



MINERALOGIA.

NOCIONES PRELIMINARES.

La Mineralogía es la ciencia ó parte de la Historia Natural que se ocupa en reconocer, denominar, clasificar y describir los minerales, ya considerándolos como seres aislados unos de otros, ya estudiando las masas resultantes de su union, su estructura y su posición en el globo. La denominación de minerales no debe sin embargo hacer excluir como se ha creído frecuentemente los líquidos y fluidos aeriformes que se hallan naturalmente en la superficie de la tierra porque si el nombre de minerales no parece que les conviene mucho, no dejan de ser cuerpos brutos y no pueden ser comprendidos entre los que se consideran formados por medio de las fuerzas vitales.

Los cuerpos que son objeto de las investigaciones del mineralogista, pueden ser considerados bajo dos aspectos diferentes que constituyen dos ramas distintas en la ciencia. La una tiene por objeto estudiar las especies individualmente en su estado perfecto, en sus variaciones y sus alteraciones; establecer los caracteres que los distinguen, y pueden servir para hacerlos conocer, y clasificarlos de la manera mas conforme á las analogías que se descubren por el conocimiento de sus propiedades. Esta es la *mineralogía* propiamente dicha; pero para terminar la historia de cada especie, conviene además dar á conocer su manera de existir en el seno de la tierra y sus asociaciones naturales, aunque estas consideraciones pertenecen mas bien á la division siguiente, y en fin, es importante dar algunas ideas generales de los diferentes géneros de utilidad que estas sustancias pueden tener.

En la otra parte que se designa con el nombre de Geología ó Geognosia, se consideran los cuerpos brutos bajo aspectos mas generales. No se examinan las propiedades individuales de las especies; pero se considera el papel que desempeñan en la naturaleza; se estudian las grandes masas que constituyen la super-

ficie del globo, su elevacion, su forma exterior, sus roturas y las degradaciones que han experimentado, su estructura interior, su composición, las relaciones de posición que afectan unas respecto á otras, y las de las diferentes capas de que suelen estar formadas; todo lo que se refiere á los fenómenos volcánicos, á los temblores de tierra, al calor interior del globo, etc., es tambien del dominio de esta parte de las ciencias naturales. Pero cualquiera que sea la extension de los objetos de que se ocupa, cualquiera que sean las consideraciones á que se eleve, la geología actual no presenta sino hechos positivos procurando solo clasificarlos en el orden de sus relaciones naturales y sacando de ellos consecuencias inmediatas.

Con arreglo á las definiciones que hemos dado, es necesariamente el estudio de la mineralogía propiamente dicha, el primero que se debe hacer. En efecto, no podrian emprenderse ventajosamente la mayor parte de las investigaciones que son objeto de la geología, sin haberse previamente familiarizado con las especies minerales para poder reconocerlas en todos los casos á pesar de las numerosas variaciones de que son susceptibles, de otro modo se correria el riesgo de cometer una multitud de errores, tanto mas fáciles cuanto que en las grandes masas que constituyen la superficie del globo, los caracteres ordinarios de las sustancias pueden hallarse disfrazados, modificados por una multitud de circunstancias. Vamos pues á ocuparnos especialmente de los cuerpos brutos considerándolos bajo el punto de vista que forma el objeto de la mineralogía; pero antes de empezar el estudio especial de cada uno de ellos, debemos considerar de una manera general sus propiedades físicas y químicas á fin de deducir los caracteres propios para hacerlos distinguir unos de otros, y establecer las analogías ó las diferencias que conducen á la clasificación. Tambien debemos presentar generalidades acerca de

su manera de existir en el seno de la tierra, lo cual se llama su nacimiento, así como de su formación, