiere mucho de ella, y que no pocas veces presenta en su sustancia pequeñas cavidades irregulares tapizadas de cristales: esta piedra, llamada *caliza silícea*, por los geólogos, forma tambien hácia el S. E. de Paris una inmensa meseta, la que en Bauce se encuentra cubierta solamente por una capa de arena. Esta misma *caliza* reaparece cerca de Orleans y suministra los materiales que se emplean en la construccion de la mayor parte de las casas de aquella ciudad.

Tal es la diversidad de las rocas de que se compone el suelo del distrito de Paris; pero si el geólogo lleva mas lejos sus escursiones, admirará diferencias mucho mas notables é importantes en la constitucion de la corteza del globo. En el bosque de Fontainebleau, por ejemplo, notará en la vertiente de los ribazos una roca arenosa muy resistente, formada toda de *gres:* algo mas adelante, Chateau-Landon, verá obreros ocupados en estraer de la tierra una especie de mármol comun: en las inmediaciones de Angers encontrará rocas de estructura hojosa, que suelen dividirse bien en láminas muy delgadas, las cuales constituyen las pizarras que sirven para cubrir los edificios: en Cherbourgs y en una gran parte de la costa de Bretaña, reconocerá en las rocas batidas por las olas aquella piedra particular, brillante, dura y difícil de pulir, el *granito*, que se usa en los pavimentos y para adornos de los monumentos. Por otra parte en las inmediaciones de Mons, ó entre Lyon y Saint-Etienne, hallará á mas ó menos profundidad, estensos bancos de una sus-

tancia negra y brillante, *Ulla*, combustible tan precioso para la industria. En otras muchas localidades, por último, le proporcionará tambien la tierra preciosos minerales de hierro, plomo, cobre, plata ú oro, y si se aprocsima á determinados lugares en otro tiempo volcanizados, Auvergne, por ejemplo, quedará sorprendido al ver las rocas compactas que se elevan como un inmenso hacecillo de columnas truncadas.

§ 8. Estudiando de esta manera los diferentes materiales de que se compone la corteza esterior del globo, se convencerá fácilmente el geólogo de que en la pluralidad de casos estas rocas tan diversas no están colocadas unas al lado de las otras, sino que se cubren mútuamente y forman una serie de capas mas ó menos gruesas que pueden compararse á otros tantos sillares en un cuerpo de mamposteria. El yeso, por ejemplo, descansa sobre la caliza grosera de que ya se hizo mencion, pues abriendo pozos en varios puntos de nuestras cercanías, se ha encontrado esta última roca inmediatamente en su parte inferior. La caliza grosera á su vez, cubre la arcilla plástica, cuya ecsistencia ya observamos en el Sur de Paris, pues es muy comun, cuando la capa caliza no es demasiado gruesa, penetrar al traves de ella hasta llegar á la arcilla plástica situada debajo. En otros pozos, los de Grenelle por ejemplo, despues de haber atravesado la capa caliza, la arcillosa y otras, se ha encontrado la Creta que se presenta á descubierto cerca de Mendon; y esta creta tambien descansa sobre una capa de la sustancia denominada *tufo*, en otras localida-

des en que se han practicado escavaciones. En otras partes no es necesario abrir pozos para asegurarse de la sobreposicion de las diversas capas formadas por otras rocas; y para observar esto distintamente basta ecsaminar las escarpas de ciertas colinas ó las zanjas abiertas para la nivelacion de los arrecifes ó la esplotacion de las canteras; pero cuando se ha puesto de manifiesto el punto de contacto de dos capas en una de estas circunstancias, se puede muchas veces distinguir sin dificultad el modo como una de ellas se continúa debajo de la otra. Ecsisten localidades en que las rocas no manifiestan señal alguna de sucesion de capas, y constituyen masas compactas: tal es la disposicion del granito de que hemos hablado últimamente.

Para formar una idea del modo con que la naturaleza ha producido estas inmensas capas térreas, es preciso estudiar los fenómenos que pasan actualmente en diversos puntos de la superficie del globo.

Fenómenos geológicos de la época actual.

§ 9. Las principales modificaciones que en nuestra época se manifiestan en la constitucion ó configuracion de la corteza sólida del globo, pueden referirse á dos clases principales: dependen las unas de la accion de las aguas; las otras son efecto, segun parece, del calor interior de la tierra. Los depósitos de aluvion por una parte, y las erupciones volcánicas por otra, pueden ser men-

cionadas como los ejemplos mas notables de estos fenómenos geológicos.

Efectos producidos por las aguas.

§ 10. *Aluviones.* La accion de la lluvia, de la escarcha y una multitud de otros agentes, tienden incesantemente á alterar la superficie de las rocas, aun de las mas compactas, y á separar de ellas fragmentos mas ó menos voluminosos. Por esto se ve casi siempre al pie de las escarpas en los paises montañosos, un *talus* formado por los destrozos de las rocas superiormente situadas; y las masas así desgajadas descender á veces á los vallados y arrollar cuanto se ofrece á su paso. Esta degradacion de las rocas no siempre se efectúa por el desprendimiento de grandes masas, sino que tambien se desagrega la sustancia de las rocas separándose de un modo lento y graduado una especie de polvo grosero. Estos despojos se dividen mas y mas por la frotacion y el choque, mezclándose los fragmentos con los desechos de las plantas y de los animales para constituir una capa mueble de mayor ó menor espesor, que cubre casi toda la superficie del globo, y recibe por lo comun el nombre de *tierra vegetal*, por crecer las mas de las plantas en la especie de lecho formado de este modo. Las materias animales que entran en la composicion de esta tierra ordinariamente son arena, arcilla ó restos de rocas calizas.

§ 11. Las corrientes de agua cuando se deslizan sobre estos terrenos, arrastran una parte

de ellos y trasportando á lo lejos sus despojos constituyen estas tierras. Cuando la nieve amontonada en el vértice de las montañas ó sobre elevadas cimas se liqua por el influjo del sol ardiente del verano se precipitan copiosas lluvias, se originan torrentes impetuosos que descendiendo á la llanura arrancan en su curso la tierra y los fragmentos de piedras que encuentran á su paso ó que arrastran de su lecho; de lo que resulta que el agua de estos torrentes es muchas veces turbia, y conduce limo, arena, cantos y aun masas de piedra. Mas al llegar á un pais llano ó al entrar en una ancha hoya, amaina su curso, y se depositan paulatinamente las materias estrañas que tenia en suspension, las que se detienen con tanta mayor prontitud cuanto mas pesadas son, y á la larga tapizan el fondo del rio con una capa térrea cuyo espesor aumenta incesantemente.

El Po, que se precipita de la elevada cordillera de los Alpes y atraviesa toda la Lombardia, ofrece un curioso ejemplo de tan notable fenómeno. De este modo se han trasportado de las montañas á la llanura tantas materias térreas por este rio y sus afluentes principales, que desde la época de los Romanos se han llenado y secado varios lagos y vastos pantanos situados en otro tiempo cerca de Parma, Cremona etc.; su alveo tambien se ha llenado poco á poco, de modo que varias veces sus aguas han cambiado de curso é inundado las llanuras inmediatas. Esto ha hecho necesaria la construccion de largos diques sobre sus orillas, para poner término á tan desastrosas inun-

daciones; mas como ni por esto se ha podido impedir que continúe elevándose el alveo, es preciso tambien levantar todos los años los diques. Estos rios, pues, corren en la actualidad bajo una especie de inmenso acueducto, y en algunos puntos el nivel de sus aguas se eleva mucho mas que el techo de las casas inmediatas, por ejemplo, en Ferrara.

El Ródano, que desciende por el flanco norte de los Alpes y atraviesa el Valais con escesiva impetuosidad para poder precipitar el limo y los cantos que arrastra en abundancia, al desaguar en el lago de Ginebra, retiene su curso hasta el estremo de hacerse casi imperceptible, y sus aguas, turbias y cenagosas al principio, aparecen limpias y trasparentes cuando salen del estremo opuesto de esta concha para atravesar á Ginebra. El Ródano, pues, deposita en dicho lago todas las materias que conducia, elevando sensiblemente su fondo. Esta elevacion progresiva del suelo es tan visible en el estremo oriental, que la antigua Port-Valais, situada antes en la orilla del lago, se halla hoy á una distancia prócsimamente de media legua; habiendo bastado el espacio de ocho siglos para la formacion del gran banco que separa esta ciudad del lago. El depósito á que debe su origen este banco, continúa en el fondo de la parte inmediata, y tiende continuamente á elevarla mas y mas, de modo que es posible llene algun dia toda esta concha y transforme el lago en una laguna al traves de la cual se deslizará el Ródano sin ensancharse. Este hermoso rio aparece claro y limpio al atravesar por Gine-

bra; mas á corta distancia recibe nuevos afluentes, el Arve, por ejemplo, que vierte en él sus aguas cenagosas, y poco á poco se carga con nuevas cantidades de arena y limo que ruedan con ímpetu hácia el mar. Como en su embocadura el curso del rio es mas lento, estas materias estrañas, restos del Mont-Blanc, de los Alpes del Delfinado y de las regiones centrales de Francia, se depositan á su vez, y levantan gradualmente la superficie del suelo que cubren, de lo que resultan nuevas tierras que se estienden mas y mas hácia el mar.

§ 12. Los terrenos que resultan del depósito de aquellas materias arrastradas por las aguas, constituyen los *aluviones*; y como estos, cuando se forman en la embocadura de un rio, afectan muchas veces la figura de esta letra Δ, se designan con el nombre de *delta* los depósitos que se sustraen así del dominio del mar. Las deltas del Ródano y de la boca del Po, son poco considerables; pero en otros puntos del globo se encuentran algunas que tienen gran importancia geológica. La *delta del Nilo*, es de las mas célebres, porque segun los cálculos de algunos autores ha aumentado cerca de media legua desde la época de Herodoto; y segun la opinion generalmente admitida, es probable que principió á formarse al pie de las rocas en que se elevan las pirámides de Memfis.

Las deltas de la embocadura del Misisipi y del Ganges, se aumentan todavia con mucha mas rapidez y ofrecen mayor interes al naturalista. El Misisipi, el mas largo quizá de todos los rios

de la tierra, y cuyos afluentes son mas considerables, produce efectos muy notables y dignos de una particular atencion. En su curso, sinuoso en estremo, no solamente trasporta y acumula en determinados lugares los despojos del suelo, sino que conduce tambien enormes masas de vegetales. Retirándose las aguas todos los años despues de la época de las inundaciones, destruyen los bordes del aluvion del rio, porciones de tierras cubiertas de espesos bosques, y hasta grandes porciones de islas, se ven á veces precipitadas en las aguas y arrastradas por su corriente. Poblaciones enteras de árboles flotantes detenidas en su marcha por algunas islas, profundas hondonadas y otros obstáculos, se amontonan con frecuencia hasta formar puentes naturales que se estienden á toda la latitud de la corriente del rio, hallándose este no pocas veces tan cubierto por estos espesos puentes, que se le puede atravesar sin sospechar su ecsistencia. Ademas de esta tan frecuente acumulacion de árboles flotantes, conocida con el nombre de *rafts*, y de que nos ofrecen ejemplos el Alchafalaya y el rio Rojo, afluentes principales del Misisipi, este tambien trasporta sin cesar al estremo de su delta en el golfo de Méjico, considerable número de árboles, mezclados con esqueletos de los animales que han perecido en las inundaciones. Estos fenómenos, que pueden darnos idea del origen de esos depósitos y acumulaciones de restos vegetales verificadas en las capas terrestres, esplican en parte la presencia de los animales destruidos enmedio de las mismas.—En cuanto al Ganges la cantidad de arena

y de limo trasportada por este rio al golfo durante la época en que sale de madre, es tan considerable, que el mar aparece turbio á mas de veinte leguas de la costa; su delta tiene mas de doble estension que la del Nilo. No crece, sin embargo, en la inmensa proporcion que al parecer indica el fenómeno que se acaba de citar, pues la fuerza de las mareas arrastra una gran cantidad de la materia aluvial despues de la avenida y destruye en párte los sedimentos depositados por el agua dulce.

§ 13. El combate de las olas del mar contra las rocas del litoral, produce degradaciones análogas á los desmoronamientos que se observan en los paises montañosos, y los materiales desprendidos así del suelo, despues de haber rodado entre las aguas ó de haber sido reducidos á un polvo grosero, son arrastrados á lo lejos por la corriente y van á depositarse ya en las grandes profundidades, ya en alguna hondonada cuyo nivel elevan. La entrada en los puertos marítimos se encalla algunas veces de este modo, y tanto que los inmensos bancos de cantos rodados que se encuentran en las costas de la Mancha, deben atribuirse á la accion de las olas sobre los acantilados macizos.

Las materias sólidas que se depositan así en el seno de las aguas, forman capas horizontales que por el tiempo y la presion que ejerce el flúido de que están cubiertas, ó por los nuevos depósitos que se sobreponen á ellas, se consolidan mas cada dia. Suelen intervenir tambien en este trabajo geológico fenómenos químicos, que con-

tribuyen á unir entre sí estos despojos formando una especie de roca. Es de notar, en fin, que las materias depositadas de este modo en cierta localidad, no llegan á ella sin interrupcion, y que con frecuencia la naturaleza de estos depósitos cambia en un mismo sitio por ser aquellas trasladadas de puntos distintos ó conducidas en circunstancias desemejantes: de lo que resulta que unas veces se forma una sola é idéntica capa, la cual adquiere en el mismo sitio un espesor que aumenta sin interrupcion, mientras que en otras ocasiones se forman capas distintas que se sobreponen unas á otras.

Como comparando la disposicion de los terrenos que al presente se forman tambien de este modo, y el de una multitud de porciones de la corteza sólida del globo, cuya ecsistencia es muy anterior á los tiempos históricos, se observan los mismos caracteres, es lójico admitir, que así en los tiempos mas remotos como en la época actual, ciertas capas de esta corteza geológica se han originado bajo la influencia de causas análogas, y han sido producidas por los mismos procederes.

§ 14. Tambien se forman otros terrenos, por decirlo así, á nuestra vista, depositándose algunas materias de las que tienen en disolucion las aguas de ciertos manantiales y quedando abandonadas cuando llegan á la superficie del suelo. En diversas partes de Francia, cerca de un manantial, por ejemplo, situado en el norte de Clermont-Ferrand, se encuentran algunos ejemplos; y en algunas localidades de Italia se forman de este

modo enormes masas de la piedra caliza conocida por el nombre de *travertino*.

§ 15. *Ventisqueros*.—La accion de las corrientes para el trasporte de los despojos sólidos que resultan de la desagregacion de las rocas, es, sin duda, la mas importante entre todas las causas que tienden á modificar, en nuestros dias, la forma de la superficie de la tierra; pero ecsisten otras que deben fijar tambien nuestra atencion: tal es el movimiento de las masas de agua congelada que se conocen con el nombre de *ventisqueros*.—La estension de estas masas encajadas en los valles ó suspendidas en los flancos de las altas montañas es por lo comun inmensa. Las de los grandes valles de los Alpes suelen prolongarse desde sus mas elevadas cúspides hasta las regiones cultivadas, cubriendo, á veces, espacios de 5, 6 ó mas leguas de longitud, sobre media ó una de ancho.

De todas las regiones elevadas se precipita anualmente una cantidad considerable de nieve, y si el sol en verano no la funde en su totalidad, sirve como de núcleo á las nuevas cantidades que cada año se acumulan en las anfractuosidades formadas en las faldas de las montañas mas empinadas. En el declive de estas la nieve es ordinariamente fina, pulverulenta y blanca; pero debajo de esta region, llamada *meseta superior del ventisquero*, volviéndose la nieve granugienta y de color mas ó menos gris en su superficie, constituye la *nevera*. Debajo, por último, de la especie de reservatorio ó *mar de hielo*, formado por las dos regiones precedentes, se encuentra el *ventis-*

quero propiamente dicho, que ocupa las localidades en que se derrite por completo en el verano la totalidad de la nieve reunida en el invierno, y es alimentado por las neveras y los campos de nieve constituyendo su desagüe.

Los ventisqueros constan de hielo compacto cuya masa resulta de la aglutinacion de los granos de nieve por medio del agua que se infiltra y congelándose en seguida otra como una argamasa. La superficie de este hielo es áspera; su masa está atravesada, en todos sentidos, por pequeñas grietas capilares y estratificada en toda su estension, cuyas capas corresponden al espesor de la nieve reunida durante un año. El movimiento progresivo de toda la masa hácia la vertiente de los terrenos, es el fenómeno mas notable que se observa en estas circunstancias. Este movimiento lento y continuo, que se verifica en el sentido del mayor declive, no debe atribuirse esclusivamente á la accion de la gravedad, porque dista mucho de ser acelerado, ni á la fusion de la parte mas baja del ventisquero, pues esta circunstancia no produciria otro efecto que bajar su nivel en las vertientes poco inclinadas; sino que debe atribuirse principalmente á la dilatacion del agua infiltrada en las grietas capilares, cuando se solidifica. Por esta dilatacion que no puede efectuarse libremente sino en el sentido del espesor y del declive, el ventisquero ejerce en las rocas sólidas, sobre que gravita, un esfuerzo que le impele necesariamente hácia adelante, y durante el cual desgasta, vacia, redondea y pulimenta las superficies sobre que se desliza. Este es el origen

de la denominacion *rocas ensortijadas*, con que se indica el aspecto que presenta en determinada estension, la sucesion de pequeñas y redondeadas superficies. Los cristales de sustancias duras, de quarzo por ejemplo, que el ventisquero arrastra en su marcha, obran á la manera del esmeril sobre las rocas del fondo y de los flancos del valle, gravando en su superficie estrias longitudinales y paralelas entre sí, cuya direccion es relativa a la disposicion del terreno, y que subsisten como los indicios mas ciertos del paso del ventisquero.

Este movimiento de que se trata, desgaja de las rocas partes mas ó menos voluminosas, segun su naturaleza; la accion de los agentes atmosféricos cuartea las rocas inmediatas; la caida de los pellones acarrea tambien al ventisquero fragmentos de toda especie; una parte de estos despojos es envuelta en el ventisquero mismo, y con sus restos se forma una capa, la *capa de barro*, entre el hielo y la roca; pero los mas de los despojos se encuentran en la superficie formando una especie de limitacion ó amojonamiento, y limitan toda la circunferencia del ventisquero, distinguiéndose por los nombres de mojones *laterales*, *medios* y *terminales* ó frontales. Estas prolongadas colinas de fragmentos de la roca son modificadas en su forma y volúmen por un gran número de causas, y marchan con el ventisquero, mas si se supone que este disminuye de volumen ó desaparece despues de una serie de veranos calurosos, los mojones permanecerán en su sitio abandonados por el ventisquero que los trasportó

y lejos de la roca cuyas muestras contienen reunidas en cierto modo.

Observado en comarcas faltas en la actualidad de ventisqueros los vestigios de los fenómenos á que da lugar el movimiento de los ventisqueros actuales, se ha deducido, que los depósitos erráticos de estas comarcas, es decir, los diseminados que no están en relacion con los terrenos sobre que se encuentran, son los mojones á los que sirvieron de vehículo los ventisqueros que han desaparecido. Se han deducido, en efecto, una multitud de fenómenos erráticos de pruebas numerosas que al parecer los hacen referir evidentemente á la causa de que nos ocupamos ahora, y nos conducen á la hipótesis de una época helada, intermedio entre las épocas de la desaparicion de los últimos animales y de la creacion de los seres actualmente vivos, y durante la cual la temperatura del globo hubiera sido mas baja que la de nuestros dias.

§ 16. *Trasporte por los hielos.*—Las masas erráticas pueden ser trasportadas lejos del terreno á que pertenecen no solo por el movimiento de los ventisqueros, sino tambien por los hielos que se originan en los límites de las regiones heladas. En efecto, los hielos envuelven, á veces, masas mas ó menos considerables de rocas, y arrastrándolas despues al tiempo del deshielo, las depositan en diferentes puntos. Fenómenos de esta naturaleza nos ofrece las costas del Canadá, de la Groenlandia etc.

§ 17. *Terremotos.*—Los sacudimientos que agitan toda una comarca y trastornan su suelo,

producen efectos terribles cuya triste historia es conocida de todo el mundo. Estas conmociones del terreno consisten, ya en oscilaciones horizontales, ya en sacudimientos verticales, ya en remolinos que deben su origen á la simultaneidad de estos dos movimientos combinados. Levantamientos, hundimientos sucesivos, el trastorno y desnivelacion de los terrenos, la abertura de grietas que continúan abiertas ó precipitan en su seno vastos edificios, la desaparicion de corrientes de agua precipitadas en aberturas que se cierran súbitamente, la aparicion, por el contrario, de nuevos lagos en el fondo de otras cavidades nuevamente abiertas, ó de manantiales frios ó calientes en localidades que no ecsistian indicios siquiera de estos, la acumulacion de las aguas de los rios contra los obstáculos levantados rápidamente, los deshielos irresistibles de estos torrentes que van á abrirse nuevos alveos, las zanjas profundas de las costas, las trepidaciones de los promontorios que se han bajado ó levantado, son los efectos mas comunes de estas espantosas catástrofes, cuya accion unas veces permanece circunscrita en espacios estrechos, otras se estiende á grandes superficies y aun, corriendo un gran círculo, á todo un hemisferio. Los terremotos de que ha sido teatro la Calabria en 1783, nos ofrecen en cierto modo, un cuadro compendiado de todos estos incidentes reunidos.

§ 18. *Levantamientos y hundimientos.*—Estos grandes movimientos de terrenos se verifican á veces de una manera lenta, y se completan sin sacudimiento. Parece bien demostrado que desde

el tiempo de los Romanos una parte de la costa de Nápoles, ha descendido hasta debajo del nivel del mar, elevándose sobre el mismo despues, sin destruir los monumentos construidos sobre este suelo movible. Para convencernos de este hecho basta visitar las ruinas del templo de Serápis. Este antiguo monumento, situado cerca de Pouzzoles, del cual se conservan tres columnas en pie, construido al parecer en el siglo III, y muy frecuentado por los baños termales que allí ecsistian; pero hundido su suelo en 1483, segun se cree, quedó el templo cubierto por el mar hasta unos 5 metros sobre el pavimento. Entonces se encontraron animales marítimos en la parte sumergida de las columnas, y gran número de agujeros abiertos á la altura de dos metros por moluscos litógafos, del mismo modo que se observan en las rocas bañadas por el mar. En la actual época el pavimento está en seco, y los vestigios de los litógafos se elevan á una altura que probablemente escede tres metros al nivel de las aguas. Mas estos cambios en los niveles relativos de la costa de Pouzzoles y del mar inmediato, no puede depender del alternativo ascenso y descenso de estas aguas, pues que tales movimientos habrian causado inundaciones espantosas á lo largo del litoral del mediterráneo; solamente puede esplicarse este fenómeno suponiendo, que la costa despues de haber descendido algunos metros se ha elevado gradualmente.

Tal hipótesis adquiere toda la fuerza de una verdad demostrada, cuando se contempla el fenómeno análogo que en nuestros dias nos presentan

la Escandinavia y Chile. En las costas de Suecia, por ejemplo, ciertas rocas en otro tiempo sumerjidas se presentan fuera del agua, y los acantilados se elevan mas y mas sobre el nivel del mar. Notábase mucho tiempo antes que este abandonaba ciertas partes del litoral, y que el agua descendia en varios puertos de esta region; pero se han contestado estos cambios de nivel de un modo todavia mas rigoroso. Hace mas de un siglo que en varias rocas se han hecho á flor de agua señales que debian servir como punto de partida de los esperimentos, y ecsaminándolas todos los años se ha encontrado, que estas señales se elevan sucesivamente sobre el nivel de las aguas. En el golfo de Botnia esta elevacion parece ser por término medio de cuatro pies por siglo, pero en otra parte es menor, y en otros puntos del litoral del Báltico nula, lo que prueba que el cambio de nivel no depende del descenso de las aguas.

§ 19. Los hundimientos y levantamientos de que se acaba de tratar han sido muchas veces atribuidos á que el mar habia invadido el continente ó bien á que lo habia abandonado; mas una y otra de estas hipótesis son falsas. Atendidas las leyes que presiden al equilibrio de los líquidos, es imposible que el nivel del mar cambie en un punto sin alterarse al mismo tiempo en toda su estension; y como hay puntos en que este nivel no ha variado desde los tiempos históricos, mientras que se ha modificado en otros, es preciso concluir, que el nivel del mar es constante, y que los continentes, por el contrario, á pesar de su inmovilidad aparente, son perpétuamente agitados por mo-

vimientos correlativos de levantamiento y hundimiento. La consecuencia inmediata de la observacion precedente es, que no debe admirarnos que á alturas considerables sobre el actual nivel del mar, se hallen depósitos de seres marítimos, en atencion á que los terrenos sobre que descansan han podido llevarlo á estas alturas por efecto de los levantamientos, parecidos á los de que hoy dia somos testigos. Los diversos contornos de las capas terrestres y su dislocacion pueden esplicarse por la accion de fenómenos idénticos á los que acabamos de señalar, y cuya admision nada presenta de sobrenatural.

§ 20. *Volcanes.*—Cuando la costra terrestre se halla profundamente hendida á consecuencia de los terremotos, de manera que desde el interior del globo se establezca una comunicacion con el esterior, se forma un *volcan*; y los fenómenos anecsos á la abertura del conducto permanente ó transitorio, son designados con el nombre de *fenómenos volcánicos.* Es evidente que la aparicion de un volcan está íntimamente ligada con los terremotos, y que, en cierto modo, establece su consecuencia y su término. Parece verdaderamente que los volcanes son caños naturales, al traves de los cuales se escapa la fuerza espansiva que comprimida bajo la corteza sólida hubiera, sin duda, trastornado el suelo, si no se desarrollara al esterior de nuestro planeta. Se sabe ademas que cuando las sacudidas de los terremotos son raras y débiles se efectua una erupcion volcánica en cualquier sitio, y que por el contrario aquellos fenómenos adquieren

de nuevo su intensidad cuando el volcan pasa á inactivo.

§ 21. El primer periodo de la formacion de un volcan se distingue por la aparicion de una prominencia mas ó menos considerable, llamada *cono de levantamiento*, á la cual sucede mas ó menos pronto, una esplosion formidable, que dilata el remate del cono, estableciéndose un orificio en forma de embudo que deja escapar materias diversas y se denomina *cráter de levantamiento*. El carácter principal de estas aberturas iniciales consiste en la disposicion de las capas de terreno conmovidas, que levantándose mas y mas de la base al vértice se hallan inclinadas por todas partes en torno del eje del cono y presentan su declive abrupto hácia el interior del embudo formado de este modo. Se notan tambien comunmente en los bordes de las escarpas del cráter hasta la base esterior de la montaña unas hendiduras que á veces se prolongan hasta el fondo del embudo y en ciertas localidades tienen el nombre de *barrancos* (islas Canarias).

La esplosion no es siempre la causa de la abertura del cráter: muchas veces tambien las materias levantadas al principio hasta el vértice de la bóveda volcánica, son abandonadas en seguida por la fuerza que la sostenia, y volviendo á caer por su propio peso establecen el orificio. Asi parece haber sucedido en el macizo del Etna.

Uno de los mas célebres ejemplos de los fenómenos que dan lugar á la formacion de un cráter con todos los caracteres indicados, es la erupcion que en una sola noche dió origen al monte Nuovo

cerca de Nápoles. El Vesubio, la isla de Ischia y otros varios puntos de la bahía de aquella ciudad habian sido repetidas veces teatro de esplosiones volcánicas; pero trascurrieron mas de tres siglos sin que estos fenómenos se reprodujesen, cuando en 1538 se dejaron sentir cerca de Pouzzoles fuertes terremotos, que el 27 y 28 de setiembre fueron tan numerosos y terribles que pusieron en alarma á los habitantes de aquella bella comarca; y el 29, á las dos horas de haberse puesto el sol, se observó la aparicion de un golfo entre la pequeña ciudad de Tripergola y los baños situados cerca de sus arrabales; y una gran hendidura, cuya formacion fué acompañada de un ruido terrible, se estendió hácia la ciudad vomitando llamas con una especie de barro espeso y de piedras pomez mezcladas con agua. Estas cenizas cubrieron por completo la ciudad y hasta cayeron en gran cantidad en Nápoles; los habitantes de sus inmediaciones huyeron aterrados; el mar retrocedió repentinamente á una gran distancia quedando en seco una porcion de la costa y elevada muchos pies sobre el nivel de las aguas. Por último, al dia siguiente se observó en el sitio antes ocupado por Tripergola, una montaña nueva, cuyo pie se dirijia hácia el lago Lucrino, reputado ya cráter de algun volcan antiguo. El dia 3 de octubre cesó, y entonces se pudo trepar esta montaña ya formada en un solo dia y llamada desde entonces el *Monte Nuovo*; su cumbre presentaba un cráter profundo; su altura era de unas 150 varas sobre el nivel del mar, y la circunferencia de su base aprocsimadamente de media legua.

Desde entonces se ha obstruido en su profundidad la hendidura crateiforme sin que se haya vuelto á turbar la tranquilidad de aquella comarca.

§ 22. *Productos volcánicos.*—Los volcanes desde su seno vomitan en el acto de la erupcion materias de diversa naturaleza; gases, líquidos y sólidos. Las columnas de humo que muchas veces preceden ó acompañan la esplosion principal, constan de diversos gases en vapor; observándose que entre los gases se manifiesta mas principalmente el ácido clorhídrico desde el principio y mientras la accion volcánica conserva su mayor energía; que luego y al disminuir la accion, aparece el sulfúrico, y que por último sale ácido carbónico, que puede continuar desprendiéndose por espacio de muchos siglos, aun cuando el volcan aparezca inactivo. Estos gases mezclados, por efecto de la temperatura elevada á que se hallan, con el vapor acuoso, atacan con fuerza las rocas inmediatas, las desagregan, las reducen á pequeñas partículas y despues á papilla de composicion muy variable, que arrojadas lejos del cráter por la fuerza esplosiva, cubren las regiones inmediatas con un barro espeso. Tales son las terribles erupciones de Java y del Perú, tan admirables por la presencia en sus aguas cenagosas de pececitos de la misma especie que los de los lagos inmediatos.

§ 23. *Lavas.*—La aparicion de las materias gaseosas es seguida ó acompañada de las materias pulverulentas, á veces en cantidad inmensa, que pueden unidas con las primeras formar nubes es-

pesas capaces de interceptar la luz del sol, y ser llevadas á distancias de 20, 50 y 200 leguas. A estas *cenizas volcánicas* muchas veces se añaden fragmentos de piedras preciosas incandescentes, denominadas *pouzzolanes*, *rapilli* ó *lapilli* y despues masas de materias sólidas. Es tan frecuente confundir estos productos del volcan con las masas que la misma fuerza de la esplosion arranca de los flancos de la montaña subvirtiéndola, que por un error de esta naturaleza se ha considerado la destruccion de Herculano y Pompeya como el resultado de la acumulacion de las materias vomitadas por el Vesubio, siendo asi que la catástrofe que el año 79 destruyó estas ciudades y en la cual murió Plinio, debe ser atribuida á la proyeccion de las masas de fragmentos de pomez que antes existian en la vertiente del Vesubio, y de que jamas este volcan ha producido ni un átomo. A veces los fragmentos de las rocas son espelidos del cráter y arrojados al aire con una violencia prodigiosa: asi en 1820 el volcan de Moleri árrojó á una altura igual á la suya masas tamañas como las casas del pais, y en 1523 el Cotopaxi, volcan de Colombia, arrojó piedras de diez metros cúbicos á la distancia de dos y aun de tres leguas. Por último no es raro que la erupcion conduzca á la superficie las materias fundidas que se agitan en el seno del cráter y constituyen las lavas, que, lanzadas á un mismo tiempo y á alturas diversas, se precipitan á mayor ó menor distancia del foco de la erupcion, y se acumulan en depósitos que toman los nombres de *Tobas de pomez*, *volcánicas ó aglomeradas*.

§ 24. Hay porciones de tierras fundidas que separadas de la lava que llena el cráter, son arrojadas al aire, donde se redondean con el movimiento y forman las *bombas volcánicas*. Pero sucede tambien que la misma materia flúida solo se eleva hasta cierta altura en el conducto del cráter; que despues desciende sin pasar al esterior como se observa en Stromboli donde la lava se remonta y hunde sin interrupcion, dejando escapar materias escoriaceas y una gran cantidad de gases cuyas burbujas revientan con estrépito en la superficie. La lava, si no es escesivamente flúida, puede redondearse formando una cúpula que se consolida para mas ó menos tiempo y forma enmedio del cráter un levantamiento como adventicio, cuyo vértice puede agujerearse y dar paso á los productos volcánicos, pero que por caracteres bien marcados se distingue del cráter principal de levantamiento. Todos los fenómenos en fin, que acabamos de describir, son casi siempre los precursores únicamente ó anecsos de la erupcion de la lava, que conducida hasta el remate del cráter descantilla su contorno para verterse en forma de torrentes y acumularse en las llanuras inmediatas. Si el cono volcánico se encuentra ya á una gran altura, es muy frecuente que la lava se abra paso en los flancos al pie de la montaña, y aun á cierta distancia, levantando generalmente en su tránsito pequeños conos por los cuales se escapa la materia fundida.

Se comprende fácilmente que la forma de la corriente de lava depende de la altura que tiene su origen, del declive por donde desciende, de su

mayor ó menor viscosidad y de la energia de la fuerza impelente. Si la erupcion se verifica en un pais bajo, la lava puede estenderse en forma de cascada horizontal, y constituir un lago de superficie sensiblemente unida, como aconteció en Islandia, al pie del Skaptarsokul, en la erupcion de 1783, cuya lava cubria un espacio de mas de 80 leguas cuadradas y tenia un espesor muy considerable: si la vertiente es muy inclinada, la materia líquida ó pastosa no deja en el terreno sino huellas estrechas y poco profundas, escoriáceas, retorcidas y porosas: si el declive es muy suave disminuye el diámetro de los poros, la superficie es entonces compacta y las partes dislocadas se presentan en placas mas ó menos gruesas. La superficie esterior de la coriente de lava, siendo la primera en enfriarse, forma una corteza sólida que contiene á manera de un saco la porcion interior todavia líquida; y cuando la erupcion se suspende, esta especie de saco, cuyas paredes no están ya sostenidas por la masa pastosa interior, se hunde sobre sí misma y forma un canal cuyos bordes se elevan en forma circular. La lava acumulada en el fondo del saco, se termina en una masa mas ó menos espesa ó *escoria*; en las corrientes espesas, como la de Jokul en Islandia, del Vesubio y del Etna, muchas veces se divide, por consecuencia de la retraccion, en columnas prismáticas de casi toda su altura, conservando solamente en la superficie la estructura porosa.

§ 25. Cuando la lava fluye por grietas que la vierten al esterior, subsiste en cantidad mas ó menos considerable en las cavidades de estas ren-

dijas y constituye *filones* de materia raras veces porosa. Esta materia, mas resistente que la roca inmediata, cuando esta ha sido cuarteada por los agentes atmosféricos, puede persistir y permanecer como una especie de muralla en medio de la llanura. El nombre de *dique* dado á estas murallas es tambien aplicable á los mismos filones.

§ 26. Traquito.—Obsidiana, etc.—Las materias sólidas producidas por los volcanes, se refieren por lo general á los silicatos anhydros, y principalmente al grupo de los feldspatos. Tales son: 1.° el *traquito*, roca áspera, compacta ó cristalina, de masa finamente porosa, en general tan pastosa que no puede formar parte de las corrientes, y se acumula, en la abertura misma que la vomita, en cúpulas mas ó menos elevadas: —2.° la *obsidiana*, de la cual se conocen ciertas especies que se enfrian con prontitud y se detienen en lágrimas ó escorias espesas aun en vertientes bastante rápidas; esta roca ampollosa generalmente se llena de poros que á veces se prolongan de modo que dan al todo una estructura fibrosa y un brillo sedoso:—3.° las *lavas compactas*, que forman el centro de las corrientes espesas, y cuya base de color oscuro, es constituida en gran parte por la *labradorita*, conteniendo cristales feldspáticos, de piroxena, algunas veces de mica y poridoto, y raras de amfibola:—4.° las *lavas porosas*, que se hallan en la superficie de las corrientes espesas ó estrechas, y contienen las mismas materias que las precedentes, con una estructura celular ó porosa:—5.° las *tobas volcáni-*

eas, las *pouzzolanes* y los *lapilli*, fragmentos de materias térreas; las *conglomeradas traquíticas* y las de *pomez*, cuyos nombres espresan su naturaleza y su composicion.

§ 27. Basalto.—Diorita.—Trapp.—Un producto volcánico, que apenas se encuentra en las lavas de los volcanes modernos, es el *basalto*, roca de un negro mas ó menos oscuro, de base compacta de labradorita, que contiene piroxena negra, casi siempre ócsido de hierro magnético, peridoto y cristales feldspáticos. Ya estos basaltos constituyen masas aisladas y cónicas, que parecen resultar de la acumulacion de un flúido pastoso inmediatamente superior á su orificio de erupcion, ó de la dislocacion de una corriente mas ó menos vasta; otras veces se estienden en capas continuas de grosor variable, y las mas constituyen anchas mesetas. Estas masas minerales inmensas, cuando se enfrian con lentitud, se hienden en diversos sentidos; y como este enfriamiento se ha verificado de un modo muy regular, y su testura es tambien muy uniforme, observamos que las hendiduras, por lo comun, se han abierto tambien con suma regularidad, y han dividido la roca en gran número de fragmentos parecidos entre sí. Asi es, en general, como se han dividido las masas de basalto en la corriente de Jokul en una multitud de prismas verticales, que vistos de perfil representan un grupo de columnas apretadas unas contra otras, y que remedan una especie de mosáico gigantesco, ó pavimento si solo se ve su parte superior. Hay rocas negras mezcladas con albita ó anfibola, ó de composicion

desconocida, que se aprocsiman mucho á los basaltos, denominadas *Diorita*, *Trapp* ó *Amigdaloides*.

§ 28. *Volcanes estinguidos*.—El origen volcánico de estas sustancias no es dudoso, y no pocas veces se consigue, guiados por ellas, llegar hasta los cráteres que las han arrojado y que conservan todavia todos los caracteres que hemos reconocido en los conos volcánicos. Los volcanes estinguidos se parecen por su forma y por sus productos á los en ignicion, con la diferencia de haber esperimentado degradaciones y alejarse las lavas, por sus caracteres, tanto mas cuanto mas antiguas son.

§ 29. *Salsas*. — *Fumarolas*. — *Geyser*. — Al traves de las hendeduras del suelo y aun lejos de los volcanes, se desprende continuamente gas hidrógeno carbonado, que arroja, á veces, agua ó materias fangosas, formando lo que se llama *volcanes de agua ó Salsas*, en razon de las sustancias salinas que el liquido contiene. Las salsas se observan con frecuencia y en gran número de localidades en Sicilia, Criméa etc.

Se ha dado el nombre de *Fumarolas*, á los chorros de vapores que á veces se elevan hasta 200 metros, acompañados casi siempre de un ruido que esplica la presion á que están sometidos en el seno de la tierra, y recuerda la de los vapores de nuestras máquinas. Estos chorros contienen varios ácidos, como el clorhídrico, sulfuroso, sulfúrico y bórico.

Cuando las aguas calientes brotan de un modo continuo ó intermitente, constituyen lo que se

llama Geyser. Entre estos manantiales, que abundan en Islandia, ecsiste uno que arroja cada media hora una columna de agua hirviendo de seis varas de diámetro y que se eleva algunas veces hasta 60 de altura. Las aguas termales aunque ofrecen circunstancias diferentes, se refieren á fenómenos de la misma especie.

§ 30. *Solfataras.*—Asi se denominan las hendiduras de los cráteres estinguidos, de las cuales se desprenden en abundancia diferentes gases y mas generalmente el sulfuroso. Una de las mas célebres es, sin disputa, la de Pouzzoles, que parece no haber presentado nunca otros fenómenos que los observados actualmente.

§ 31. *Volcanes submarinos.*—Tambien se hallan volcanes en el fondo de los mares, y á su accion, sin duda, se debe la aparicion de islas nuevas que en diversas épocas se han visto surgir en el seno de las aguas. En el golfo de Santorin se observaron varios fenómenos de esta naturaleza. Esta isla, segun Plinio, la antigua *Hiera* en su origen fué denominada *Kallista*, es decir, la bella, porque como Venus salió del seno de las aguas. El segundo año de la Olimpiada 145 apareció en el golfo una pequeña isla llamada la Hiera por los antiguos, *Pasco-Kameni* por los griegos modernos; y su aparicion fué acompañada de llamas y de un humo espeso que se elevó del seno del mar. El año 19 de la Era Cristiana surjió cerca de la Hiera otra isla, la de *Thia*; en 1573 se formó otra denominada hoy dia *Miera-Kameni*, y en 1707 apareció la *Nea-Kameni*, que aun en nuestros dias ecshala vapores furiosos. Esta

última erupcion es una de las mas interesantes que se conocen. El 23 de mayo de 1707 al asomar el alba se vió á una legua de la costa de Santorin una roca que parecia flotar en medio del agua, y que en efecto era una gran masa de piedra pomez desprendida del fondo por un terremoto observado dos dias antes; pero algunos dias despues esta roca se fijó y formó una isla que estendiéndose visiblemente á los 14 meses de su aparicion tenia 78 varas de altura por 1900 de circunferencia. En 1834 se elevó tambien entre Sicilia y Pantelara otro islote volcánico la *Julia* que no tardó en ser destruida y desaparecer por las olas.

§ 32. Se conocen una multitud de volcanes modernos y solfataras; se cuentan mas de 500 diseminados en todas las partes del globo, formando grupos, en cada uno de los cuales, al parecer, ecsisten conecsiones subterráneas entre los diversos focos asi reunidos. Una de estas regiones volcánicas mas célebres se estiende en la mayor parte del Mediterráneo y comprende el Vesubio, Stromboli, el Etna, las islas volcánicas del Archipiélago griego etc.; otra, las islas Canarias y las Azores; una tercera, la Islandia y la Groenlandia; una cuarta, se estiende á lo largo de los Andes, desde el cabo Hornos á la California; una quinta, igualmente considerable, comprende desde las islas Aleutinas y el Kamtschatka hasta las Molucas, y desde allí hácia el sur-este toda la isla del Archipiélago de la Occeania, y por último, parece ecsistir una sesta region volcánica en el Asia central.

Composicion de la corteza terrestre.

§ 33. Los diversos fenómenos de que acabamos de hablar, nos dan razon, en parte, de como ha debido efectuarse la formacion de los diversos terrenos diseminados en la superficie del globo; terrenos cuyo origen se remonta á una época muy anterior á la creacion del hombre. En efecto, los diferentes terrenos de que se compone la porcion conocida del globo, ofrece, como hemos visto, diferencias muy notables en su naturaleza, en su constitucion y en su arreglo. Pero estas diferencias recuerdan las que ecsisten entre los terrenos modernos que acabamos de estudiar, y al parecer indican, que entre los antiguos unos han sido formados en el seno de las aguas por precipitacion de materias sólidas suspendidas ó disueltas en el líquido; y otros son producidos por la accion del calor sobre materias térreas, capaces de fundirse y en seguida endurecerse por el enfriamiento.

Los geólogos, guiados por estas consideraciones, han distinguido dos suertes de productos en las partes sólidas del globo, sometidas á nuestra observacion: unos depuestos por las aguas y denominados *neptunianos*, y los otros debidos á la accion del fuego y designados con el nombre de *plutónicos*. — Los depósitos neptunianos, llamados tambien de *sedimento*, en razon de su formacion, llevan á mas el nombre de *terrenos estratificados*: los productos plutónicos son tambien conocidos con los nombres de *terrenos de cristalizacion*, *terrenos macizos ó ígneos*.

Terrenos de sedimento.

§ 34. Estos terrenos son formados, en general, por el carbonato calizo compacto ó térreo, mezclado con diversas materias é intercalado con depósitos arenáceos de naturaleza y espesor variables. El carácter principal y distintivo de estos terrenos, el que mas ha persistido despues de las diversas modificaciones que tras su formacion esperimentaron, es la estratificacion, esto es, la disposicion en *capas* ó *estratos* sucesivos, sobrepuestos paralelamente unos á otros.

Segun las especies de formacion de los terrenos sedimentarios, cada capa y aun cada hoja de las mismas capas necesariamente constituia, en el acto de su aparicion, un depósito muy superficial, por cuya razon las capas que ahora encontramos en el espesor del suelo se han sobrepuesto sucesivamente, de modo que el estrato que cubre es un sedimento mas moderno que todos los cubiertos. Estudiando, pues, los caracteres de todas las capas ecsistentes, y comparándolos, se podrá establecer la edad relativa de cada una de ellas y determinar el órden cronológico de su formacion, segun sea el órden sucesivo de su sobreposicion.

El estudio comparativo de la naturaleza mineralógica de los depósitos estratificados ha servido para distinguir un gran número de estos, cuya esencia y edad geológica se indicará mas adelante; y segun podia preveerse, atendida su formacion, se halla en todas partes en el mismo órden de sobreposicion. El terreno que en una localidad

cubre á otro, nunca podrá encontrarse en otra parte debajo de este: podrá faltar completamente de modo que el último se halle en totalidad desnudo ó en contacto con una capa que en otra parte le cubra tambien; pero cuando ecsista, en todas partes deberá ser superior á todos los terrenos cuya formacion data de una época mas remota.

Esta es la razon porque hemos visto en las inmediaciones de Paris (l. 3, f. 2: corte teórico de las orillas del Sena) que el yeso se sobrepone á la caliza grosera, esta á la arcilla plástica y esta á su vez descansa sobre la creta. Es posible que en otras localidades se interpongan nuevas capas entre estos terrenos diversos ó que una de ellas desaparezca por completo, y que faltando la arcilla, la caliza grosera descanse directamente sobre la creta; pero por el solo hecho de ser la caliza superior á la creta en un punto cualquiera, ha sido preciso se depusiese cuando esta se hallaba ya formada; y por consiguiente en ningun sitio podrá la caliza ser inferior á la creta.

§ 35. Es ademas evidente, que estas capas sólidas, cuando se deponen lentamente en el fondo de las aguas, deben tener una posicion casi horizontal y ocupar las partes mas declives de la superficie en que se forman; de suerte que si esta presenta elevaciones considerables, podrán ellas permanecer desnudas y manifestarse en el nivel superior que pertenece á la nueva formacion. Así en las llanuras bajas de nuestros continentes, las capas son horizontales, sin haber esperimentado modificaciones en su posicion despues de la época

reciente en que se formaron, de modo que cuando de estos sitios nos dirijimos á las cordilleras de las montañas y ascendemos hasta su vértice, encontramos sucesivamente terrenos tanto mas antiguos cuanto mas nos elevamos.

Si en ciertos casos análogos á los que acabamos de citar, los depósitos estratificados no conservaron la posicion horizontal que al principio tenian, en otros, por el contrario, se volvieron mas ó menos oblícuos; como que estudiando cuidadosamente la sobreposicion y direccion de las capas, sea en las escarpas naturales, sea en las escavaciones abiertas para los arrecifes ú otro objeto cualquiera, ya tambien en la superficie del suelo cuando las capas afluyen en ella, se observa con frecuencia que estas capas se levantan, se cruzan con las sobrepuestas, y á veces son del todo verticales. No siendo posible que estos depósitos sedimentarios se hayan establecido en esta posicion, es preciso admitir que la adquirieron despues de su formacion, y por consiguiente que entre la época de su origen y aquella en que se depusieron las capas sobrepuestas en diferente direccion, se ha efectuado un gran fenómeno geológico, un movimiento análogo á los que producen actualmente semejantes efectos, que ha cambiado la direccion de los estratos sedimentarios primitivamente horizontales. Estos grandes movimientos son, pues, el resultado de levantamientos, y la sucesion relativa de estos puede ser determinada con rigor, por ser evidentemente anteriores á las capas que permanecieron horizontales y posteriores á las capas levantadas. (l. 3, f. 1.

corte térrico de los diversos terrenos de la corteza del globo).

De esto puede concluirse que los terrenos estratificados, no fueron formados sucesivamente bajo la influencia de circunstancias diversas. Su estudio nos conduce ademas á reconocer, que los distintos puntos de la superficie del globo, quedaron, sucesivamente y en diversas ocasiones, en seco y cubiertos por las aguas de mar ó dulces, cuyo sedimento constituye estos bancos, observándose que hasta estos difieren no solo por la naturaleza y disposicion de sus elementos constitutivos, sino tambien por la de los despojos de los cuerpos organizados contenidos en la masa.

§ 36. *Fósiles.*—Los restos de los cuerpos organizados que en otro tiempo vivieron en la superficie del globo, sepultados hoy en gran número en las diversas capas de su corteza sólida, se distinguen con el nombre general de *fósiles*, denominacion que tambien se aplica por estension á ciertas huellas que los seres vivientes dejaron á su paso en las diversas épocas geológicas, á las impresiones, á los moldes, etc. Los que pertenecen á las formaciones actuales, y que han sido depuestos despues de las últimas grandes revoluciones de la tierra, conservaron en general su primitiva posicion; pero los que se encuentran en las capas mas antiguas han sido alterados en su naturaleza: las partes gelatinosas, carnosas ó leñosas que concurren á su formacion, han desaparecido en parte y han sido reemplazadas mas ó menos por partículas pétreas.

En general las partes duras y capaces de resistir largo tiempo á la descomposicion, como los huesos, conchas, etc., son las únicas que han esperimentado este género particular de alteracion: por manera que nunca se han encontrado en el estado fósil carnes, uñas, frutos blandos ni otros cuerpos análogos. Los cuerpos duros á veces han desaparecido no dejando otros vestigios de su ecsistencia que una señal en las rocas que los envolvia.

La presencia de los fósiles es tambien un carácter muy notable de los terrenos de sedimento. Una multitud de estos terrenos casi únicamente consta de productos marítimos, de conchas, de desechos de políperos, etc., que no solo se encuentran en las capas sólidas de las partes mas bajas de los continentes, si que tambien en los lugares situados á grandes distancias del mar y á alturas considerables sobre su superficie. Esta única circunstancia se esplica fácilmente por la accion de un levantamiento que hubiera elevado á la altura en que hoy dia se encuentran los depósitos préviamente formados debajo de las aguas y de que nos ofrecen una imágen los que actualmente se verifican á nuestra vista. El estado de conservacion de estos fósiles es, en general, tan perfecto, que no podemos dejar de admitir que el mar los ha depuesto en el sitio en que se hallan; hecho á mas confirmado por la posicion que guardan en las capas que los contienen. Efectivamente, con bastante frecuencia se les halla colocados sobre las caras que debieran servirles naturalmente de base, siendo estas caras princi-

pales paralelas á los puntos de confluencia de las capas delgadas sobre que descansan sea que estas hayan permanecido horizontales, sea que posteriormente hayan sido levantadas. Estos hechos tambien nos prueban la disposicion primitivamente horizontal de los estratos y su endereza-miento posterior.

Los despojos orgánicos que se hallan en las capas mas superficiales y mas recientes de la corteza del globo, en parte pertenecen á especies aun vivientes; pero los mas provienen de animales ó de plantas que no ecsisten desde una época anterior á los tiempos históricos, y cuya especie se ha completamente perdido. En general distan tanto mas de los seres actualmente vivos, cuanto mas antiguas son las capas en que se halla, observándose que en la pluralidad de las capas de la corteza del globo, ecsisten ciertas especies que no se encuentran ni en formaciones mas antiguas, ni en terrenos mas modernos. Comparando estos fósiles entre sí, y combinando este estudio con el órden de sobreposicion de los diversos terrenos, lo mismo que con el de su formacion, se ha podido conocer el estado del globo en épocas muy anteriores á la creacion del hombre, y trazar la historia de las grandes revoluciones que sucesivamente han alterado su superficie.

Así se ve que el estado de esta superficie, lo mismo que la naturaleza de los seres organizados que la poblaron, han esperimentado grandes y numerosos cambios: creaciones enteras de animales y plantas han sucedido unas á otras, y cada

una de ellas, despues de haber poblado las aguas y habitado las tierras por espacio de muchos siglos, ha sido á su vez destruida por algunas catástrofes de la naturaleza y hecho lugar á una creacion nueva (nota 4.ª). Mas ni la aparicion de una nueva flora ó de una fauna, ni la destruccion de los seres vivientes, ni el depósito de enormes capas de rocas, son los únicos fenómenos que caracterizan estas grandes revoluciones de la tierra. Trastornos de que no pueden darnos sino débil idea los terremotos y erupciones volcánicas mas espantosas de nuestros dias, han levantado en diversas épocas, la corteza sólida del globo y originado altas cordilleras de montañas, cuya elevacion, por inmensa que nos parezca, era al principio todavia mayor, antes que los valles y los hoyos que las separaban se hubiesen llenado con nuevos depósitos.

Tan grandes revoluciones de la tierra parece que han sido separadas por periodos de reposo, durante los cuales los vegetales y animales se han multiplicado en los diversos puntos de la superficie del globo, como tambien los depósitos de materias sólidas arrastradas por las aguas, ó que han salido del seno de la tierra, se han acumulado y han constituido capas mas ó menos gruesas de rocas de diversa naturaleza, y cuya sustancia muchas veces ha reunido restos de los animales y vegetales contemporáneos. De lo que resulta que la historia natural del globo se halla, por decirlo así, escrita en las rocas mismas de que se compone nuestro planeta, y que el estudio de estos monumentos antiguos de la Omnipotencia

del Criador, nos da á conocer los acontecimientos anteriores á la ecsistencia del hombre sobre la tierra.

§ 38. *Naturaleza de los depósitos de sedimento.* —Ya se dijo que la base de los depósitos sedimentarios está formada principalmente por la caliza compacta ó térrea, mezclada con mas ó menos cantidad de sustancias arcillosas ó arenosas y modificada por la inmediacion de las materias de fusion. Estos depósitos calizos alternan de diferentes modos con otros arenáceos que han recibido los nombres siguientes. Llamamos *brechas* á las materias formadas por fragmentos angulosos:—*pudingas* las compuestas de pedazos redondeados de cierto volúmen:—*gres* las que se componen de granitos distintos:—*arcillas ó marnas* mas ó menos calcáreas, aquellas en que estas partes se vuelven en estremo finas.

Los *gres* se denominan *quarzitos*, cuando deben su carácter de quarzo granugiento á las inmediaciones de los terrenos de cristalizacion que han obrado sobre ellos por via de metamorfismo (párr. 40); *gres de ulla* cuando tienen estas materias en medio de sus depósitos y están formados por una acumulacion de granos quarzosos y feldspáticos, amasados por una arcilla comunmente gris, mas ó menos micácea:—*gres rojos*, si los guijarros de quarzo ú otros reducidos á granos muy finos, están pegados á un cimiento arcilloso ó arenisco de color rojo:—*gres abigarrados*, cuando se componen de granos finos reunidos en masas de color rojo, intercalados de arcillas ó marnas verdosas, violadas ó rojas, y presenta la mas

una mezcla de colores característicos:—*gres verdes* si son de este color los granitos que contienen. —Se llama *molasa* un gres fino de granos verdes mas ó menos arcilloso ó calizo, que se encuentra en los sedimentos modernos.

Las brechas, pudingas, gres ó arcillas contenidas en las capas sedimentarias mas aprocsimadas á los terrenos de cristalizacion y modificadas por estos, se designan con el nombre genérico de *grauwacas*. Aunque los matices de esta son por lo comun apagados, los hay tambien de color bastante vivo, señaladamente en la variedad llamada *gres rojo antiguo*. Se debe notar, sin embargo, que los nombres de las diversas rocas recien definidas se aplican tambien á distintos grupos de terrenos, caracterizados esencialmente por estas rocas, pero que contienen ademas otros elementos geológicos.

Terrenos de cristalizacion.

§ 39. Los silicatos pertenecen esencialmente á los terrenos de origen ígneo, como los producidos por los volcanes. Estas rocas de testura densa ó cristalina, no son formadas por capas sobrepuestas, sino que se presentan siempre en masas no divididas por adherencias paralelas; y por esta razon se las conoce con el nombre de *rocas macizas*. No contienen despojos de cuerpos organizados.

Es indudable el origen ígneo de los traquitos, basaltos, dioritas y otras rocas análogas de que se ha hablado anteriormente; como es, de la serpentina, dialaga, pórfido, pirócsena, granito y

otras que resultan de la union de los feldspatos, anfibolas y diversos silicatos. Es cierto que estas últimas no han conservado muy bien su formacion primitiva para que se pueda hacer constar su especie de emision; pero su naturaleza, el modo como se insinuaron en todas las suertes de depósitos, la forma de sus masas, y su estado pastoso primitivo, revelado por el modo como envolvieron los restos de los terrenos que han atravesado, nos indican el origen igneo de estas masas. Sin embargo, no todas las rocas reconocen este origen, pues hay algunas que solo deben este estado al fenómeno apellidado *metamorfismo*.

§ 40. *Metamorfismo*.—Con esta voz espresamos las trasformaciones particulares que sufren los terrenos en su estado y en su composicion, bajo el influjo del calor y de ciertos agentes químicos, en las inmediaciones de las rocas plutónicas. Asi es que por la accion del basalto, las marnas, las calizas térreas, se han convertido en caliza compacta, que á veces se aprocsima bastante al estado sacaroideo; las arcillas se han calcinado, los desechos de los vejetales carbonizados; las calizas vuelto magnesianas, constituyendo verdaderas dolomias. Es preciso, pues, no confundir con las rocas esencialmente cristalinas, las sustancias que, como los micasquistos, el esquisto talcoso, el mármol sacaroideo y muchas veces el gneis, no deben su estado cristalino mas que al influjo de las rocas plutónicas, y pertenecen por su especie de formacion á los terrenos sedimentarios. Otro tanto podemos decir de las *cuarzitas*, de que anteriormente hemos hablado, de

las dolomias últimamente citadas, etc. Pero esta *dolomizacion* de las calizas, es tambien determinada por el contacto de las rocas de trapp, que al mismo tiempo pueden volver á mas estas calizas cristalinas sacaroideas, y estos mismos efectos ú otros análogos, como la trasformacion de arcillas duras en pizarras, y la desaparicion de los cuerpos organizados por la accion de las rocas graníticas, porfíricas, de las serpentinas, dialagas, y otras. El metamorfismo ademas de que impide confundir con las rocas esencialmente plutónicas las de origen sedimentario, es, pues, tambien un indicio de la naturaleza ígnea de las rocas que lo producen, y cuyo origen no podemos contestar directamente.

§ 41. De la temperatura propia de nuestro globo y del modo como se ha formado sobre su masa fundida la primera película sólida, se deduce que las capas estratificadas mas antiguas, son las que han debido volverse cristalinas por el fenómeno del metamorfismo, y que estas capas se hallan en la base de los terrenos estratificados no alterados. Esta posicion, la naturaleza cristalina y la falta de fósiles, habian inducido á asociar tales rocas con las ígneas bajo el nombre comun de *rocas primitivas*. Mas la consideracion importante sacada del metamorfismo, y esta observacion fundamental, que la accion ígnea es constante en el globo, que se han producido rocas plutónicas en todas las épocas alterando los terrenos de todas las edades, nos conduce á distinguir con cuidado los depósitos cristalinos sedimentarios de las masas plutónicas y á desechar la

denominacion de *primitivo*, mientras se pretenda esplicar con ella una época relativamente mas antigua en la sucesion de los periodos goológicos.

§ 42. No son estas modificaciones tan notables las únicas que las rocas ígneas hayan hecho esperimentar á las capas que han atravesado. Inyectándose con fuerza en los diversos depósitos, los han sujetado muchas veces á una compresion que ha contorneado de diversos modos las capas, ó bien estas los han subvertido de todas maneras y colocádoles bajo inclinaciones mas ó menos rápidas, como se ve en el centro de las montañas.

§ 43. Aunque de la misma formacion de los depósitos ígneos se desprende, que los terrenos plutónicos no se han sometido á la ley rigorosa de sobreposicion como los sedimentarios; de que una roca ígnea se encuentre en un piso geológico mas elevado que aquel en que se encuentra otra roca del mismo origen, no se deduce que la primera sea posterior á la segunda; pues es posible que el depósito menos elevado se haya detenido por no estar todavia formadas las capas sedimentarias superiores; ó porque la energia de la fuerza eruptiva que le arrojaba se ha estinguido antes que hubiese llegado á la altura que debia alcanzar un depósito posterior. Es difícil, pues, establecer el órden de formacion de los terrenos ígneos. Es evidente, sin embargo, que todo depósito cristalino ó sedimentario atravesado por otro ígneo, es anterior á este; y que todo depósito sedimentario vuelto á cubrir por un depósito igneo, precedia á este en su formacion.

§ 44. *Rocas cristalinas.*—Se ha indicado ya el origen, la composicion y las relaciones de ciertas rocas cristalinas, el traquito, el basalto, el trapp, la diorita y las lavas; entre las otras materias de origen ígneo solo citaremos aqui y describiremos mas adelante los granitos, las sienitas, los pórfidos y las variolitas; las serpentinas, dialagas, pirocsenas y anfibolas, han sido estudiadas en la parte descriptiva. Parece que los granitos, la sienita y los diversos pórfidos, han llegado á la superficie del suelo en un estado mas pastoso que las otras rocas.

Respecto de su antigüedad debemos decir, que los granitos, los pórfidos, las dioritas, las serpentinas y los trapps, preceden á todas las otras y se manifiestan desde la base de la corteza terrestre; que los basaltos apenas aparecen sino mucho mas tarde, en la época de la creta y se continúan al través de todos los depósitos de sedimento hasta la época actual: los traquitos parecen posteriores á los basaltos.

CLASIFICACION DE LOS TERRENOS DE SEDIMENTO. NOCIONES ACERCA DE LOS TERRENOS PRINCIPALES. EDAD RELATIVA DE LAS GRANDES REVOLUCIONES DEL GLOBO.

§ 45. Despues de haber reconocido dos grandes categorias de los terrenos, unos de *sedimento* y otros de *cristalizacion*, acabamos de ver que la tierra ha esperimentado diversos trastornos que han afectado á la disposicion rigurosamente concéntrica que las capas sedimentarias tendian á to-

mar y á conservar naturalmente. La historia del globo, lo mismo que la de los pueblos, se divide pues, en cierto número de periodos distintos, en cada uno de los cuales el estado de las cosas solo ha cambiado insensiblemente, pero de modo que no se parece ni al que le precedió ni al que le ha sucedido.

Los geólogos designan con el nombre de *formacion* el conjunto de los terrenos que se han constituido en cada uno de los periodos comprendidos en el intérvalo de dos revoluciones del globo, cualquiera que sea por otra parte la naturaleza ó el origen de estas rocas contemporáneas. Por consecuencia de esto se llama formacion *cretácea*, al conjunto de los terrenos depuestos ó que han salido del interior de la tierra en la época geológica durante la cual apareció la creta: formacion *jurásica*, al conjunto de los terrenos contemporáneos del depósito de que se componen los terrenos mas notables del monte Jura etc. La voz terreno con que se designa especialmente la reunion de las masas minerales comprendidas en una formacion, se emplea tambien en la misma acepcion que esta palabra (nota 5.ª).

§ 46. Las consideraciones que facilitan los medios de apreciar las divisiones naturales en diversas formaciones, residen principalmente en la diferencia de estratificacion de las capas y en la naturaleza de los fósiles diseminados en estas. Las rocas plutónicas, en efecto, cuando surgen del interior de la tierra, levantan los terrenos estratificados formando con sus capas ángulos mas ó menos agudos. Estas capas constituyen orillas

de nuevos mares, en los que se depositan nuevos sedimentos, cuando se ha restablecido la calma, y estas últimas capas sedimentarias, apoyadas horizontalmente en los flancos de las montañas se hallan precisamente en estratificacion discordante con los estratos levantados antes. De esto han tenido su origen las palabras *mar cretáceo*, *mar jurásico* etc., con que se denominan las aguas en que tuvo nacimiento cada uno de los depósitos sedimentarios. Esta discordancia en la estratificacion, es una señal cierta de una diferencia en la edad geológica; y cuando acontece que un terreno, depuesto en otro en estratificacion discordante, se ha levantado á su vez, las dos series de capas presentan generalmente direcciones diferentes que sirven para distinguirlas.

Como la direccion de las capas levantadas por la aparicion de una cadena de montañas le ha sido impuesta evidentemente por la direccion misma de esta cadena, de esto resulta que á cada levantamiento de rocas cristalinas, ó lo que es igual, á cada interrupcion de los depósitos estratificados, le corresponde un sistema de montañas caracterizado por la direccion particular de las capas enderezadas. Es muy importante tener presente que los levantamientos no se efectuan siguiendo una línea matemática, sino estendiéndose en una faja de terreno mas ó menos ancha, y que las crestas paralelas corresponden, en general, á una misma época de levantamiento. Al conjunto de direcciones en una misma línea y de las direcciones paralelas se ha dado el nombre de *sistema de levantamiento*, y á cada uno de estos

sistemas el nombre especial de los sitios en que se ha manifestado con mayor energia. Mr. Elias de Beaumont, que ha establecido el órden cronológico de las principales catástrofes de que Europa ha sido teatro, ha señalado doce sistemas de levantamiento en esta parte del mundo, los cuales se presentarán mas adelante en una tabla, indicando al mismo tiempo su nombre, su direccion y la época relativa de su aparicion entre los diferentes terrenos.

§ 47. Las analogias que ofrecen ciertos terrenos de sedimento, á pesar de la marcada separacion que entre ellos ecsiste, ha conducido á reunirlos en grandes grupos, cuyo valor resulta especialmente de las leyes que rigen la distribucion de las especies fósiles. Cada uno de estos grupos contiene, en efecto, con lijeras escepciones, fósiles de naturaleza determinada, cuya presencia les caracteriza de un modo esclusivo. Estos grupos generales han recibido los nombres siguientes:

Terrenos de transicion ó intermediarios;
Terrenos secundarios;
Terrenos terciarios;
Terrenos de aluvion.

El órden con que estos grupos aparecen colocados aquí es el que siguen en su sucesion del centro á la circunferencia.

§ 48. Si se conociese la época en que cada uno de los terrenos de cristalizacion se ha elevado del centro de la tierra, y aparecido al esterior, fuera preciso colocarlos con los diversos terrenos de sedimento segun su antigüedad, y formar de todas las partes constitutivas de la corteza del glo-

bo una serie única, en la que siguieran estos terrenos, de origen variado, de la misma manera que se han seguido en la naturaleza; pero vimos anteriormente (párr. 43) la imposibilidad de adoptar esta marcha, y la necesidad de colocar fuera de línea los terrenos ígneos, y únicamente abrazar el órden cronológico para los de sedimento.

Sin embargo, habiendo los geólogos de la antigüedad observado, que una multitud de lugares descansan sobre las rocas plutónicas las sedimentarias, y que aquellas no presentan ningun indicio de fósiles, las han considerado como los primeros productos de la creacion, como la base sólida del edificio terrestre; y en consecuencia designado con el nombre de *terrenos primitivos*. Esta espresion que ya esplicamos (párr. 41), es inesacta, si queremos que indique una edad relativa, y no puede ser conservada mas que para designar un terreno cristalino de cierta especie, como el que se manifiesta en grandes espacios desde los primeros depósitos sedimentarios y es el mas abundante, es decir, el *terreno granítico*, comprendiendo el granito y las rocas que á él se refieren. Las verdaderas rocas primitivas, primera película consolidada del globo, primer teatro de la vida en el seno de los mares, nos son realmente desconocidas.

§ 49. La denominacion de *terrenos secundarios* fué al principio empleada para designar todos los terrenos que se elevan sobre las masas primitivas; pero mas tarde se dejó sentir la necesidad de establecer divisiones en esta larga serie, y se aplicó la denominacion de *terrenos de transi-*

cion á las capas de sedimento mas antiguas que á pesar de su origen neptuniano son compactas y muchas veces cristalinas como los terrenos ígneos; pero que contienen fósiles como los de sedimento. Son rocas de la categoria de que hemos hablado anteriormente esplicando su metamorfismo por la influencia del flujo rápido del calor, al que primitivamente daba salida la delgada corteza del globo, y por el contacto de las rocas de origen eruptivo que los atravesaron.

§ 50. Los límites entre los terrenos de *transicion* y los *secundarios*, entre estos y los *terciarios*, y entre estos últimos y los de *aluvion*, están indicados en la tabla siguiente que copiamos de la obra de MM. Elias de Beaumont y Dufrenoy, acerca de la constitucion geológica de Francia. La serie de terrenos colocados en su posicion relativa, se halla dividida en diversas formaciones: el origen ó el término de dos formaciones sucesivas, está indicado por el dia del sistema de levantamiento que turbó la calma preecsistente; estas formaciones se han reunido en sub-grupos, que constituyen las subdivisiones de las grandes categorias ú órdenes que acabamos de citar. La direccion de los levantamientos al mismo tiempo indica de un modo evidente la de las capas de sedimento que fueron levantadas. Los diferentes caracteres paleontológicos de las grandes divisiones, y la composicion mineralógica de los terrenos, se hallan sumariamente representadas, y completaremos estas indicaciones con el estudio rápido de los terrenos principales.

TABLA GENERAL DE LAS FORMACIONES.

Aluviones. (El hombre ecsiste en la superficie del globo).

Terenos de aluvion, volcanes estinguidos y activos; los grandes volcanes de los Andes se levantaron en este periodo.

Levantamiento del sistema de la cadena principal de los Alpes; direccion E. 16° N.

Terenos terciarios.

Los mamíferos empiezan á aparecer en la parte inferior de este grupo, y abundan en su parte media.

Terreno terciario superior.
- Terrenos subapeninos.
- Arenas de los Andes.
- Aluviones antiguos de Bresse.
- Toba de huesos de Anvergne.
- Las erupciones de traquito y basalto corresponden en gran parte á esta época.

Levantamiento del sistema de los Alpes occidentales; direccion N. 26° E. á S. 26° O.

Terrenos terciarios medios.
- Taluns de Turena.
- Caliza de agua dulce con piedra molar; contiene mucha lignita en el mediodía de Francia y Alemania.
- Gres de Fontainebleau.

Levantamiento del sistema de las islas de Córcega y Cerdeña; direccion N. S.

Terrenos terciarios inferiores.
- Marnas con yeso; huesos de mamíferos.
- Caliza grosera; piedra de construccion de Paris.
- Arcilla plástica; lignitas de Soisonnais.

Levantamiento del sistema de los Pirineos y de los Apeninos;
direccion E. 18° S. á O. 18° N.

Terrenos secundarios.

- *Terrenos cretáceos.*
  - *Creta superior.*
    - Capas con sílice.
    - Capas sin silice.
  - *Levantamiento del sistema del Monts-Viso;* direccion N. N. O. á S. S. E.
  - *Creta inferior.*
    - Creta tufácea.
    - Gres verde.
    - Gres y arenas ferruginosas, terreno neocomio, formacion wealdia.
- *Terreno jurásico.* (Abundancia considerable de saurios).
  - *Caliza oolítica.*
    - *Regiones: superior,*
      - Caliza de Portland.
      - Arcilla de Rimmerigde, arcilla de Honfleur.
    - *media,*
      - Oolita de Oxfoxd, caliza de Lisieux, coralrag.
      - Arcilla de Oxford, arcilla de Dives.
    - *é inferior*
      - Corn-brash y forest-marble (caliza de polipero), gran oolita (caliza de Caen), fullers-earth, (blanco azul de Caen) oolita inferior.
      - Marnas y calizas de belemnitas, marnas superiores del lias, lignitas en los departamentos del Tarn y de Lozera.
  - *Lias ó caliza de grifitos.*
    - Caliza de grifeos.
    - Gres del lias, ó infraliasico, dolomias.

Levantamiento del sistema de la Côte-d'Or;
direccion E. 40° N. á O. 40° S.

Levantamiento del sistema de Thuringerwald.
(las serpentinas del centro de Francia pertenecen à este sistema);
direccion O. 40° N. á E. 40° S.

Terrenos secundarios.

Trias.
- Marnas irisadas con masas de yeso y de sal.
- Esplotacion de lignitas en Alsacia, en Lorraina y en Haute-Saone.
- Muschelkalk.
- Gres abigarrado.

Levantamiento del sistema del Rhin;
direccion N. 21° E. á S. 21° O.

Gres de los Vosges.

Levantamiento del sistema de los Paises Bajos y del Sur del Pais de Galles.
direccion E. 5° S. á O. 5° N.

Zechstein, (caliza magnesiana de los ingleses), esquistos de peces de Mansfeld, ricos en cobre.
Gres rojo, que contiene masas de pórfido y riñones de ágata.

Terrenos de transicion.

(Este grupo está caracterizado por la abundancia de criptógamas vasculares y por la falta casi completa de plantas dicotiledones los animales vertebrados no se hallan representados mas que por algunas impresiones de peces).

Levantamiento del sistema del Norte de Inglaterra;
direccion S. 5° E. á N, 5° O.

Terreno de la ulla.
- Gres, esquistos con capas de ulla ó hierro carbonatado.
- Caliza carbonífera, ó caliza azul con capas de ulla.

Levantamiento del sistema de Ballons (Vosges) y de las colinas de Bocage y Normandía;
direccion E. 15° S. á O. 15° N.

Terreno de transicion superior.
- Gres rojo antiguo de los ingleses (sistema devoniano).
- Antracita de Sarta y de las inmediaciones de Angers.

Terreno de transicion medio.
- Caliza de las inmediaciones de Brest, caliza de Dudley.
- Esquistos (pizarras de Angers).
- Gres quarzita, caradoc sandstone de los ingleses (sistema silurio).

Levantamiento del sistema del Westmoreland y de Hundsruck.
direccion E. 25° N. á O. 25° S.

Terrenos de transicion.	*Terreno de transicion inferior.*	Caliza compacta astillosa. Esquisto arcilloso. *(Sistema cambrío.)*
Terrenos graníticos.		*Granito* que forma la base principal de la corteza del globo.

Otro levantamiento que no se halla indicado en la tabla precedente es el del sistema de Tenaro, que aproximadamente se dirije del N. 20° O. al S. 20° E, sobre el meridiano de Paris, y constituye la catástrofe mas reciente de las que se han podido clasificar en Europa.

Vamos, pues, á ocuparnos sucesivamente de las diversas formaciones, principiando por las mas antiguas; é indicando los principales resultados de los diferentes sistemas de levantamiento, con su posicion respectiva en la serie de las formaciones.

Terrenos graníticos.

§ 51. Ya se dijo (párr. 48) que se llama terrenos graníticos al conjunto de las rocas de apariencia granítica con los que á ellos se refieren y que constituyen un terreno cristalino de una especie particular. La aparicion de estos productos en todos los periodos geológicos, se opone á que se les considere como *primitivos*, cuya voz en la actualidad es forzoso olvidar ó definir de un modo especial, como acabamos de hacerlo, observando que la porcion mas antigua del globo á que se

remonta la Geologia, se compone. principalmente de granito y de otras rocas macizas, que tambien son de origen ígneo y que entran en el grupo de los terrenos de cristalizacion.

Se sabe que nuestro globo debia ser en su principio una masa fundida por la accion del calórico; que su superficie se ha solidificado por un enfriamiento lento; que la primera película subsistió necesariamente por mucho tiempo en estado pastoso, y que su temperatura debió ser entonces muy elevada, para que el agua pudiese permanecer en su superficie sin evaporarse inmediatamente, que contrayéndose por el enfriamiento debió tambien henderse en diversos sentidos y parecerse á los depósitos de hielo que cubren en nuestros dias los mares polares, es decir, presentar una superficie muy desigual y erizada de inmensos fragmentos acumulados en todas direcciones. En esta primera época geológica se formaron ciertos terrenos macizos que al parecer sirven de base á todas las otras rocas, que resultan de la solidificacion de sustancias minerales préviamente fundidas por el calórico. El enfriamiento de esta primera corteza ha debido determinar tambien la precipitacion de las materias menos volátiles esparcidas en la atmósfera, á la manera quo todo cuerpo frio colocado en un aire caliente y húmedo, se cubre con prontitud de una capa de vapor condensado. Esta es la causa de nuevos cambios en la configuracion de la superficie del globo, y en la formacion de nuevas capas de testura cristalina.

§ 52. Se da el nombre de granito á una

roca de estremada dureza, de fractura áspera, y compuesta de la aglomeracion confusa de cristales formados de tres distintos modos: los unos, de aspecto vítreo y por lo comun de color grisáceo, son de cuarzo; los otros que forman masas á veces bastante grandes, opacas y de color rosáceo, verde, blanco ó amarillo, constan de feldspato y especialmente de ortosa; y por último las hay compuestas de mica, que parecen pajitas brillantes, ya negras, ya de color plateado. Algunas variedades de granito permanecen siglos enteros espuestas á las intemperies del aire sin esperimentar alteracion; pero otras se desagregan con prontitud por la accion de la atmósfera reduciéndose á *casquijo* ó tierra arcillosa. Esta tierra, en fin, que no ofrece señal alguna de estratificacion, presenta, como con repeticion se ha dicho, todos los caracteres de una roca de origen igneo. Cuando los tres principios constitutivos se hallan reunidos en grandes y distintos depósitos, los granitos se denominan *pegmatitas*. La *sienita* es otra roca análoga al granito, en la cual la mica se encuentra reemplazada en totalidad ó en parte por la anfíbola, que pasa al granito por todos los grados.

§ 53. Los granitos y las sienitas se vuelven *porfiroideas*, cuando los principios esenciales que los constituyen contienen ademas cristales feldspáticos diseminados que casi siempre son de albita. Se adopta, en general, el nombre de *pórfido*, para toda roca que encierra en una parte compacta cristales distintos de una sustancia diferente, observándose que la pasta y los cristales son con

frecuencia feldspáticos. Los pórfidos de base labradorica, coloreados en negro por una materia que probablemente es la pirocsena, dan los *Melá-firos.*—Las rocas en que el feldspato en vez de presentarse en cristales en una pasta feldspática, forma nudos cristalinos, muchas veces estriados del centro á la periferia llevan el nombre de *Variolitas.*

§ 54. El granito que segun parece forma la base principal del gran edificio geológico (l. 3, f. 1.) corte teórico de la corteza del globo, ha quedado desnudo en diferentes puntos de la superficie de la tierra, mientras que en otros ha sido cubierto por capas mas ó menos numerosas de terrenos de origen mas reciente. Las rocas granitoideas principiaron á aparecer, en general, desde los primeros depósitos de sedimento, y aun antes, sin duda: mas todas las que se hallan hoy esparcidas en la superficie de la tierra, no datan de tan remota antigüedad, pues en todas épocas, hasta despues de los terrenos terciarios, se han derramado tambien, materias minerales en fusion, del seno de la tierra sobre los diversos terrenos á la sazon ecsistentes, las cuales enfriándose han constituido inmensas masas de granitos, parecidas á las primeras.

El granito separado de las rocas sedimentarias, por sí solo, forma depósitos considerables, que se estienden á vastas comarcas, en el centro de Francia, en Auvergne y Limousin: se encuentra ademas intercalado con rocas sedimentarias, en Cotentin, Bretaña, Vosges, Pirineos, Alpes, en varios puntos de Alemania, Inglaterra, Noruega, etc.

BIBLIOTECA CADIZ

§ 55. Los pórfidos, las dioritas, las serpentinas y los trapps, aparecen desde las primeras épocas de formacion y se continúan muy arriba, como se ve para los pórfidos de los Vosges, Morvan, Beaujolais, Forez, inmediacion de Frejas y sobre todo de la Alemania;—para los melafiros en el Tirol, Provenza y Vosges;—para las dioritas en los Pirineos;—para las serpentinas en Noyant, en el Allier, en los Alpes del Piamonte y en los Apeninos;—para los trapps en Suecia en las orillas del Allier, en Inglatterra, en Irlanda etc.

TERRENOS DE TRANSICION.

Terrenos de transicion superior.

§ 56. La porcion mas antigua de esta formacion constituye los depósitos sedimentarios mas bajos que conocemos, y comunmente designamos con el nombre de terreno cambrio, (n. 5.ª). Las capas que descansan sobre la primera película maciza del globo (l. 3, f. 1), presentan una estructura tanto mas cristalina, cuanto mas antiguas son, y parece haber sido espuestas á la accion de un calor fuerte, sin ofrecer por esto los caracteres de las rocas ígneas. Las rocas principales que componen esta formacion son, el *gneis* y los *esquistos micáceos* y *arcillosos*. Hállanse tambien diversas quarzitas que pasan al gres por todos sus cambios; en fin, sobre el terreno cambrio propiamente dicho se encuentran *calizas compactas astillosas*, de dureza estremada. Los despojos orgánicos, poco numerosos, que se encuentran en es-

las capas, se reducen á algunos de moluscos y zoófitos.

§ 57. *El Gneis*, roca muy análoga al granito respecto de sus elementos constitutivos, pero que siempre ofrece una estructura hojosa y una disposicion estratificada, parece haber sido formado en el fondo de las aguas y ser el mas antiguo de los terrenos de sedimentos, pues en ciertos puntos de la superficie del globo se le ha encontrado cubierto por todas las otras formaciones. Muchas veces se le vé desnudo, y formar vastos sistemas de terrenos, en los que frecuentemente alterna con el micasquisto y con otras rocas antiguas. Se le halla cerca de Lion, en los Alpes, Sajonia, Suecia etc. El gneis asociado frecuentemente con los granitos y la sienita, puede ser considerado como una variedad; pero intercalado, cual lo estudiamos ahora, entre los granitos y los terrenos sedimentarios, se refiere á las rocas metamórficas.

El *Miscasquisto ó Esquisto micáceo* es una roca lamelosa, compuesta de cuarzo, por lo comun grisáceo, y de muchas laminitas brillantes de mica dispuestas en hojas muy estensas: por lo regular acompaña al granito y al gneis. El *Esquisto arcilloso*, por último, es otra roca de apariencia térrea, que se divide fácilmente en grandes láminas mas ó menos delgadas, formada por sedimento en el fondo de las aguas.

Estos diferentes terrenos, cuyo orígen como el de los granitos, se refiere á la mas remota época geológica, constituyen una gran parte de la superficie actual del globo, y se encuentran muchas veces á grandes profundidades debajo de las

formaciones menos antiguas. Ofrecen señales evidentes de trastornos considerables: las capas de que se componen no conservan la posicion horizontal que debian guardar en su principio, sino que estan mas ó menos inclinadas, contorneadas y fracturadas, como si hubiesen sido rotas en distintas ocasiones, y sus inmensos fragmentos levantados desigualmente, (not. 17 ª) Asi los paises cuyo suelo es constituido por estas rocas antiguas, presentan una superficie como quebrada y montuosa; y estas mismas rocas son las que se hallan en los puntos mas elevados del globo, donde forman el macizo de la mayor parte las grandes cordilleras de montañas.—En la meseta central de Francia que, como se ha dicho, es cási toda granítica, están asociadas con el granito rocas de los terrenos de transicion. Lo mismo puede decirse del vasto macizo de la Escandinavia, de los montes Urales, de la inmensa cordillera de los Andes etc.

De encontrarse un escaso número de fósiles en las capas sedimentarias de esta formacion no debemos concluir, que en aquella época no ecistiesen seres vivos en la superficie del globo, pues es posible que la falta de estos animales en dichos terrenos dependiese de alguna causa, como su destruccion por el calor resultante de la procsimidad de enormes masas de rocas ígneas, diseminadas cerca ó encima de estas capas poco fosilíferas.

Levantamiento primero:

DIRECCION E. 25° N. á O. 25° S.

§ 58. Entre la formación que acabamos de describir y la de los otros dos terrenos de transicion, se coloca la catástrofe que ha levantado las capas sedimentarias del terreno cambrio, y determinado su levantamiento en el distrito de los lagos de Westmoreland en Inglaterra, al través de la Bretaña y Normandía, entre Poutioy y Saint-Ló, en la parte septentrional de los Vosges, en las montañas de Beaujolais; de Forez en el monte negro; en el Canigó y otros puntos de los Pirineos; en los terrenos pizarrosos de Ardennes, de Eiffel y de Hundsruck y en algunas capas de gneis y de la meseta central de Francia, donde parece haberse hecho sentir tambien la influencia de este levantamiento.

Terrenos de transicion medio y superior.

§ 59. Sobre los depósitos cambrios descansan las capas sedimentarias pertenecientes á los dos terrenos de transicion de que hablamos aquí, y constituyen una misma formacion, cuya parte inferior tiene especialmente el nombre de *terreno silúrio* (n. 8), y la superior el de *terreno devonio* (n. 9). Entre estas dos regiones no ha sido posible en parte alguna descubrir señales bien distintas de discordancia de estratificacion, lo que pudiera dejar algunas dudas acerca de la legitimidad de

la distincion que se establece entre ellos, si esta no estuviese basada en caractéres muy particulares á uno y otro. Estos terrenos son muy parecidos á los anteriores, tanto que muchas veces es difícil distinguirlos de ellos; pero no han dado principio á su formacion hasta despues que estos habian sido alterados por la gran revolucion geológica de que hemos hablado; pues sus capas constitutivas no son paralelas á las de las rocas sobre que descansan, y por otra parte, tambien difieren de ellos por la naturaleza de los fósiles sepultados en su sustancia. Al parecer fueron constituidos por el depósito lento y contínuo de arena, de limo y de otras materias conducidas por las aguas; y principalmente consisten en esquistos y tierras calizas. El mar parece haber ocupado entonces la mayor parte de la superficie conocida de la tierra, pues apenas se hallan señales de vegetales terrestres; y en las partes mas distantes del globo, en Alemania, en Inglaterra y en América, por ejemplo, se encuentran inmensos depósitos casi idénticos.

§ 60. Juzgando por los fósiles que estos terrenos contienen, el globo á la sazon se hallaba habitado por un pequeño número de vegetales que pertenecian especialmente á la familia de los fucos, y por una multitud de animales marítimos, cuyas formas distan mucho de las de los seres que hoy ecsisten. Obsérvase tambien que los mas de estos animales pertenecen á las clases inferiores del reino zoológico. Entre los que componen la fauna de este periodo de transicion, se cuenta un gran número de esponjas, y de póli-

pos, cuyos poliperos pétreos tienen cierta semejanza con los de algunos zoófitos de la misma clase que actualmente viven en los mares de los países cálidos, pero que no pertenecen á las especies, ni aun á los géneros que pueblan nuestro globo. Los mares de aquella época se hallaban tambien habitados por moluscos, la generalidad bivalvos, tales como los designados por los naturalistas con el nombre de *espiriferos* (l. 7. f. 4), y de *productas*. Pero los animales mas singulares del periodo de transicion son las *encrinas* y las *trilobitas* (l. 7, f. 1). Aquellas son una especie de estrellas de mar que vivian fijas en el suelo, y estos animales articulados de la clase de los crustáceos, algo parecidos al cloportes enormes, pero que tenian el cuerpo dividido en tres lóbulos por surcos longitudinales, y que solo parecian haber poseido en vez de patas, láminas membranosas dispuestas para nadar.

§ 61. Las capas mas antiguas de estos terrenos de transicion sólo contienen pocos fósiles, al paso que otras rocas de esta misma formacion, son ricas en despojos análogos; y estas diferencias que coinciden con otras particularidades, han conducido á los geólogos á establecer en este periodo las divisiones que hemos señalado al principio de este capítulo. A esta clase de terrenos de transicion pertenecen las rocas de que se compone la parte central de la Bretaña, una gran parte de Cotentin, de Maine y de Anjou, asi como una gran porcion de los Vosges y de los Pirineos.

§ 62. Las materias mas esparcidas de la parte del terreno de transicion medio, designado con

el nombre de *terreno silurio*, son pudingas, gres cuarzoso y cuarzitas, calinas compactas que alternan con estas últimas ó con esquistos mas ó menos sólidos que pasan á grawacas esquistosas. Con estas rocas se encuentran tambien los *esquistos pizarrosos* tan usados para cubrir nuestras habitaciones y que ofrecen hermosísimos ejemplos de trilobitas del género ogigia; mas estos animales abundan principalmente en ciertas rocas calizas antiguas, como las de Dudley en Inglaterra, y en las de diversas partes de Suecia.

§ 63. La parte de terreno de transicion denominada *terreno devonio*, ademas de las pudingas, de los gres esquistosos mas ó menos finos, de los esquistos de diversas especies, de las calizas distintas que alternan juntas, contiene, á veces, en gran abundancia materias carbonosas, que ya se encuentran diseminadas en los esquistos, ya constituyen masas mas ó menos considerables. Estas constan, en general, de antrácita; pero otras veces estan formadas por la verdadera ulla que, como se sabe, es un combustible tan escelente. Las minas de carbon de piedra de Montrelais, de Saint-Georges de Chatelanon, situadas en las inmediaciones de Angers, pertenecen á este periodo y se hallan generalmente comprendidas en esquistos pizarroso negros, que alternan con calizas compactas mas ó menos conchíferas y con otras rocas.

§ 64. Los gres suelen dominar en Inglaterra en estos depósitos, que formando capas muy respetables en el sur del pais de Galles y en las comarcas inmediatas hasta el pie de Gram-

pians, constituyen el terreno conocido con el nombre de *gres rojo antiguo*, á causa de su antigüedad y de su color predominante. Los fósiles del gres rojo antiguo son muy raros y pertenecen por lo comun, á animales marítimos, entre los cuales debemos citar un pez de forma estraña, el *cephalaspis*, denominado asi por la semejanza que su cabeza tiene con un escudo.

§ 65. No están acordes todos los geólogos acerca del límite natural que ecsiste entre estos terrenos y los de un órden mas reciente designados en general con el nombre de terrenos secundarios. Algunos autores consideran el periodo de transicion como si terminára debajo de los terrenos carboniferos y de la ulla; otros como Elias de Beanmont, colocan estos últimos terrenos en el periodo de transicion aunque no pertenezcan á una misma formacion, pues entre ellos y las capas de terrenos de transicion superior se ha producido una catástrofe que ha levantado estas últimas.

Levantamiento segundo.

DIRECCION E. 15° S. á O. 15° N.

§ 66. Durante la formacion de los diversos terrenos estratificados de que acabamos de hablar, se han efectuado en su superficie derrames de granito y de rocas igneas; y estas convulsiones geológicas han determinado en estas capas levantamientos y cambios de direccion tales, que muchas de ellas se han enderezado hasta el estremo de perma-

necer muy inclinadossy aun casi verticales. Este levantamiento corresponde á la erupcion delas masas de rocas igneas de las montañas de los Vosges, conocidas por los nombres de *bombas* de Alsacia y de Comté. Con la misma época ha coincidido, al parecer, el levantamiento de las colinas de Bocage en los Calvados, y de varias cadenas de montañas en Inglaterra, de Alemania y de Polonia. Este sistema, anterior al terreno de la ulla, está evidentemente indicado en los depósitos silurios de la Bretaña: los granitos que forman la costa S.O. es probable sean contemporáneos de este levantamiento lo mismo que ciertas cadenas de granitos porfiroideos de Lorére.

Terrenos de la Ulla.

§ 67. Despues de las grandes revoluciones con que parece haber terminado el periodo precedente, permaneció la tierra durante un largo espacio de tiempo, en un estado de reposo que ha permitido multiplicarse en su superficie nuevas creaciones de seres organizados y tambien que las materias minerales conducidas por las aguas se depusiesen en capas poderosas, y sepultasen en su sustancia los despojos sólidos de los animales y vegetales contemporáneos. Esta formacion en su estado completo comprende dos depósitos: uno calizo denominado *caliza carbonífera*, y otro de gres llamado *gres de la ulla* que constituye la parte superior, aquella en que se hallan depuestas las capas de carbon de piedra.

§ 68. En la caliza carbonifera, por otro nom-

bre *caliza de montaña*, ademas de los desechos de un gran número de políperos, de moluscos marítimos, como ammonitas (l. 7, f. 3.), ortodratitas, espiríferas (f. 4.), encrinas, tribolitas y peces, hallamos muchas materias carbonosas, que ya comunican un color azul ó negro á la roca caliza (not. 10), ya constituyen especies de betunes ó ya se presentan bajo la forma de una especie de carbon de piedra. Es, por último, muy rica en metales.

§ 69. La tierra, cuando la *formacion de la ulla*, parecia haber sido ocupada en gran parte por un mar poco profundo, con algunas islas cubiertas de una vegetacion rica y poderosa, constituida por plantas que diferian muchísimo de las que viven en nuestros dias. Se conocen centenares de especies distintas, las mas pertenecientes á la clase de las criptógamas vasculares, y principalmente á los helechos, licopodios, es decir, á la de las plantas de estructura muy sencilla, pero que alcanzan una talla gigantesca: Los helechos arbóreos, cuya altura en las especies hoy dia vivientes no escede, ni aun bajo la zona tórrida, de 20 á 25 pies, ni generalmente de 8 á 16, á la sazon lejos de los trópicos tenian la de 70; y otras plantas cuyos análogos no son hoy mas que yerbas, se elevaban hasta 30 ó 100 pies. Las plantas de la familia de las Coniferas han terciado tambien en la formacion de las materias carbonosas. En aquella época existian insectos muy parecidos á los corgojos y á los nevropteros de nuestros dias; escorpiones que al parecer no diferian de las especies actuales mas que por el número de sus ojos; moluscos de agua dulce

y peces muy notables, que se aprocsiman á los reptiles por ciertos caracteres y tienen el cuerpo cubierto de grandes capas sólidas. Los despojos de los vejetales de aquel periodo acumulados en masas inmensas y alterados por el tiempo y otras causas, se han trasformado en la materia combustible tan preciosa para nuestra industria y conocida con el nombre de *ulla*.

§ 70. Las capas de ulla que contienen estos grandes depósitos de carbon, por lo regular se encuentran en las cuencas ó escavaciones mas ó menos profundas, que presentan ya la caliza carbonífera, ya algun otro terreno mas antiguo. No ecsisten en toda la parte oriental de Europa, pero abundan en Alemania, en Bélgica, en Francia y sobre todo en Inglaterra, así como en América y aun en la Nueva Holanda.

Las diversas capas de que se compone el terreno de ulla se hallan depuestas horizontalmente en el fondo de las cuencas en que residen, pero sin conservar esta posicion, pues en unas partes se han hundido y en otras levantado; de suerte que han llegado á ser mas ó menos oblicuas y muchas veces contorneadas sobre sí mismas. Tambien se observa con frecuencia, que cierta estension de la masa formada por estas capas, ha sido separada de las partes inmediatas por una como hendidura, y elevada ó hundida á un nivel distinto; de lo que ha resultado, que los lechos de ulla están bruscamente interrumpidos en estos puntos, y se cruzan mas lejos á una altura diferente. Estos accidentes geológicos tienen entre los mineros el nombre de *fallas* anteriormente definidas;

una parte de esta gran alteracion del terreno de ulla, no afecta las capas mas recientes de que puede hallarse cubierto, y por consiguiente ha debido efectuarse al terminar el periodo geológico, cuya historia acabamos de trazar. La causa de ello es el levantamiento del tercer sistema,

Levantamiento tercero.

DIRECCION E. 5º S. á N. 5º O.

§ 71. La direccion de este sistema, posterior á la formacion del terreno de ulla, se presenta en líneas interrumpidas en la parte septentrional de Bretaña; pero se reconoce sobre todo en el norte de Inglaterra, donde estas líneas, y líneas de remate, se estienden desde la altura de Derby hasta las fronteras de Escocia al traves de Yorkshire. Tambien se encuentran vestigios en las inmediaciones de Bristo, en el sur de Irlanda, en Noruega y Suecia.

La rica vegetacion que embellecia la superficie de la tierra durante el anterior periodo, parece que ha sido del todo destruida por esta revolucion geológica, á la cual sucedieron la formacion de grandes depósitos de fracmentos de rocas mas antiguas, y de materias arenosas, y el derrame de varias rocas de origen igneo, como los pórfidos (l. 3, f. 1, B).

Terrenos secundarios.

TERRENO PENÉO.

§ 72. *Gres rojo.*—El terreno que suele de-

nominarse *Penéo*, le constituyen los depósitos de la formacion mas antigua de los terrenos secundarios. Sus capas mas inferiores se distinguen por los geólogos con los nombres de *conglomerado rojo*, *gres rojo moderno*, para diferenciarlo del gres rojo antiguo de los terrenos devonios, de *gres rojo*, de *rothliegende*, *ó rothe totteliegende*, etc. Apenas ofrecen despojos de seres organizados. En Francia se encuentran alrededor del macizo de los terrenos antiguos que forma la parte central y culminante de los vosges (l. 5, f. 1).

Caliza alpina.—Sobre este gres rojo se halla en diversos puntos (Calvados, Inglaterra, Alemania central) un depósito de caliza que á veces contiene en gran cantidad la tierra particular denominada *Magnesia*, y que suele formar bancos muy poderosos. Este terreno (l. 3, f. 1, k,) llamado *rechstein*, *caliza magnesiana y caliza alpina* (not. 11) contiene algunos despojos de fucos, y una multitud de zoófitos, moluscos y peces fósiles.

§ 73. Hácia esta época geológica se sospecha que fueron creados los animales de la clase de los reptiles. En el gres rojo de cierta localidad de Escocia, se han observado impresiones que parecen debidas á las pisadas de las tortugas sobre un terreno blando; y aun en terrenos salíferos se han descubierto despojos fósiles de cocodrilos y de algunos otros saurios. No faltan geólogos que afirman tambien la ecsistencia de aves por esta época, pues consideran impresiones de sus pies, las muy notables observadas en el gres rojo de América.

Levantamiento cuarto.

DIRECCION E. 5° S. á O. 5° N.

§ 74. Este levantamiento ha producido dislocaciones y movimientos de compresion al traves de los Paises-Bajos; ha determinado tambien multitud de *fallas*, doblado y contorneado en diversos sentidos las capas preexistentes. Hállanse vestigios de este sistema en la Bretaña y en el alineamiento de ciertos islotes graníticos de las inmediaciones de Laval en Quimper.

§ 75. *Gres vosgio*. Despues de esta catástrofe se notó descansar, sobre las dislocaciones del terreno penéo, en capas horizontales, una roca compuesta de granos de cuarzos, de superficie brillante, como embadurnada de ócsido ó de hidrato de ócsido de hierro, muy quebradizo, porque los granos no están unidos por un cimiento. Esta roca se ha denominado *gres vosgio*, por razon de su testura y del sitio en que se ha desarrollado con preferencia (l. 5, f. 1) contiene muy pocos restos de seres orgánicos.

Levantamiento quinto.

DIRECCION N. 21° E. á S. 21° O.

§ 76. Este levantamiento ha llevado á diversas alturas los gres de los vosges, sin que por esto se halla alterado su posicion horizontal. Este sistema, uno de los mas sencillos, consis-

te principalmente en dos grandes acantilados situados en ambas orillas del Rhin entre Bâle y Mayence. En esta direccion se encuentran alineados ciertos depósitos pequeños de ulla de la meseta central de Francia, y á este sistema parece referirse igualmente la aparicion de los pórfidos feldspáticos de Morvan.

Terreno de Trias.

§ 77. Alrededor de las islas que resultan del levantamiento precedente, han venido á deponerse las capas de esta gran formacion, cuyo nombre *trias* proviene de que contiene tres partes principales; el gres abigarrado, la caliza conchífera y las marnas irisadas (l. 3, f. 1: l. 5, f. 1).

§ 78. El *gres abigarrado* es un depósito arenoso de granos finos, cuyo color es ordinariamente rojo, azul ó verdoso, y su estructura maciza en las capas inferiores, se vuelve lamelosa en la parte superior. Se encuentra en casi toda la circunferencia de los vosges, en el declive de las montañas de Aveiron, de Cévennes y de los Pirineos; en diversas partes de Alemania, Inglaterra etc. En su formacion fué la tierra nuevamente adornada de una vigorosa vegetacion: hallanse tambien en esta roca los despojos de una multitud de plantas terrestres, de las cuales las mas difieren mucho de las del terreno de la ulla.

§ 79. La caliza conchífera, muschelkalk de los alemanes, es en general, grisácea y de testura compacta: contiene muchas conchas y otros

despojos de animales marítimos, como ammonitas, belemnitas, terebrátulas, ostras, estrellas de mar, encrinas, crustáceos muy parecidos á nuestras langostas, peces y huesos de reptiles. Descansa sobre el gres abigarrado en dos puntos del contorno de los Vosges.

§ 80. Por último, las *marnas irizadas*, que tambien se designan con el nombre de *keuper*, principalmente constan de rocas abigarradas de rojo vinoso, y gres verdoso ó azulado, y no contienen mas que muy pocos fósiles; forman en torno del ángulo S. O. de los Vosges un círculo paralelo al de la caliza conchífera y del gres abigarrado, los que podemos seguir desde Luxemburgo hasta cerca de los límites del Jura, así como en Suavia, etc.

Los terrenos que acabamos de enunciar contienen muchas veces masas considerables de yeso, pero son especialmente notables por los depósitos de *sal gemma* que en ellos se encuentran; por esta particularidad se dá á veces á todo este grupo el nombre de *terrenos salíferos*.

Levantamiento sesto.

DIRECCION O. 40° á E. 40° S.

§ 81. Las montañas que dan su nombre á este sistema pertenecen hoy dia á Sajonia, y nos presentan desde Cassel á Linz la parte mas alta de las capas levantadas de los depósitos de trias. La parte S. O. de los Vosges nos manifiesta algunos indicios de este levantamiento debido sin duda

á la aparicion de las serpentinas de estas comarcas, y tambien segun esta direccion se prolongan los cerrillos de las mismas desde Limousin hasta la Vendée, y se estienden los pórfidos de las cercanías de Aubin en Aveyron, las crestas de los depósitos de gres abigarrado cerca de Brives y de Terrason, y por último la costa S. O. de la Bretaña.

Terrenos Jurásicos.

§ 82. En la superficie de las capas elevadas por el levantamiento sesto, se han formado los terrenos comprendidos bajo el nombre comun de *terrenos jurásicos*, por haber sido las montañas del Jura, que están compuestas de ellos, tomadas ordinariamente por término de comparacion. En Francia, en Inglaterra, en Alemania, y en todas las partes del globo, estos terrenos ocupan una grande estension, y sus numerosas hiladas generalmente nos presentan discordancia de estratificacion; lo que prueba un largo período de tranquilidad en la época geológica de la Europa contemporánea. Los depósitos sedimentarios de esta formacion pueden dividirse en dos sistemas; el del *lias* (n. 12) y el de la *caliza oolítica*, que se subdividen en grupos secundarios.

§ 83. *Lias.*—La parte mas baja de este sistema parece haber consistido al principio en una suerte de gres fino, muy sólido, que presenta á veces un espesor considerable, y es denominado *gres del lias*. Sobre una prominencia de *gres liásico inferior* se ha construido una de las plazas mas

fuertes de Europa, la ciudadela de Luxemburgo.

Este primer banco es inferior á las calizas de testura bastante grosera que contienen muchos despojos orgánicos, y unas veces son denominadas *calizas del lias*, y otras *caliza de grifito*, por abundar en conchas del género *griphœa*. Estas capas, cuyo conjunto constituye la *formacion del lias*, en ciertos casos parece haber esperimentado la influencia de alguna conmocion antes de ser nuevamente cubiertas por otros terrenos mas recientes; pues en estas circunstancias se ha comprobado que su estratificacion no concuerda con la de estos últimos; de lo cual se puede concluir que ya por algun trastorno se habia alterado su posicion horizontal cuando estas empezaron á deponerse sobre su superficie.

§ 84. *Formacion oolítica.* (n. 10.ª)—Las hiladas del terreno jurásico que descansan sobre el lias y son posteriores á los fenómenos geológicos de que acabamos de hablar, constituyen la titulada *formacion oolítica*, y se dividen en tres pisos. (Véase la tabla y l. 3, f. 5; l. 5, f. 1; l. 6, f. 3 y 4).

El piso inferior ordinariamente principia por una capa de arena amarilla y micácea, cuyo espesor, á veces, es de mas de cuarenta varas; encuéntranse lechos alternativos de marna y de arcilla que suele esplotarse para tierra de batanero; una hilada caliza de que se estraen hermosísimas piedras de construccion, descansa sobre estos bancos, y á su vez lleva arcilla sostenida por otras capas de arena y una roca caliza muy conchífera. Este piso es tambien conocido con el

nombre de *gran oólita*.

La composicion del piso medio es menos complicada y comprende principalmente dos hiladas: una capa poderosa de arcilla azul, que á veces tiene 170 pies de espesor, conocida con el nombre de *arcilla de Oxford*, porque forma el suelo de las cercanias de esta ciudad, de lo que procede el nombre de *grupo oxfordio* dado á esta parte; y otra capa de arena, de gres y de caliza abundante en políperos, por cuya circunstancia los geólogos ingleses suelen denominarle *coral rag*. Tambien se le denomina oólita de Oxford, y á esta porcion del piso medio de la formacion oolítica *grupo coralio*.

El piso superior se compone igualmente de dos hiladas: la una arcillosa, denominada *arcilla de Kimmerigde* y la otra de rocas calizas, cuya testura es ya granugienta, ya compacta, y que se conoce por el nombre de *caliza* ú *oólita de Portland*. Este pais ha recibido el nombre de *grupo portlandio*.

Los terrenos jurásicos se estienden en direccion oblícua desde La Rochelle hasta Ratisbona, y hácia el centro de este largo trayecto se prolongan en el norte hasta Mezieres, y en el sur hasta mas allá de Nántua, constituyendo de este modo la cordillera del Jura, como se dijo al esplicar su nombre general.

§ 85. Hasta la época jurásica hemos visto la tierra habitada por plantas, por animales inferiores, como zoófitos y moluscos, y por peces, con los que se mezclaron algunos reptiles en los últimos tiempos; pero durante el periodo que estu-

diamos ha cambiado el estado de cosas, y se ha creado una nueva fauna muy notable, caracterizada principalmente por una multitud de reptiles de formas raras y talla gigantesca, que se encuentran por primera vez en la formacion del lias. Tales como el *megalos aurus*, especie de lagarto de mas de treinta pies de longitud; los *ichthyosaurus* (l. 7, f. 10), casi de la misma talla que el precedente, pero conformados solamente para el nado, con cuatro estremidades á manera de remos en lugar de patas; los *plesiosaurus* (f. 11), parecidos á estos últimos por la estructura de sus miembros, pero diferenciándose por su larguísimo cuello y por la pequeñez de su cabeza, lo que les hace semejantes á serpientes que estuvieran provistas de aletas para nadar; los *pterodactilus* (f. 12), ó lagartos voladores, cuyas álas son parecidas á las de nuestros murciélagos; cocodrilos, tortugas enormes, etc. Los mares de la época jurásica estaban tambien poblados por un número inmenso de ammonitas, de belemnitas, que aparecen por primera vez en el lias, y otros moluscos tanto bivalvos como univalvos; por crustáceos que tienen mucha analogía con nuestros cabrajos; por encrinas, esquinos y otros muchos zoófitos. Hállanse tambien en algunas rocas de este periodo, despojos de insectos y algunos huesos de aves. Se ha descubierto, por último, en Stonesfield, cerca de Oxford en Inglaterra, en los esquistos de las capas oolíticas mas bajas, un fragmento de la mandíbula inferior de un animal que parece haber pertenecido á la division menos elevada de la clase de los mamíferos, á los marsupiales.—La

flora fósil de este periodo está compuesta en gran parte de helechos de diversas especies, de cicadeas, de muchas coníferas y de un verdadero *equisetum*.

Levantamiento séptimo.

DIRECCION E. 40° N. á O. 40° S.

§ 86. Despues de mucho tiempo de hallarse poblado el globo por los variados moluscos y los gigantescos reptiles de que hemos hablado, y cuando ya se habian acumulado en el fondo de los mares los inmensos depósitos térreos, tumbas naturales de estos animales, una nueva revolucion vino á cambiar otra vez la faz de la tierra y á destruir bruscamente cuanto ecsistia. Esta catástrofe que termina el periodo jurásico y ha precedido á la formacion de los terrenos cretáceos, parece haber sido determinada por el levantamiento de una porcion de la corteza terrestre; levantamiento que ha hecho salir del seno del mar y elevado á una gran altura varias cadenas de montañas, tales como el Mont-d'or en Borgoña, la cordillera de Morvan, la de Pilas en el Forez, las Cevennes en el mediodia de Francia, y el Crigebirge en Sajonia.

Terrenos cretáceos.

§ 87. En la época geológica cuya historia empezamos ahora, la tierra distaba mucho de ofrecer la configuracion que en la actualidad pre-

senta. Así la Francia actual entonces no consistia mas que en una península formada por la Bretaña, la Baja Normandía, la Maine y la Vendeé, y reunido por el Poitou con la meseta central que desde Cevennes se estendia hasta Ardennes y se pegaba á los Vosges. El mar entonces cubria enteramente Flandes, la Picardía, Champagne, las inmediaciones de Paris, la Alta Normandía y la Turena; se estendia tambien hacia la porcion del globo que en la actualidad forma el mediodia de Francia desde Rochefort y Castelnaudary, la porcion vecina de España, la Sicilia, una gran parte de Italia, de Austria, la Prusia, la Polonia etc.

Hallábase este mar poblado de un gran número de pólipos, de esquinos, de moluscos y de peces diferentes de los que ecsistian en la época jurásica. A la sazon vivian tambien largas tortugas y saurios casi tan gigantescos como sus predecesores, cual el *cocodrilo de Meudon*: pero uno de los mas notables entre estos últimos es el *mosasaurus*, reptil que se aproximaba un poco á los Salvaguardias actuales; bien que parece haber tenido los miembros conformados á manera de remos, lo cual hemos visto en los *ichthiosaurus* y plesiosaurus, y su talla, juzgando por la cabeza gigantesca de uno de estos reptiles, hallada en Maestrich, debia ser á lo menos de 25 pies. Pertenecen á los depósitos cretáceos superiores. En la misma época ecsistian reptiles terrestres no menos curiosos, tales como el hilœosaurus, especie de lagarto de unos 25 pies, cuyo dorso estaba herizado de una cresta dentada de consistencia huesosa, y el *iguanodon*, especie de iguana her-

bívora, como unas veinte veces mayor que las iguanas de nuestros dias, y cuya longitud parece haber sido á lo menos de sesenta pies.

§ 88. Los depósitos sedimentarios que se han formado durante este periodo tienen un espesor no menos considerable que los de la época jurásica, y juegan un gran papel en la constitucion actual del globo (l. 3, f. 1 y 2; l. 5, f. 1 y 2; l. 6, f. 1 y 2). Estos depósitos parece que constituyen dos formaciones distintas, separadas una de otra por el levantamiento octavo.

Terreno cretáceo inferior. La primera formacion cretácea, esto es, la mas antigua, y por consiguiente la mas inferior, comprende varios pisos. El mas profundo se compone de margas y de calizas amarillentas, mas ó menos groseras, que suelen faltar; superiormente se encuentran arcillas grises, y en otras diversas localidades arenas ó arcillas de colores abigarrados, y masas de minerales de hierro, mientras por otra parte se manifiestan depósitos poderosos de caliza mas ó menos compacta. Se designa con el nombre de *terreno neocomio* esta porcion de la creta inferior, que puede reconocerse distintamente en una gran parte de Francia, en Suiza, Alemania, Polonia y Criméa.

La formacion designada con el nombre *Wealdia*, (not. 11) es debida al conjunto de capas alternativas de caliza, de arenas ferruginosas y de arcilla, en que se encuentran desechos fósiles que pertenecen, segun parece, á paludinas, y tambien algunos depósitos de combustibles. La *capa de barro* de Portland pertenece á este terreno: en

esta se encuentran troncos silíceos de cicadeas, especies de coníferas, restos de equisetáceas y helechos. El grupo Wealdio es notable porque constituye una formacion de agua dulce intercalada en dos formaciones marítimas.

La parte de esta formacion denominada *gres verde*, contiene arenas blancas, amarillentas, masas calizas y sobre todo arenas llenas de materia verde en granitos. La parte caliza mas abundante se mezcla con los gres sobre estos depósitos, despues se aisla conservando solamente granos verdes que van disminuyendo progresivamente, de lo que resulta la *creta verde ó cloritica*. La caliza despues de la desaparicion total de los granos verdes, permanece sola, presenta la creta pura ó calizas arcillosas y arenosas, ó tambien arenas y gres, y forma la hilada conocida con el nombre de *creta tufácea* que suministra una piedra muy blanda al principio, pero que se endurece por la accion del aire y puede emplearse en las construcciones. Mientras que se constituian estos diversos terrenos en el fondo del mar, parece que ecsistian lagos de agua dulce, como acabamos de verlo para la formacion Wealdia, bastante considerables para ser el sitio de depósitos análogos, y dar orígen á lechos de arcilla, de arena ferruginosa y de caliza, en que se encuentran conchas terrestres y fluviátiles, asi como despojos de los reptiles terrestres de que hablamos últimamente.

Levantamiento octavo.

DIRECCION N. N. O. á S. S. E.

§ 89. Posterior al depósito de esta primera formacion cretácea, fué modificado aquel órden de cosas por nuevas convulsiones geológicas, en medio de las cuales se elevaron las montañas que se estienden desde Antibes hasta las inmediaciones de Lons-le-Saunier, y que constituyen la cordillera de los Alpes franceses y la estremidad sudeste del Jura. Líneas de fracturas y crestas enderezadas, indican tambien este sistema desde la isla Noirmontier en Vendée, hasta el reino de Valencia en España al través de los Pirineos. Las costas de Italia tienen su dirección principal en la de este sistema, lo mismo que crestas muy empinadas de Grecia en que se halla comprendido el Pindo.

§ 90. *Terreno cretáceo superior.*—Seguidamente principió la segunda formacion cretácea y se estendió hácia las porciones de capas mas antiguas que no habian sido elevadas sobre el nivel del mar por este último levantamiento. Consiste principalmente en hiladas de creta marnosa, compacta y gráfica. La compacta es por lo comun bastante sólida para proporcionar buenas piedras de construccion; la *gráfica ó creta blanca superior* es notable por la abundancia de guijarros ó de *silex pirómaco*, que ordinariamente se hallan dispuestos en fajas colocadas á cortas distancias unas sobre otras.

§ 91. Los terrenos cretáceos se estienden

en casi todo el N. E. de Francia y el S. O. de Inglaterra, y parece haber tapizado el fondo de un vasto golfo que tenia por límites los terrenos jurasicos de la Baja-Normandía y de Maine en el O., de Berry en el S., de Borgoña y de Lorraine en el E. Tambien se encuentran en el mediodia de Francia, pero no quedaron á descubierto en todas partes, y en algunas han sido cubiertos por terrenos mas recientes, como despues veremos. En las llanuras de Picardía y de Champagne forman en torno de la cuenca de Paris una vasta circunferencia que se estiende desde el Pas-de-Calais y la embocadura del Sena, hasta mas allá del Loire.

Levantamiento noveno.

DIRECCION E. 18° S. á O. 18° N.

§ 92. El prolongado intérvalo de reposo durante el cual se acumularon todos los sedimentos cretáceos en el fondo de las aguas, fué turbado por una nueva revolucion geológica que corresponde al levantamiento de los Pirineos y de otras varias cadenas de montañas, como los Apeninos, los Alpes Julienes, los Carpatos y otras montañas al través de la Croacia y la Bosnia, los Balkans y hasta la Grecia. En los flancos de estas cordilleras se ven, en efecto, las capas del terreno cretáceo levantadas con las de las formaciones mas antiguas de que se compone el macizo de estas montañas, mientras que á su pié los terrenos, cuya formacion data del período siguiente, se estienden en capas horizontales (l. 5, f. 2); de lo que

se puede concluir que este gran levantamiento ha tenido lugar antes del depósito de estas y despues de la formacion de los terrenos cretáceos. La misma direccion en numerosas dislocaciones y denudaciones en Alemania, Francia é Inglaterra, atestigua tambien haber sido esta catástrofe una de las mas estensas que hayan alterado la superficie de Europa. Señala el fin de los terrenos secundarios y el principio de los=

Terrenos terciarios.

§ 93. Los geólogos que reunen, como acabamos de ver bajo el nombre colectivo de terrenos secundarios, la larga serie de formaciones que ha principiado sobre los terrenos de transicion, despues de la formacion de la ulla, y que se termina superiormente por la creta, llaman terrenos terciarios los mas recientes y superiores á la creta, mas cuya formacion ha precedido á la época actual. Los mares, mientras duró este período, eran mucho menos vastos que en las edades geológicas mas remotas; y por consiguiente los depósitos sedimentarios formados en el seno de las aguas, eran menos estensos y mas aislados. Su formacion se efectúa tambien en diversos puntos del globo, en épocas diferentes; y para seguir en su historia el órden cronológico, es preciso subdividirlos en tres grupos que titularemos terrenos terciarios *inferiores*, *medios*, y *superiores*. En la época contemporánea del depósito de cada una de estas séries de terrenos, existian seres organizados de especies particulares, mezcladas con otras especies

comunes á los períodos anteriores ó siguientes; pero la fauna de todas las porciones de este período, ofrece ciertos caracteres comunes, de los cuales es, sin duda, el mas notable, la ecsistencia de un gran número de mamíferos. Se ha dicho (parr. 85) que los terrenos de transicion y los secundarios, no nos han proporcionado hasta el presente mas que un ejemplo fósil que pueda ser considerado como perteneciente á la indicada clase: al paso que en los terciarios abundan los huesos de dichos animales cual monumento de su antigua ecsistencia, aunque la mayor parte haya sido destruida despues de mucho tiempo y desaparecido de la superficie del globo.

§ 94. *Terrenos terciarios inferiores —Terrenos de Paris.*—En el sitio en que esta ciudad ostenta ahora sus elegantes monumentos, se hallaba un vasto golfo, en el cual parecia que caudalosos rios habian mezclado sus aguas dulces con las saladas del mar, y donde fueron á sepultarse confusamente en un barro arcilloso conchas marítimas, fluviátiles y terrestres, como tambien restos de vegetales. La misma cuenca ha servido posteriormente de mansion á millares de moluscos (l. 7, f. 18), de pólipos, de peces y hasta de grandes cetáceos, como delfines, manatís y ballenas, mientras que en las tierras inmediatas pacian tranquilamente los *paleotherinus* (f. 13), *anoplotherinus* (f. 14) y otros mamíferos de organizacion muy análoga á la de nuestros paquidermos, roedores, etc.

Por aquel tiempo se formaron las numerosas y estensas capas de *caliza grosera*, que, como se

ha dicho, ocupan todo el O. de la cuenca de Paris (l. 3, f. 2, y l. 4), y proporcionan hermosas piedras de construccion. Estas capas son superiores á la arcilla plástica tan empleada en la alfareria, y destinada á diversos usos segun su color blanco, gris ó rojo. Es muy probable que el vasto depósito de *caliza silícea*, que cubre la porcion S. E. de esta cuenca, se ha efectuado casi en la misma época que la caliza grosera, aunque se estiende superiormente hácia su punto de union con este terreno marítimo, y se ha formado en aguas poco saladas para que pudiesen vivir en ellas animales marítimos; pues las conchas que allí se encuentran son todas fluviátiles ó terrestres. Hácia la parte central en fin, de la misma cuenca, se han formado grandes masas de yeso que descansan sobre las dos rocas calizas de que se acaba de hablar; y sobre estos depósitos se acumularon arenas marítimas mezcladas á conchas de ostras, despojos de peces, etc.

Levantamiento décimo.

DIRECCION N. S.

§ 95. A la formacion del terreno de Paris ha seguido la revolucion que por levantamientos y desmembramientos ha dado su última forma á las montañas que rodean los altos valles del Loire, del Saône y del Allier; pero esta catástrofe no fué, en general, señalada como las precedentes, por el levantamiento de las capas cuya formacion la habia precedido inmediatamente, por haber faltado en los sitios en que se produjo, la

caliza de Paris. La carencia de este depósito indica, que el suelo habia sido elevado sobre las aguas por el levantamiento de los Pirinéos; mas como en seguida se ve cubierto otra vez por la formacion terciaria media, de este fenómeno debe deducirse que posteriormente se hundió. Preciso es atribuir este resultado á la catástrofe en todos los sitios donde no se halla la caliza de Paris, en la Turena, la mayor parte de Gascogne, toda la Suiza, el valle del Ródano, de Lion, en el mar, varias partes de Italia, de Córcega y de Cerdeña. Estas dos últimas islas se prolongaron en un mismo alineamiento, así como algunas cadenas en Toscana, en Grecia, etc.

§ 96. *Terrenos terciarios medios ó de Molasa.* —Los nuevos terrenos que constituyen la segunda region de la gran formacion terciaria, se han depuesto ya sobre los terrenos terciarios inferiores de la cuenca de Paris, donde forman el gres de Fontainebleau, la caliza de Caleau-Landon, la piedra molar de Meudon, del bosque de Montmorency, etc. (l. 3, f. 2); ya en otras localidades, como los depósitos de fragmentos de conchas, conocidos con los nombres de *Faluns* en Turena, los terrenos terciarios de las inmediaciones de Burdeos y de Dax (l. 5, f. 2 y 3), las molasas de Suiza etc. Durante esta segunda parte del periodo terciario se han multiplicado los animales ya terrestres, ya acuáticos, ya semejándose mas á los de nuestros dias. Entonces ecsistia un gran número de moluscos pertenecientes á especies que pueblan tambien los mares de la época actual; pero los seres mas notables son rinocerontes, hi-

popótamos, hienas y monos de especies raras, mastodonte, *paleotherinus*, *lofiadons* y otros mamíferos de géneros perdidos.

La molasa es muy rica en lignitas, á las que se refieren las de Langüedoc, de la Provenza, de Suiza, la mayor parte de las de Alemania y la tierra de Colonia. Estas lignitas parecen formadas en gran parte de coníferas; mas el terreno contiene tambien muchos despojos de dicotiledones actuales y maderas en que notamos la estructura de los monocotiledones, como las palmeras.

Levantamiento undécimo.

DIRECCION N. 26° E. á S. 26° O.

§ 97. Hácia el fin de la segunda época del período terciario, se ha efectuado un nuevo levantamiento en la region de los Alpes. Ecsistia ya mucho antes una parte de esta complicada cadena de montañas. Los Alpes de la Provenza y del Delfinado, que se refieren á un sistema cuyo punto mas notable es el Mont-Viso, datan como se dijo (párr. 89), del intérvalo que separó el depósito de las regiones inferior y superior de los terrenos cretáceos; otras porciones de la region alpina se han establecido al mismo tiempo que los Pirineos, es decir, despues del período cretáceo; y en las montañas que enlazan los Alpes con el Jura, se reconocen los vestigios de un levantamiento contemporáneo del de Córcega, de que se habló (párr. 93), suponiendo haberse verificado despues del depósito de la pri-

mera série de los terrenos terciarios. Mas parece que la mayor parte de esta magestuosa barrera, interpuesta entre la Italia y los paises del norte, se ha elevado en épocas mas recientes hasta la altura inmensa que en el dia ofrece. La cordillera de los Alpes occidentales surgió despues del depósito de la segunda série de los terrenos terciarios de que se acaba de tratar, y parece ser de origen todavia mas reciente la que se estiende desde el Valais hacia Austria. Este levantamiento tambien afectó la Nueva-Zembla y la península Escandinavia: las montañas de Marruecos siguen igual direccion, lo mismo que las de Tunez paralelas á las precedentes del estremo opuesto del atlas, cuyas cadenas trasversales son tambien de la misma época.

§ 98. *Terrenos terciarios superiores ó terreno subapepino.*—Desde la convulsion geológica que ha dado á los Alpes occidentales su relieve actual, y determinado en sus diversos puntos el levantamiento de la molasa y de los otros terrenos terciarios de la segunda série, asi como de los terrenos mas antiguos, la Europa parece haber ofrecido un gran espacio continental; y durante el periodo de tranquilidad que ha sucedido á esta catástrofe, no se constituyen allí depósitos marítimos sino en las costas ó en los golfos poco distantes de la parte central de esta region, como en las colinas subapeninas, en algunas partes de Cicilia y en una porcion del litoral de Inglaterra: se han formado, empero, depósitos sedimentarios en los valles de las riveras todavía existentes, y en algunos lagos de agua dulce que han desa-

parecido por una revolucion mas moderna. De esta especie hay un lago que parece ha cubierto la llanura de Bresse y parte del departamento de Isere: otro ocupaba la porcion del departamento de los Alpes bajos comprendida entre Digne, Manosque y Barjols; otros tambien cubrian en parte la llanura de Alsacia; y en el fondo de estas masas de agua se ha depuesto una capa espesa compuesta de hiladas alternativas de arena, mezclada con cantos rodados y marna. En los depósitos de agua dulce de Bresse se encuentran masas considerables de leña fósil, procedentes de árboles bastante parecidos á los de nuestras comarcas, y de conchas de agua dulce. Parece que á este tercer período terciario pertenece igualmente el depósito de OEningen, en la cuenca del lago Constancia, célebre por el número de fósiles que allí se han descubierto. Mientras estos depósitos lacustres se formaban tranquilamente debajo de las aguas en cuencas diversas, la superficie de las tierras descubiertas entonces, estaba habitada por la hiena, el oso, el elefante velloso, mastodontes, rinocerontes, hipopótamos y otros animales que pertenecian á géneros hoy ecsistentes, pero á especies que se han perdido.

Levantamiento duodécimo.

DIRECCION E. 16° N.

§ 99. Los habitantes de los terrenos terciarios superiores fueron destruidos por la revolucion geológica que levantando la cordillera principal de

los Alpes, acabó de dar á esta enorme masa de montañas la conformacion que hoy presenta, y determinó, al parecer, la mayor parte del relieve actual del continente europeo. A este movimiento se refieren la aparicion de los meláfiros, de las sienitas y serpentinas que han elevado los terrenos terciarios del Piamonte y de la Provenza; la de las rocas granitoideas de las empinadas cumbres de los Alpes; las vertientes inversas de las llanuras de Baviera y Lombardía que se elevan insensiblemente hácia la línea divisoria; y las del mediodía de Francia que suben del S. hácia el N. La direccion de los yesos y de las masas salíferas al pié de los Pirineos, les aprocsima mas á esta catástrofe, lo mismo que las líneas de crestas y las caudalosas corrientes de España.

Aluviones.

§ 100. *Aluviones antiguos.*—El poderoso movimiento que produciendo el levantamiento de una gran parte de los Alpes, ha dejado en seco los lagos en que estaban depositados los terrenos terciarios superiores, ha ocasionado inundaciones espantosas y violentas corrientes que han surcado profundamente el suelo y arrastrado á lo lejos fragmentos de rocas, arena y barro, cuyo depósito constituye los terrenos llamados por los geólogos *depósito de trasportes antiguos*, *terrenos diluviales*, *terrenos clismios*, y *aluviones antiguos*, es decir, terrenos posteriores á los subapeninos y anteriores á los actuales. Tambien se dá á estos depósi-

tos el nombre de *diluvium*, por considerarlos como resultado del diluvio universal.

De este modo se han formado, segun parece, por el desbordamiento de las aguas del lago de Bresse, los anchos surcos abiertos en los terrenos mas, antiguos de la cuenca de Paris, y los vastos terromonteros que cubren una parte de ella y forman por ejemplo, el suelo del bosque de Boulogne cerca de Paris (l. 3, f. 2 y l. 4). Esta ciudad está construida en gran parte sobre este depósito de trasporte, cuyo origen violento está comprobado por la magnitud de los cantos que contiene, y cuya antigüedad hace indudable el descubrimiento de los fósiles pertenecientes á elefantes y otros animales, que desde los tiempos históricos no han sido señalados en este distrito.

Por esta época se efectuó tambien la destruccion de una multitud de animales, cuyos despojos se encuentran en unas cavernas designadas con el nombre de *caverna de huesos*, ó en hendiduras de rocas donde se sepultaron en una especie de cimiento calizo ordinariamente de color rojo. Estas cavernas parece que sirvieron de mansion á hienas, osos y otros animales carnívoros, cuyos despojos se encuentran rodeados de fragmentos de huesos de los seres que le servian de pasto. La caverna de Kirkdale en Inglaterra es de las mas célebres.

A esta época geológica, se atribuyen generalmente los grandes depósitos de limo de la llanura de Buenos-Aires, donde se ha descubierto el esqueleto de un mamífero gigantesco del órden de los desdentados, el *megatherium*, y el cráneo de

un roedor, el *Toxodon*, de talla no como nuestras liebres y ratones, sino casi igual á la del elefante. Tambien se refieren, por último, á la misma época, las arenas de Efelsheim en Baviera, en donde se encontraron los despojos de otro mamífero gigantesco, el *dinotherium* (l. 7, f. 15), cuya mandíbula inferior estaba armada de enormes dientes encorvados hácia abajo.

Hasta estos últimos tiempos todos los geólogos estuvieron acordes en que asi en los terrenos de este periodo, como en las rocas mas antiguas, no se encontraban huesos humanos, ni vestigio alguno que indicase la existencia del hombre en la tierra, y por consiguiente parecia probable que este género no habia sido creado cuando la destruccion de todos esos animales; pero algunos años hace que se ha puesto en duda este resultado, por haberse descubierto en el mediodía de Francia, en algunas cavernas de huesos, huesos humanos y aun fragmentos de vidriados mezclados con fósiles procedentes de mamíferos de especies perdidas. Esto ha hecho creer á algunos geólogos que el hombre habia sido contemporáneo de los animales antidiluvianos, y que la catástrofe que los ha destruido no ha sido mas que el diluvio de que se hace mencion en la Sagrada Escritura, y de que se encuentran vestigios en las tradiciones de todos los pueblos. Pero no está bastante demostrado que los huesos humanos correspondan efectivamente á la misma época que los de los mastodontes y de los osos de las cavernas, y es creible que despues de la revolucion geológica producida por el último levantamiento de los Al-

pes, se hayan esperimentado otras catástrofes de la misma naturaleza, determinada, por ejemplo, por el levantamiento de los Andes, siendo quizá preciso referir á la inundacion que ha debido acompañar la última de estas revoluciones, lo que nos ha sido revelado concerniente al diluvio de Noé. Es posible que un dia se obtengan pruebas científicas de ello, cuando se haya esplorado mejor la geología de las partes del globo á que parece haberse limitado la especie humana en los primeros tiempos de su ecsistencia, á saber, la parte septentrional del Asia.

§ 101. A estos aluviones antiguos se refieren los depósitos denominados *terreno errático*, y cuya naturaleza indicamos esplicando la hipótesis de su trasporte por los ventisqueros.

§ 102. *Aluviones modernos.*—Sabemos que en nuestros dias se están formando terrenos nuevos, ya por el derrame de materias ígneas que han salido del seno de la tierra, ya por los sedimentos que depositan las aguas. Estas formaciones contemporáneas del hombre constituyen los terrenos ó *aluviones modernos* de los geólogos. A la última gran catástrofe de que hemos hablado en el artículo precedente, ha sucedido un estado de reposo general, que quizá algun dia será turbado por una nueva revolucion geológica, por el levantamiento de una gran cordillera de montañas y por el gran movimiento de las aguas que debe seguir á una convulsion de esta naturaleza. Entonces saldrán nuevas tierras del seno de las aguas, que contendrán probablemente despojos de la armazon ósea del hombre y de los animales

actuales, á la manera que los terrenos mas antiguos ocultan los deshechos sólidos de los seres que nos han precedido en la tierra. Poseemos ya pruebas de que los acontecimientos actuales deben asemejarse á los de otros tiempos, pues en algunos terrenos modernos, cuya formacion continúa efectuándose á nuestra vista, se han encontrado esqueletos humanos adheridos á la sustancia de las rocas; presentando ya los caractéres de los fósiles de los periodos terciarios. Uno de los ejemplos mas notables de este género se ha descubierto en la Guadalupe.

Levantamiento décimotercio.

DIRECCION N. 20° O. á S. 20° N.

§ 103. Las modificaciones observadas en nuestra tierra moderna, han sido, al parecer, determinadas en parte por la catástrofe mas reciente, la del sistema de Tenaro, posterior al diluvio, y quizá tambien, como se acaba de indicar, por algunos aluviones modernos. A este trastorno se refiere la aparicion del Etna, del Stromboli, de la Somma del Vesubio, los accidentes de los campos Phlégréens y las montañas de la punta meridional de la Morée, que terminan en el cabo Tenaro. De esta época datan tambien los volcanes del Auvergne y del Vivarais. Despues de este levantamiento parece haberse elevado el gran rodete montañoso de los Andes á consecuencia de la catástrofe, quizá la mas reciente, de que el globo ha sido teatro.

§ 104. *Formaciones madrepóricas.—Criaderos de turba.*—Hemos visto hasta ahora cómo se deponen los terrenos de aluvion, sean fluviátices ó lacustres, ya sean marítimos: cómo aguas minerales determinan tambien la formacion de ciertas rocas calizas; cómo los fenómenos volcánicos pueden contribuir á un resultado análago; mas no son estas las únicas vias empleadas hoy por la naturaleza para establecer nuevas tierras sobre el nivél de las aguas y estender la parte habitable del globo. En los mares de los paises cálidos abundan los pólipos lo suficiente para constituir con su envoltorio sólido ó polípero, un gran número de estrechos, arrecifes y aun islas, que llevan el nombre de *formacion madrepórica.*

En algunos sitios, por último, se acumulan tambien los despojos de los vegetales en suficiente cantidad para elevar considerablemente el suelo, y formar depósitos que tienen cierta analogía con los de ulla y otras materias carbonosas que se han formado en épocas anteriores, y se hallan sepultadas en terrenos mas ó menos antiguos. De este modo se forman los *criaderos de turba.*

Observaciones sobre la clasificacion de los terrenos.

§ 105. La clasificacion precedente, lo mismo que todas las propuestas por los geólogos, es el resúmen de los principales caractéres de la historia del globo, segun los cuales puede establecerse la distincion de los terrenos y de las formaciones, la edad relativa de ciertos terrenos

y las circunstancias en que se constituyeron. Hemos indicado que los geólogos no están conformes en ciertos puntos y señaladamente respecto del límite entre los terrenos de transicion y los secundarios; y por otra parte se ha esplicado tambien, por qué razon las denominaciones de terrenos *primitivo*, *secundario*, *de transicion* y otras del mismo órden, son completamente inesactas, mientras se pretenda representar con ellas las relaciones de edad entre todas las formaciones del globo, y la necesidad, si las conservamos de darles otra definicion esacta. Por estos motivos y para colocar la série de los terrenos bajo un golpe de vista, nos parece útil trazar aqui una escala geológica, que represente solamente cada uno de los terrenos con su nombre mas general y mas característico, sin hacer mencion de las denominaciones cuyo valor es hoy contestable. Esta escala no comprenderá evidentemente mas que los terrenos sedimentarios, por ser casi imposible indicar un órden de sucesion á los de cristalizacion, supuesto que se ofrecen en todas las alturas y en todas las capas.

Orden de sobreposicion de los principales depósitos sedimentarios.

Aluviones modernos, véase § 102.
Aluviones antiguos. § 100.
Terreno subapenino. § 98.

LEVANTAMIENTO 12.°, § 99.

LEVANTAMIENTO 11.° § 97.

Terreno de molasa pàr. 96. { *Faluns.* / *Piedra molar.* / *Gres de Fontainebleau.*

LEVANTAMIENTO 10.°, § 95.

Terrenos de Paris, pàr. 94. { *Yeso; piedra de construccion.* / *Arcilla plástica.*

LEVANTAMIENTO 9.°, § 92.

Terreno cretáceo superior, pár. 90. . . . . { *Creta blanca.* / *Creta marnosa.*

LEVANTAMIENTO 8.°, § 89.

Terreno cretáceo inferior, pár. 88. . . . . { *Creta tufácea.* / *Gres verde.* / *Terreno neocomio; formacion wealdia.*

LEVANTAMIENTO 7.°, § 86.

Terreno jurásico, pár. 82. { *Grupo portlandio.* / *Grupo coralio.* / *Grupo oxfordio.* / *Grupo gran oolítico.* / *Lias.*

LEVANTAMIENTO 6.°, § 81.

Terreno de trias, pàr. 87. . { *Marnas irisadas.* / *Muschelkalk.* / *Gres abigarrado.*

LEVANTAMIENTO 5.°, § 76.

Terreno péneo, pár. 72. . . { *Gres vosgio,* pár. 75. / LEVANTAMIENTO 4.°, pàr. 74. / *Caliza penéa.* / *Gres rojo.*

LEVANTAMIENTO 3.°, § 71.

Terreno de la Ulla, pár. 67. | *Gres de la Ulla.* / *Caliza carbonífera.*

LEVANTAMIENTO 2.°, § 66.

Terreno devonio, pár. 59. | *Gres rojo antiguo.* / *Gres, esquistos antrácitos.*

Terreno silurio, pár. 59. . . | *Calizas y esquistos.*

LEVANTAMIENTO 1.°, § 58.

Terreno cámbrio, pár. 56. . | *Esquistos; calizas; gneis.*

§ 106. Entre las clasificaciones geológicas mas universalmente admitidas, vemos la de Mr. Constant Prevost, representada en la tabla siguiente:

Suelos.		Terrenos.	
De terraplen.	Terciarios (*Paleoterios.*)	superiores.	*Pliócenes.*
		medios. . .	*Miócenes.*
		inferiores .	*Eócenes.*
	Secundarios (*Ammonios.*)	superiores.	*Belennitíferos.*
		medios. . .	*Salíferos.*
		inferiores.	*Carboníferos.*
	Primarios (*Trilobitios.*)	superiores.	*Esquistos-cálcicos.*
		medios. . .	*Esquistos-tálcicos.*
		inferiores .	*Esquistos-micácicos*
PRIMITIVOS.			*Rocas granitóideas.*

Despues de este estudio de los terrenos que constituyen la corteza sólida del globo, se comprende fácilmente el valor de las divisiones y de la mayor parte de los nombres admitidos en esta

tabla, y solamente nos queda que esplicar las palabras *pliocenes*, *miócenes* y *eócenes* usadas para designar los terrenos superiores, medios é inferiores mas nuevos. Tales denominaciones tienen por objeto especial, representar las relaciones geológicas de los diferentes depósitos terciarios á que se aplican, atendidas las relaciones entre las creaciones fósiles que cada uno de ellos contiene, á lo menos en lo que concierne á los moluscos.

La voz *Eócenes*, empleada para designar el mas antiguo de estos terrenos, significa que la fauna testácea de estas capas, comprende algunas especies actualmente vivas, cuyo estado de cosas puede ser considerado como el principio de la edad moderna.=La *miócenes* indica, que el grupo á que se aplica contiene comparativamente un número menor de especies recientes, y por consiguiente, que el grupo es menos nuevo que los terrenos superiores denominados *Pliócenes*. Con esta espresion queremos indicar, que el numero de especies recientes es mas considerable, y que este grupo es tambien mas moderno.

§ 107. Presentariamos algunos ejemplos para hacer comprender mejor el modo como se suceden y sobreponen los diversos pisos de la corteza sólida del globo, si el mapa geológico de las inmediaciones de Paris, trazado por Cuvier y Brongniart, no diese ideas mas claras y precisas que nuestra descripcion acerca de la manera con que aquellos diversos terrenos se han repartido en aquella cuenca, y concurrido á la formacion de su suelo. La lámina 4 es un resúmen

de ella; y para comprender mejor la manera como tales terrenos se cubren unos á otros, puede consultarse la figura 2 de la lámina 3, que representa un corte ideal de las orillas del Sena, desde Moret hasta Nantes; corte copiado de Mr. Constant Prevost, profesor de geología en la facultad de ciencias de Paris.

Minas: Combustibles. Depósitos metalíferos: piedras preciosas.

§ 108. Las diversas rocas de que hemos hablado hasta ahora, deben ser consideradas como las partes constitutivas de la corteza sólida del globo, la cual formaron, por decirlo así, de un modo cási esclusivo; pero ecsisten tambien en la tierra otras sustancias minerales, que, sin embargo de formar masas muy pequeñas para jugar un papel importante en la dicha formacion, no deben fijar menos nuestra atencion por su belleza ó utilidad. Tales son las piedras preciosas, los minerales metalíferos y la ulla usada como combustible.

Llámanse *minas* las escavaciones mas ó menos profundas practicadas en la tierra, con el objeto de estraer estas sustancias; y se denominan *canteras* las escavaciones que se practican para la estraccion de piedra, arena, etc. ú otras partes constitutivas de nuestro planeta. Desde los terrenos graníticos hasta en las capas mas recientes de la corteza del globo se encuentran en mayor ó menor abundancia sustancias combustibles que por su color negro, su opacidad y com-

posicion, son mas ó menos parecidas al carbon ordinario, y procedentes de la descomposicion de los vegetales sepultados en el seno de la tierra. Se distinguen estas sustancias por los nombres de *turba*, *lignita*, *ulla*, *antrácita* y *grafito*. Véase parr. 74 á 87.

Depósitos metalíferos.

§ 109 La tierra contiene materias metálicas en imponderables cantidades, y mas ó menos diseminadas en las inmensas rocas constitutivas de su superficie, como se demostró en la mineralogia, y que son de grande utilidad para el hombre.

Se da el nombre de *minerales* á las sustancias de que se estraen los metales; el de *yacimiento* ó *situacion* á la disposicion del depósito metalífero, y el de *ganga* á la roca en que el mineral se halla embutido. Los metales rara vez se hallan nativos, sino cási siempre están combinados con azufre, oxígeno ó con alguna otra sustancia que modifica sus propiedades y las hace inapreciables á primera vista. Los depósitos metalíferos unas veces afectan la forma de capas paralelas á las hiladas de los terrenos estratificados en que se les encuentra, y constituyen los denominados *bancos* de minerales; otras no se presentan estratificados y forman masas que ninguna relacion tienen con las rocas inmediatas, y aparecen con frecuencia como depuestos en las hendiduras ó rajas de las rocas despues de la formacion de estas. Cuando estos depósitos metalíferos no estratificados son mas elevados, y mas lar-

gos que anchos constituyen lo que se denomina *filones metálicos*; cuando afectan la forma de grandes masas redondeadas ú ovalares, se llaman *masas*, y por último, si las masas son pequeñas y se hallan diseminadas en las rocas que las contienen, *nódulos*, *nudos* y *riñones*.

En las capas mas antiguas de la corteza sólida del globo, se encuentran los terrenos mas ricos en metales, y en los paises montañosos se esplotan las mas de las minas. Los depósitos de minerales despues de haberse manifestado con abundancia en las rocas de gneis, de micasquistos, en los terrenos porfíricos etc. se terminan generalmente en las regiones inferiores de los terrenos secundarios. Los pisos superiores de estos y la mayor parte de los terciarios no los contienen; mas en algunas localidades se hallan minerales profusamente diseminados en terrenos de aluvion, de una época muy reciente, y que parecen compuestos de despojos de rocas antiguas.

La enumeracion siguiente de los principales criaderos metalíferos, dará las pruebas de esta especie de distribucion de las riquezas minerales, en las distintas capas de la corteza del globo.

110. *Minas de los terrenos llamados primitivos y de transicion.*—Los geólogos refieren á estas épocas remotas de la historia geológica, los terrenos de que se componen casi todas las comarcas montañosas en que abundan las minas, sea en Europa ó en Asia, ó ya en el Nuevo Mundo. La region metalífera mas rica, es la formada por la larga cadena de las cordilleras en la Améri-

ca española: la plata es allí el metal mas abundante; pero no dejan de encontrarse tambien minas de oro, de mercurio, de cobre, de plomo y sal gemma. En la mineralogía hemos indicado ya los diversos yacimientos de estos metales, al trazar la historia particular de cada uno de ellos.

Las minas argentíferas mas célebres son las de la montaña del Potosí en el alto Perú, las de Pasco y de Cero, situadas cerca de Lima, y las de Mégico: todas se encuentran en los terrenos primitivos ó de transicion.

Los terrenos antiguos de que están formados los montes Altaí en Siberia, contienen tambien ricos filones de oro, plata, cobre, plomo, etc. lo mismo que los montes Urales que forman el límite natural entre Europa y Asia. Tambien en Hungría y Transilvania ecsisten numerosas minas de oro, plata y plomo, asi como yacimientos de cobre, etc. Las montañas de Erzgebirge, situadas entre Bohemia, Sajonia y las partes vecinas de la Alemania oriental, forman otra region argentífera de suma importancia: las minas de estaño, de plata y de cobalto de las inmediaciones de Freyberg, son muy célebres: las de las montañas de Hartz en el norte de Alemania, son igualmente ricas en plata, plomo y cobre: en el terreno antiguo de Suecia, Noruega y Finlandia ecsisten muchas minas de hierro y de cobre. La Inglaterra posee minas muy ricas de cobre, de estaño y de plomo, situadas en los terrenos antiguos de Cornuailles en el pais de Galles, y en la Bretaña las hay tambien de plomo argentífero. En las montañas de los vos-

ges, por ultimo, se esplotan plomo y cobre argentíferos, hierro, etc.

Como ya se ha dicho, las regiones superiores de los terrenos de transicion contienen los depósitos de ulla, muy cerca de los cuales y en determinadas localidades se hallan en abundancia otros minerales de hierro. Parece que á esta época geológica puede referirse tambien la formacion de cierto gres que contiene plomo y cobre.

§ 111. *Minas de los terrenos secundarios.*—La caliza magnesiana abunda en minas de mercurio de gran celebridad, como las de Almaden, en Sierra-Morena, cerca de Sevilla; de Idria, etc. Las de cobre argentífero de Mansfield y de Hesse, yacen tambien en terrenos de esta formacion y proporcionan grandes productos. Las capas sedimentarias siguientes contienen minas de sal gemma en abundancia, como en el condado de Chersbire en Inglaterra, en Saltzbourg en Alemania, en Wieliczka en Polonia; donde se hallan ademas depósitos de lignitas y otras materias combustibles. La caliza oolítica, en fin, y las capas de arenas y de gres inferiores á la creta, contienen un gran número de criaderos de minerales de hierro,

§ 112. *Minas de los terrenos terciarios inferiores.*—En estos terrenos apenas se encuentran mas que algunas minas de hierro y de lignita poco importantes.

§ 113. *Minas de los terrenos de trasporte* (terciarios superiores ó modernos).—Estos terrenos, productos de la desagregacion de rocas mas antiguas,

contienen muchas veces minerales que pueden haberse hallado en ellas, y asi es como puede esplicarse la presencia de las partículas de oro, de platino, de estaño, y de otros metales en las arenas de diversos rios y en los terrenos de aluvion de una época mas ó menos reciente. En los terrenos de trasporte, por último, se hallan tambien minerales de hierro, turba y piedras preciosas.

Piedras preciosas.

§ 114. Asi se denominan las piedras que por su color, brillo, limpieza y su escasez, son solicitadas para objetos de lujo. A las mas notables por su dureza y hermosura y cuyo volúmen siempre es reducido, se dá el nombre de *gemma ó piedras finas*. Se encuentran en cristales diseminados en rocas muy antiguas, como el granito, el gneis y el micasquisto; ó bien mezcladas con los despojos procedentes de rocas análogas y que constituyen terrenos de aluvion de formacion muy moderna, supuesto que se les refiere á la clase de los diluviales ó de trasporte. El diamante, por ejemplo, no ha sido hallado hasta la fecha, sino en un terreno arenáceo de esta formacion, en el Brasil y en las indias: los topacios se ven en los mismos terrenos, ó se les encuentra á veces implantados en el granito, etc.; las esmeraldas se hallan igualmente en las rocas de micasquisto de Egipto, del Perú, etc. En la descripcion de las especies minerales se encontrarán detalles relativos á cada una de estas piedras.

Fuentes y pozos artesianos.

§ 115. El agua que sin cesar se evapora de la superficie del globo, y despues de haber formado nubes se precipita, condensada otra vez, sobre la tierra, se divide ordinariamente en dos porciones; la una se insinua en el suelo, y la otra corre en su superficie siguiendo la inclinacion de las vertientes que aquella le presenta, y se vierte, por último, en el mar, si la evaporacion ú otro obstáculo cualquiera no la detiene en su curso.

Las aguas que se introducen en el suelo descienden ó se infiltran en él hasta llegar á una capa que se oponga á su paso, la arcilla, por ejemplo; se acumulan de este modo en la especie de cuenca que les forma este terreno impermeable, y tienden precisamente á establecer un mismo nivel entre todas sus partes, de lo que resulta, que si en un terreno asi impregnado se abre un agujero cuyo fondo sea inferior á esta línea, el agua no tardará en llenarlo. De esta manera, se proveen los pozos ordinarios. Muy bien se comprende que hallándose el agua que llena estas escavaciones á un mismo nivel en todos los puntos de la misma cuenca, estos pozos deben ser tanto mas profundos, cuanto mas elevado sea el punto en que se hallan situados sobre el nivél medio de la superficie de esta concha. Es evidente tambien que si en una parte cualquiera de la misma concha, la superficie del suelo es inferior al nivél de que acabamos de hablar, el agua surgirá en él como en el fondo de un pozo, y formará

fuente ó estanque mas ó menos considerable.

Supongamos que la capa impermeable que contiene el agua, esté inclinada y se hunda debajo de otra capa impermeable tambien, de la cual está separada por un terreno permeable, como arena, ó por hendiduras; el agua se deslizará sobre su superficie, formando debajo de la capa impermeable superior un depósito subterráneo mas ó menos profundo. Mas si esta última capa se interrumpe de un modo brusco, si presenta, por ejemplo, alguna raja ó es perforada por un agujero, el agua subterránea de que se acaba de hablar, se elevará por esta abertura hasta llegar al nivél que conserva en los pozos de la localidad mas ó menos lejana de que procede.

En efecto, si se toma un tubo encorvado en forma de U y se vierte agua en uno de sus brazos, se observará su ascenso en el brazo opuesto hasta adquirir igual nivel en ambos; y si la rama en que se vierte el agua es mas larga que la otra, en llegando á esta el líquido se elevará formando un chorro tanto mas alto cuanto mas considerable sea la diferencia entre su nivél en la primera rama y su punto de salida en la segunda (l. 8, f. 1); y como el trayecto que el agua subterránea corre en las circunstancias referidas, es precisamente el indicado en el esperimento en cuestion, resulta que si el nivél del depósito, á que pertenece, es superior al de la abertura por que escapa, formará un surtidor.

Las aguas que circulan de este modo en la tierra, se infiltran á veces con lentitud en capas de arena, ó de otros terrenos permeables; pero

suele acontecer que se abren canales y corren con bastante rapidéz en intérvalos vacíos, comprendidos entre ciertas capas impermeables, en cuyo caso son verdaderos rios subterráneos.

§ 116. Perforando por medio de una sonda las capas impermeables que cubren las aguas subterráneas, y facilitándoles asi una via para volver á tomar su nivél, se practican los *pozos artesianos*, denominados así por ser Artois el punto en que primitivamente se establecieron (n. 12).

Las aguas que se encuentran asi, proceden á veces de partes muy lejanas, y cuando llegan de una cuenca situada en una localidad muy superior á la otra en que se abre el pozo artesiano, se elevan á una gran altura.

Por esto en uno de estos pozos situado entre Bettume y Aire, en el departamento del Pas-de-Calais, ha sido necesario perforar hasta la profundidad de 150 métros, para encontrar el manantial que se buscaba, y sin embargo el agua se elevó no solamente hasta la superficie del suelo, sino aun dos metros y sesenta centímetros mas. Es tambien notable la cantidad de agua que dan los pozos artesianos: uno abierto en Tours da 110 litros por minuto, y de otro establecido cerca de Perpiñan, se obtien en 200 litros en igual espacio de tiempo.

§ 117. Si se aumenta la temperatura de la tierra desde la superficie hácia el centro, como hemos dicho, las aguas, que alimentan los manantiales y adquieren la temperatura de la capa en que se hallan, deben ser tanto mas calientes cuanto mas considerable es la profundidad de que

proceden. Así es en efecto. Las aguas termales, es decir, las calientes, se encuentran principalmente en los terrenos primordiales, ó en los de sedimento inferiores y medios, al paso que las de los terrenos superiores de sedimento, por ejemplo, los terciarios, son casi siempre frías.

En ciertos manantiales contienen las aguas pocas sustancias estrañas; en otros tienen en disolucion sales y gases que les comunican propiedades particulares, de lo que procede el nombre de *aguas minerales*. Estas al llegar á la superficie de la tierra, dejan, á veces, desprender una parte de los gases que contenian y que servian de disolvente de algunas sales, las cuales depoñiéndose entonces forman incrustaciones mas ó menos notables. Así es como cuerpos estraños sumergidos en el agua de ciertos manantiales se cubren de una capa pétrea cristalina que toma su forma y les da la apariencia de objetos petrificados.—Los cristales que tapizan el interior de muchas grutas y forman á veces columnas admirables por su belleza, dependen de un fenómeno que tiene relacion con el que acabamos de citar. Cuando el agua que se filtra lentamente al través de las rocas lleva sales en disolucion, al evaporarse parcialmente en la superficie de la gruta, depone cristales que constituyen las estalágtitas y las estalágmitas.

El travertino, de que tambien se hizo mencion al enumerar los terrenos de la formacion actual, se produce al parecer, bajo la influencia de alguna cosa análoga. Las materias calizas abandonadas por las aguas, se deponen y solidificándose

agregan los cuerpos organizados y la arena, y los envuelven como en una pasta.

Resúmen acerca de as revoluciones del globo.

§ 118. Pues que la forma de la tierra es con exactitud la que el cálculo asigna á una masa flúida animada de un movimiento de rotacion, hemos sacado esta consecuencia: nuestro globo se halló primitivamente en el estado flúido ó pastoso. La fluidéz primitiva de la tierra ha sido efecto de la fusion ígnea. A consecuencia del enfriamiento de la superficie, se ha consolidado una primera pelicula, que en seguida fué rota, dislocada y trastornada, ofreciendo todos los fenómenos análogos á los de un vasto deshielo en los mares congelados del polo. El agua se precipitó en seguida en las rocas cristalinas formadas desde el principio, luego dió nacimiento á numerosos depósitos sedimentarios, que por catástrofes sucesivas se han levantado, y cuyo órden de sobreposicion y edad relativa se ha estudiado ya.

Mientras la formacion de estos sedimentos de diversas épocas, aparece la creacion orgánica por periodos diversos, durante cada uno de los cuales la vida se manifiesta en seres particulares, que despues son destruidos por los trastornos geológicos. En el reino vegetal las criptógamas vasculares han aparecido desde el principio, casi, de las cosas, y adquirido un desarrollo que en el dia nos es desconocido: las fanerógamas gimnospermeas en la época del terreno de la ulla; las

monocotiledones no se desarrollan de un modo evidente hasta despues de la creta; y las dicotiledones aparecen mas tarde en medio de los terrenos terciarios.

Se creia en otro tiempo que la naturaleza creando los animales y las plantas, habia procedido siempre de lo simple á lo complecso, y que las especies que se han sucedido en las diversas épocas geológicas, presentaban una organizacion tanto mas perfecta, cuanto mas tardia era su aparicion en la sucesion de los tiempos. Verdad es que en los terrenos mas antiguos no se encuentran vestigios de las plantas ó de los animales mas perfectos, y qne hasta la época mas reciente, la potencia creatriz no ha presentado sus obras póstumas; mas parece que su marcha ascendente nunca ha sido regular. Asi es que los vegetales dicotiledones aparecen mucho antes que los monocotiledones, á pesar de ser estos inferiores, y desde los periodos mas remotos de la historia del globo, se encuentran ejemplos de cada uno de los grupos principales del reino zoológico. En los mares en que se depusieron los terrenos devonios, no solo vivian zoófitos y moluscos, sino tambien anulados y vertebrados. Los peces del periodo de la ulla presentan un desarrollo orgánico superior al de los peces actuales: los reptiles de los terrenos jurásicos estaban dotados de una estructura mas poderosa que los de nuestros dias. En el gres abigarrado se observan pisadas de aves de talla gigantesca; y entre los otros vertebrados solamente los mamíferos mas perfectos, son los que, segun parece, se han creado en época mas tardía. El

hombre data del periodo mas reciente; sus despojos no se hallan mas que en los aluviones depuestos tras la gran catástrofe á que se atribuye el levantamiento de los Alpes principales.

Se espanta la imaginacion cuando se discurre acerca de la inmensidad del tiempo que, sin duda, empleó la naturaleza para efectuar todos estos cambios, y elevar unas sobre otras las regiones gigantescas de rocas tan diversas; y cuando se observan esas creaciones completas de plantas y de animales que cubren y pueblan la superficie de la tierra y la inmensidad de las aguas; que desaparecen sin dejar para memoria de su ecsistencia mas que algunos restos mutilados y ceden el campo á una flora nueva y á una nueva fauna, destinadas á sufrir á su vez una suerte análoga, quedamos atónitos y nos preguntamos si el Autor de maravillas tan sorprendentes, reserva á nuestra actual tierra alguna catástrofe que señale el término de la tranquilidad que disfrutamos. Si interrogamos la série de perturbaciones que acabamos de estudiar, ellas se nos ofrecen como un mecanismo necesario de la vida del globo, sin que descubramos alguna ley que pueda asegurarnos una calma indefinida. Hemos visto suceder á débiles accidentes las catástrofes mas espantosas, y los terrenos interrumpidos mas ó menos bruscamente en su formacion. Nada nos anuncia por una parte que vaya debilitándose la energía de las fuerzas subterráneas, y por otra los terribles sacudimientos que hemos descrito, al esponer los fenómenos de que es teatro nuestro globo, prueban suficientemente que no son inmutables

os fundamentos de la tierra. La idea de un fin y la anecsa á una renovacion de cosas, se nos presenta, pues, como una consecuencia posible y natural de la historia pasada de nuestro planeta, y tiene acceso en las creencias y esperanzas religiosas de todos los pueblos, como el recuerdo del diluvio en sus tradiciones.

Notas de la Geología.

Primera.—Página 244. Las montañas mas notables por su elevacion son: el Monte-Blanco, que se eleva hasta 1810 metros sobre el nivel del mar; el Monte Perdido, que es uno de los picos mas elevados de los Pirinéos, hasta 3410; el Pico de Tenerife hasta 3710. En la América del Sur se conocen en la cordillera de la cadena de los Andes, montañas mucho mas altas; el Chimborazo en el Perú tiene 6530 metros, y el Nevado de Sorrata 7696; pero en Asia es donde se encuentran las montañas mas elevadas del mundo: uno de los picos de Himalaya en el Tibet es de 7821 metros.

Segunda.—Página 246. Quilómetro es una medida itineraria que equivale á 100 metros.

Tercera.—Página 255. El cambio que ha sobrevenido en la posicion de muchos pueblos de esta parte de la costa, procede de esta formacion de nuevas tierras á consecuencia del depósito de las materias acarreadas por el Ródano. Por esto la torre de Tignaux construida á la orilla del mar en 1737, y Nostre-Dame-des-Ports, que era un puerto de mar hácia el fin del siglo noveno, se encuentran hoy á media y á una legua de las aguas.

Cuarta.—Página 285. Sin razon algunos autores han creido hallar en estos hechos, sancionados por la geología, argumentos contra la historia de la creacion que Moisés nos ha trasmitido en las Escrituras Sagradas. Uno de los mas sábios geólogos de nuestros dias, el Dr. Buckland, ha manifestado que *nada* ecsiste en esta historia que no esté perfectamente de acuerdo con los descubrimientos de la ciencia, y que las dificultades que algunos han creido encontrar en ella dependen de haber interpretado malamente el testo bíblico. Recomendamos la lectura de la obra de Buckland intitulada: *De la Geológie et de la Mineralogie dans leurs raports avec la Théologie naturelle,* traducida al francés por Mr. Doyére.

Quinta.—Página 292. Algunos autores, entre ellos Mr. Constan Prevost, no usan la palabra *terreno* en este sentido; sino que la reservan para las porciones de la corteza terrestre que se han constituido en un mismo periodo geo-

lógico; y designan con la voz *formaciones*, las rocas, cualquiera que sea su naturaleza y edad, que han sido producidas por causas análogas ó distintas. Segun este sistema de nomenclatura fuera preciso decir *formacion plutónica ó neptuniana* y no emplear la denominacion *terreno*, mas que para designar el conjunto de formaciones, cuyo origen es sincrónico; pero los mas de los geólogos usan estas espresiones como sinónimas.

Sesta.—Página 304. Este grupo ha recibido el nombre de *Cambrio*, por adquirir un desarrollo considerable en el norte del pais de Galles denominado antiguamente *Cambria*.

Sétima.—Página 306. Se dá el nombre de *padrastro ó falla* á las hendiduras que interrumpen la continuidad de las capas, y resultan de un levantamiento desigual de estas mismas capas, las cuales no se conservan ya en el mismo nivél de los dos lados de la ruptura. *(v. l. 3, f. 1.)*

Octava.—Página 307. Así se ha denominado este grupo porque las rocas de que se compone pueden ser mejor estudiadas en la parte de Inglaterra y del pais de Galles que formaban el antiguo reino Británico de los *Siluros*.

Novena.—Página 307. Este terreno debe su nombre á Devonstiere condado meridional de Inglaterra donde es abundante.

Décima.—Página 313. Una caliza de esta especie que se halla en el pais situado entre el Escant y el Roër y que se prolonga desde Tournay hasta Aix-la-Chapelle, facilita muchas rocas empleadas como mármoles; tal es la de las inmediaciones de Mons, conocida en el comercio con el nombre de *granito pequeño*, que presenta un fondo negruzco, moteado de blanco, procedente de despojos de animales.

Undécima.—Página 316. Se dió este nombre al terreno de que tratamos, cuando se creyó que constituía en gran parte las montañas de los Alpes; mas hoy se sabe que la caliza de esta cordillera pertenece á una época geológica mas moderna.

Duodécima.—Página 320. La voz *Lias* es una palabra provincial inglesa, que se ha adoptado generalmente para designar esta formacion.

Décimatercia.—Página 321. Este grupo ha recibido el nombre con que se le conoce, porque en los lugares en que ha sido originariamente estudiado, las calizas presentaron la estructura oolítica, es decir, que son compuestos de una multitud de granitos parecidos á huevos de peces y provistos de un núcleo mas duro, en torno del cual se acumularon las capas de materia caliza.

Décimacuarta.—Página 326. El nombre de esta forma-

cion procede de Weald, con el cual se designan las diversas partes de los condados de Kent, de Surrey y de Sussex, en donde ha sido mejor estudiada.

Décimaquinta.—Pàgina 355. Para comprender mejor la teoria de los surtidores, ecsaminaremos el modo con que deben distribuirse las aguas en un pais constituido geológicamente, cual el representado en la figura 2 lámina 8.

La cuenca A está ocupada por capas mas ó menos gruesas de tierra vegetal, de arena de aluvion, y de otros terrenos (e) permeables al agua que descansan en una capa de marna (ff) que tapiza todo el fondo de la cuenca y permite el paso al agua. Es evidente que las aguas pluviales que se infiltran en el fondo de esta concha, deben atravesar las capas permeables (e) y descenderàn hasta hallar los lechos marnosos (ff); asi detenidas se acumularán en la gran estension tapizada por esta marna y se elevarán hasta haber alcanzado el nivél en que se les ofrecerà alguna via de desagüe. Este nivel está representado por la linea *oo;* y en los puntos en que el suelo desciende hasta debajo de este nivel, el agua así acumulada debe surgir y formar manantiales, mares ó estanques como en el punto *g*. Siempre que se abra un agujero bastante profundo para llegar hasta este mismo nivel, se hallarà tambien agua, como en los puntos *hp*, en que se abrieron pozos ordinarios.

Las aguas que caerán en la superficie de la concha B se distribuirán de un modo análogo; se infiltrarán en las capas permeables *g*, y seràn detenidas por la arcillosa *hh*, pero estas capas estàn inmergidas debajo de los terrenos de la primera concha *A*, de la cual estàn separadas por la impermeable *f*, de lo que resulta que debajo de esta capa ecsistirà un depósito de agua alimentado por la lluvia caida en la superficie de la concha *B*. Esta úttima cuenca es mas elevada que la primera, y en los pozos ordinarios que en ella se abren, el agua se sostiene à una altura mucho mas notable que en los pozos de la cuenca A; pero no puede surgir en esta última cuenca à causa de la capa impermeable *S* que se opone á su paso. Si ahora se abre un pozo artesiano en la concha A y despues de haber atravesado la capa impermeable (f) de que acabamos de tratar, llegamos al terreno g que contiene el agua procedente de la cuenca B (el pozo r p e), es evidente que luego se elevará el agua subterránea y se mantendrá allí en el mismo nivel que en los pozos ordinarios de esta última cuenca (como en el pozo u en que el agua llega a la altura de la línea v); y si este nivel es superior á la superficie del suelo en el punto en que se abrió el

pozo artesiano, el agua saltará á una altura mas ó menos considerable.

En efecto, entonces sucederá lo que cuando se abre la llave de un reservorio destinado á alimentar un surtidor. En el representado en la f. 1 el reservorio *R* comunica con dos tubos que despues de haber descendido muy bajo, se remontan á alturas diferentes; el tubo *a* traspasa el nivel (d) del agua del reservorio y por consiguiente el líquido se eleva hasta la misma altura *(e)*; el tubo *b* termina por el contrario mucho mas bajo, y luego que se le destapa el agua se escapa formando un chorro (f) cuya altura á poca diferencia es la misma que la del nivel del líquido en el reservorio; pero en el pozo artesiano de que acabamos de hablar, la cuenca B juega el mismo papel que el reservorio R; las capas permeables *g* representan el tubo *b*, y perforando la capa impermeable *f* y estableciendo una comunicacion entre estas capas aqüíferas *g* y la superficie del suelo de la concha A se hace lo mismo que cuando se abre el estremo del tubo *e* para soltar el agua.

Cuanto hemos dicho relativamente á la distribucion de las aguas pluviales de la cuenca B generalmente se aplica á las conchas C y D, de manera que debajo de la cascada de agua subterránea de que se acaba de tratar, se hallarian otras dos análogas: asi el pozo artesiano *s* daria paso al agua procedente de la cuenca *t*; y puesto que estas cuencas son mas elevadas que las primeras, estas aguas deberán saltar á una altura mayor que la del pozo *v*.

Perforando el pozo *t*, se llegará primeramente al agua que alimenta todos los pozos ordinarios de la cuenca A, mas luego que se ha atravesado la capa marnosa *f*, cabrá que el agujero se vuelva seco, pues el agua que llenaba su fondo, podrá entonces derramarse en la capa permeable *g;* pero luego se hallará la segunda agua procedente de la concha B, y entonces el agua se elevará mas en el agujero que nos proponemos abrir; mas lejos despues de haber atravesado la arcilla (h) se llegará á una tercera columna subterránea, y solo encontraremos el manantial buscado, cuando se haya atravesado la capa impermeable, y se haya llegado á la aqüífera k.

FIN DE LA GEOLOGIA.

ESPLICACION DE LAS LAMINAS.

LÁMINA PRIMERA.

Figura 1.ª Soplete: párrafo 32.—Fig. 2. Diversas partes de la llama de una vela: párr. 34.—Fig. 3. Llama de una bujía al centro de la cual se halla dirigido el pico del soplete: párr. 34.—Fig. 4. Pinza de platino con que se espone al dardo del soplete la pieza de ensayo: párr. 56.—Fig. 5. Cubo en que se halla comprendido un octaedro, dispuesto para demostrar las relaciones mútuas de estos dos sólidos y la posicion de sus ángulos y de sus caras relativamente á los tres ejes *m*, *n*, *l*.—Fig. 6 y 7. Goniómetro de aplicacion.—Fig. 6. Compas formado de dos *alidadas* (A y B) destinadas á medir el ángulo diedro del cristal *d*: párr. 58.—Fig. 7. medidor sobre el que se hallan aplicadas las alidadas, cuya abertura indica el valor del ángulo del cristal *d*, de la figura precedente: párr. 58.—Fig. 8. Goniómetro de reflecsion de M. Babinet.—Fig. 9. Figura destinada á demostrar la generacion del dodecaedro sobre el cubo por un *decrecimiento* de una hilera de moléculas en altura y otra en anchura, sobre cada cristal de este último sólido, es decir, paralelamente á cada una de estas aristas.—Fig. 10. Figura destinada á esplicar la disimetría aparente de los cristales de *Boracita* por la disposicion de moléculas tetráedreas sobre los ejes paralelos entre sí.—Fig. 11. cristal cúbico de la *Pirita amarilla*, en que se ven estrias paralelas á las aristas, y que pueden ser consideradas como índices de esfoliacion.—Fig. 12. Grupos ó pequeños cristales cúbicos esfoliables segun las caras de union: párr. 114.—Fig. 13. Grupo de cristales romboidales reunidos rectangularmen-

te en forma de cruz (Estrauroditas): párr. 114. (Véase nociones generales).

LÁMINA SEGUNDA.

Figuras de 1 á 28. Formas correspondientes al primer grupo cristalino.—Fig. 1. *Cubo*, forma típica del primer grupo cristalino: párr. 86.—Fig. 2 y 3. Figuras de tránsito conduciendo al octaedro (f. 4) por una truncadura en cada ángulo sólido del cubo.—Fig. 4. *Octaedro regular* párr. 87.—Fig. 5 y 6. Cubos truncados simétricamente en cada arista, conduciendo á la figura 7.—Fig. 7. *Dodecaedro romboidal*: párr. 90.—Fig. 8 y 9. Sólidos de tránsito conduciendo del octaedro (f. 4.) al dodecaedro romboidal por truncaduras en las doce aristas del primero, y recíprocamente, del dodecaedro romboidal (f. 7) al octaedro, por truncaduras simétricas en ciertos ángulos del primero: parr. 90.—Fig. 10. Cubo modificado en cada uno de los cuatro ángulos sólidos por tres truncaduras conduciendo á la figura siguiente:—Fig. 11. *Trapezoedro:* párr. 88.—Fig. 12. Octaedro modificado por un punteamiento cuádruplo en cada uno de sus ángulos sólidos, conduciendo al trapezoedro de la figura precedente.—Fig. 13. Octaedro modificado por dos truncaduras en cada una de sus aristas, conduciendo á la figura siguiente:—Fig. 14. *Octotriedro ú octaedro piramidal* parr. 88.—Fig. 15 *Hexaquistoctáedro* resultante de seis truncaduras en cada uno de los ángulos sólidos del cubo: párr. 89.—Fig. 16. *Octokishexaedro:* párr. 89.—Fig. 17. Cubo modificado por dos truncaduras en cada una de sus aristas, conduciendo á la figura siguiente:—Fig. 18. *Hexatetraedro ó cubo piramidal:* párr. 91.—Fig. 19. Figura de tránsito del octaedro (f. 4) al tetraedro regular de la figura siguiente.—Fig. 20. *Tetraedro regular:* parr. 92.—Fig. 21: Tetraedro modificado por una

truncadura en cada una de sus aristas, conduciendo á la figura siguiente:—Figura 22. Cubo disimétrico de la *boracita*, engendrado por la figura precedente: párr. 92 y 68.—Fig. 23. Figura teórica destinada á hacer comprender la naturaleza de la disimetría de la *pirita amarilla:* párr. 93.—Fig. 24. Cristal de la pirita engendrado por las modificaciones disimétricas en el cubo, como lo indica la figura precedente.—Fig. 25. *Dodecaedro pentagonal*: párr. 93. —Fig. 26. *Icosaedro:* párr. 93.—Fig. 27. Figura destinada á indicar las relaciones entre el dodecaedro pentagonal y el icosaedro.—Fig. 28. Figura destinada á patentizar las relaciones de tres sólidos regulares, (cubo, octaedro y tetraedro), que dominan todas las formas del primer grupo cristalino.—Fig. 29 y 30. Formas del segundo grupo cristalino.—Fig. 29. *Prisma recto de base cuadrada*, forma típica del segundo grupo cristalino: parr. 96.—Fig. 30. *Octaedro de base cuadrada*, engendrado por truncaduras en las aristas de las dos bases del prisma: párr. 97. —Fig. 31, 32 y 33. Formas del tercer grupo cristalino.—Fig. 31. *Prisma recto de base rectangular*, forma típica del tercer grupo cristalino: párr. 99.—Fig. 32. *Prisma recto de base romboidal*: párr. 100.—Fig. 33. *Octaedro de base rectangular*, producido por truncaduras en las dos especies de aristas de las bases del prisma recto rectangular: párr. 100.—Fig. 34, 35 y 36. Formas del cuarto grupo cristalino.— Fig. 34. *Romboedro*, forma típica del cuarto grupo cristalino: párr. 102.—Fig. 35. *Escalenoedro*, que resulta de truncaduras desigualmente inclinadas en las seis aristas laterales del romboedro: párr. 103. —Fig. 36. *Octaedro* producido por una truncadura en cada ángulo vértical del romboedro: párr. 103.—Fig. de 37 á 40. Formas del quinto grupo cristalino.—Fig. 37. *Prisma oblícuo romboidal*, forma típica del quinto grupo cristalino: párr. 105.—Fig.

38. *Prisma oblicuo rectangular*, producido por truncaduras en las aristas del prisma romboidal: párr. 106.—Fig. 39. *Prisma de seis caras simétricas*, que resulta de truncaduras que afectan solamente las aristas verticales de una misma especie en el prisma romboidal: párr. 106.—Fig. 40. *Octaedro escaleno de base romboidal:* párr. 106.—Fig. 41 y 42. Formas del sesto grupo cristalino.—Fig. 41. *Prisma oblicuo de base de paralelogramo oblicuángulo*, forma típica del sesto grupo cristalino: párr. 108.—Fig. 42. Cristal de *axinita*, resultante de modificaciones simultáneas en varias partes del prisma precedente: párr. 109.—Fig. 43. Dos placas de turmalina cruzadas en ángulo recto, siendo el espacio comprendido entre ellas completamente oscuro: párr. 137.=Fig. 44, Anillo circular colorado de una sustancia de un eje, atravesado por una cruz negra, párr. 138.—Fig. 45. Anillo colorado elíptico de una sustancia de dos ejes, atravesado únicamente por una faja negra: párr. 138.—Fig. 46. Pinza de placas de turmalina destinada á observar los fenómenos de polarizacion: párr. 138. (Véase nociones generales).

LÁMINA TERCERA.

Figura 1.ª Corte teórico de la estructura de la cortezа del globo.—*aa*, terreno granítico primordial.—*bb*, gneis.—*cc*, micasquisto.—*dd*, caliza primitiva.—*ee*, esquisto arcilloso.—*gg*, terrenos de transicion, esquistos, calizas, etc.—*hh*, gres rojo antiguo y caliza carbonífera.—*ii*, terreno de la ulla.—*jj*, gres rojo moderno.—*kk*, caliza alpina.—*ll*, gres de los vosges.—*mm*, gres abigarrado.—*nn*, caliza conchífera.—*oo*, marnas irisadas.—*pp*, lias.—*qq*, oolita.—*rr*, creta cloritea ó gres verde. etc.—*ss*, creta superior.—*tt*, terreno terciario del piso inferior, arcilla plástica, caliza grosera, yeso.—*uu*, terreno terciario del

piso medio.—*vv, xx*, terreno terciario del piso superior.—*yy*, terreno moderno de aluvion.—*y*, terreno moderno concrecionado (travertino, etc.).-*z*, terreno moderno madrepórico formado por poliperos. (Islas de coral).—*A*, terreno granítico desparramado despues de la formacion de los terrenos de transicion.—*B*, pórfido desparramado sobre los terrenos primitivos, de transicion y de ulla.—*C*, serpentinas, sienitas y otras rocas granitoideas.—*D*, basalto derramado en diversas épocas sobre los terrenos primitivos, saliferos, jurásicos, cretáceos y aun terciarios,—*E*, lava de volcanes estinguidos.—*F*, lava y cenizas de volcanes modernos.—*G*, el mar.—*H, H, H*, filones metálicos.—*I, I, I, falla*.—Fig. 2. Corte geológico de la cuenca de Paris siguiendo las orillas del Sena desde Moret hasta Mortes, segun M. C. Prevost.

LÁMINA CUARTA.

Corte geológico de los alrededores de Paris.

LÁMINA QUINTA.

Fig. 1. Córte geológico de los terrenos del nordeste de Francia desde Paris hasta los Vosges.—1, terrenos terciarios.—2, creta superior.—3, creta cloritea.—4, region oolítica superior.—5, region oolítica media.—6, region oolítica inferior.—7, lias.—8, marnas irisadas.—9, caliza conchífera.—10, gres abigarrado.—11, gres vosgio moderno.—12, gres rojo moderno.—13, terrenos de transicion.—Fig. 2. Corte geológico de los terrenos del sudoeste de Francia entre los Pirineos y las montañas antiguas de la Vendée.—Fig. 3, Corte geológico de las cercanias de Burdeos desde Saint-Emilion hasta el mar.

LÁMINA SESTA.

Figura 1. Corte geológico de los acantilados cercanos al Havre.—1, creta superior.—2, creta clo-

ritea.—3, marnas azules, etc.—4, terreno oolítico (caliza de Portland).—5, caliza de poliperos (oolítica). Fig. 2, corte de la montaña Santa Catalina cerca de Rouen.—1, terreno de trasporte.—2, creta blanca con silex.—3, creta blanca compacta sin silex.—4, creta de venas grises.—5, capa que contiene escafitos y turrulitas.—6, creta arenosa de puntos verdes.—7, bandas de silex.—8, creta cloritea.—9, marna azul.—Fig. 3, corte geológico del calvados desde Condé-sur-Noireau hasta el mar.—1, esquisto de transicion, etc.--2, rocas porfíricas.-3, caliza de transicion.--4, gres rojo antiguo.--5, oolita.--Fig. 4, corte del mismo pais, desde Saint-Ló hasta Lizieux, 1, esquisto, etc.--2, cuarzo.-3, gres rojo moderno.—4, lias.-5, caliza oolítica.--6, caliza oolítica ó gres verde.--7, creta.

LÁMINA SETIMA.

Animales fósiles.-Fig. 1. Trilobita.-Fig. 2. Polípero de la familia de las astreas.-Fig. 3. Concha de ammonitas.-Fig. 4. Concha del género Espirífera.—Fig. 5. Concha del género terebrátula. Fig. 6. Pez sauroide del género Amblipterus. Fig. 7. Pez del género cestracion. Fig. 8. Esquino. Fig. 9. Encrina. *d*, un individuo con los tentáculos desplegados. *b*, otro con los tentáculos aprocsimados. Fig. 10. Plesiosauro. Fig. 11. Ichthyosauro. Fig. 12. Pterodátila. Fig. 13. Paleotherium. Fig. 14. Anoploterium. Fig. 15. Cabeza del Dinotherium. Fig. 16. Ave de la familia de las Zancudas. Fig. 17. Tortuga de agua dulce. Fig. 18. Concha del género cerita. Fig. 19. Concha del género Planorba.

LÁMINA OCTAVA.

Fig. 1. Aparato hidráulico cuyo juego es anàlogo al de los surtidores. Fig. 2. Corte geológico que sirve para esplicar la teoria de los pozos artesianos.

ÍNDICE.

MINERALOGIA.

NOCIONES GENERALES, . 8
Definicion, , , , , 8
Caractéres de los cuerpos brutos, , 8
Objeto de la mineralogia, , , , , , 9
Utilidad de la mineralogia, , , , , 10

NATURALEZA DE LOS CUERPOS BRUTOS:

COMPOSICION QUÍMICA, , 11
Cuerpos simples, , 12
— compuestos, , 17
Compuestos binarios, , , , , , , 17
Compuestos ternarios, , , , , , , 18
Compuestos cuaternarios, quinarios etc., , , , , , , 20
Cuerpos electro-positivos y electro-negativos, , , , 24

LEYES DE COMBINACION.

ANÁLISIS, , , , , , 27
Leyes de las proporciones definidas y de las proporciones múltiplas, , , , , , , 28
Leyes de los equivalentes, , , , , 36
TEORIA ATÓMICA, , , , 40
Notacion química y mineralógica, Fórmulas, , , , 43

CARACTERES QUÍMICOS.

ENSAYOS, , , , , , , 48
— por el fuego, , 50
Uso del soplete, , 51
Ensayo por el agua, 58
Ensayos por los ácidos, , , , , , , 58
Ensayos por los álcalis, , , , , , 59

CARACTERES FISICOS DE LOS MINERALES. 59

FORMAS, , , , , , , , , 60
Formas regulares: Cristales, , , , , 61
Cristalizacion , , , 63
Cristalografía, , , , 71
Medida de los ángulos: Goniómetro, , , , , , , , 73
Clivaje ó esfoliacion 77
Forma primitiva: núcleo central: forma secundaria 79
Molécula integrante: descrecimientos: modificaciones, , , , , , , 81
Ley de simetría:

escepciones aparentes, , , , , , 84
Sistema cristalino: tipo cristalino: variacion de formas, , , , , , , 89
Causas de las variaciones de formas en un mismo sistema cristalino. 92
Relaciones entre la forma cristalina y la composicion química, isomorfismo. Dimorfismo, , , , , , , 93
Grupos cristalinos. 98
Estudio general y comparado de los seis grupos cristalinos, , , , , , 101
Primer grupo cristalino, , , , , , 104
Segundo — 112
Tercero — 113
Cuarto — 115
Quinto — 117
Sesto — 119
Deformacion y obliteracion de los cristales, , , , , 120
Agrupamiento de los cristales, , , , , 122
Formas accidentales. 125
ESTRUCTURA, , , , , , 130
PROPIEDADES ÓPTICAS. 136
PROPIEDADES ELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS, , 148
PESO ESPECÍFICO, , , , 151
RESISTENCIA Á LOS AGENTES MECÁNICOS, , , 152
Propiedades debidas al calórico. 156
Propiedades Organolépticas, , , , 157
Deliquescencia. — Eflorescencia, , 159
Clasificacion de los Minerales, , , , 160
Clasificacion de Dufrenoy, , , , , , 166
DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES MINERALES, , , , , , , 169
Clase primera, , 169
— Segunda, , 186
— Tercera, , 187
— Cuarta, , , 195
— Quinta, , , 209
— Sesta, , , , 221
CLASIFICACION DE BEUDANT, , , , , , , , 224
Clase primera, , 225
— Segunda, , 226
— Tercera, , 226
— Cuarta, , , 226
— Quinta, , , 228
— Sesta, , , 229
— Sétima, , , 230
— Octava, , , 231
Notas, , , , , , , 233

GEOLOGIA.

NOCIONES GENERALES SOBRE LA CORTEZA SÓLIDA DEL GLOBO. 243
FENÓMENOS GEOLÓGICOS DE LA ÉPOCA ACTUAL. 251
Efectos producidos por las aguas, , 252
Ventisqueros, , , , 259
Terremotos, , , , 262
Levantamientos, y hundimientos, . 263
Volcanes, , , , , , 266
Productos volcánicos, , , , , , , 269
Lavas , , , , , , , , 269
Volcanes estinguidos, , , , , , , 275
Salsas.-Fumarolas.-Geyser, , , , , 275
Solfataras, , , , , 276
Volcanes sub-marinos, , , , , , , 276
COMPOSICION DE LA CORTEZA TERRESTRE. . 278
Terrenos de sedimento, , , , , , 279
Fósiles, , , , , , , 282
Naturaleza de los depósitos de sedimento, , , , , , 286
Terrenos de cristalizacion, , , , , 287
Metamorfismo, , , 288
Rocas cristalinas, , 291
CLASIFICACION DE LOS TERRENOS DE SEDIMENTO. 291
Tabla general de las formaciones. 297
Terrenos graníticos, , , , , , , 300
Terrenos de transicion, , , , , , , , 304
— inferior, , 304
Levantamiento 1.° 307
Terrenos de transicion medio y superior, , , , , , 307
Levantamiento 2.° 311
Terreno de Ulla, , 312
Levantamiento 3.° 315
Terrenos secundarios. — Terreno Péneo, , , , , , 315
Levantamiento 4.° 317
Gres vosgio, , , , 317
Levantamiento 5.° 317
Terreno de Trias. 318
Levantamiento 6.° 319
Terrenos Jurásicos. 320
Levantamiento 7.° 324
Terrenos cretáceos 324
Levantamiento 8.° 328
Levantamienio 9.° 329
Terrenos Terciarios, , , , , , , 330
Levantamiento 10. 332
Terrenos de molasa 333
Levantamiento 11. 334
Terrenos subapeni-

nos, , , , , , , 335
Levantamiento 12. 336
Aluviones, , , , , 337
Levantamiento 13, 341
Formaciones madrepóricas, , , , , 342
Observaciones sobre la clasificacion de los terrenos, , , , , , 342
Minas, , , , , , , 347
Depósitos metalíferos, , , , , , , 348
Piedras preciosas. 352
Fuentes y pozos artesianos, , , , , 353
Resumen acerca de las revoluciones del globo, , , , 357
Notas, , , , , , , , 361
Esplicacion de las láminas, , , , , 365

ERRATAS.

DE LA MINERALOGIA.

Pág.	Lín.	Dice.	Léase.
16	8	cuarenta	cuarenta y dos
56	12	en grado	el grado
62	10	estudio.	estudio;
		Lilse	Lisle
97	17	Arragonito	Aragonita
120	18	reformado	deformado
128	2	almendras	almendros
129	3	conchos	conchas.
132	5	11	2.°
139	25	el argiroso	la argirosa
142	1	polarizapa	polarizada
147	17	Albastro	Alabastro
152	1	Becudant	Beudant
153	15	y no es	y este no es
165	5	que respecto	respecto
170	12	(H C).	(H C);
175	27	borácido	borácico
186	22	(CK Àz)	(CK Az)
189	29	Olítica,	oolítica
197	32	(Fe ó Fe).	(*Fe* ó Fe).
208	2	Ungaia	Ungría
210	28	taleo	talco
213	5	isoformos,	isomorfos,
215	20	Aguas maima,	verde mar,
218	30	Ma f)'	Ma, f
220	28	isoformos,	isomorfos,

Pág.	Lín.	Dice.	Léase.
255	12		(nota 3.ª).
260	9	otra	obra
262	3	observado	observando
276	33	furiosos.	sulfurosos.
284	8		§ 37.
288	23	carbonizados;	carbonizado;
295	9	que una	que en una
304	17	(not. 5.ª)	(n. 6.ª)
—	—	superior	inferior
306	8	(not. 17)	(not. 7)
307	9	Pontioy	Pontivy
—	11	Forer	Forez,
—	12	negro,	Negro,
—	15	y de la meseta	de la meseta
310	2	calinas	calizas
—	24	Chatelanon,	Chatelaison,
313	3	ordodrátitas,	ortoceratitas,
—	4	tribolitas	trilobitas
316	7	totteliegende,	todte liegende,
320	28	prenseta	presenta
321	17	(n. 10.)	(n. 13.)
326	28	(not. 11)	(not. 14.)
346	33	lámina	lámina 4
357	3	as	las
360	1	os	los
361	9	Sorrata	Sorata
—	19	Nostre-Dame	Notre-Dame
365	31	Grupos ó	Grupos de
366	1	(Estrauroditas)	(Estauródita)
—	27	Hexaquistoctáedro	Hexaquisoctaedro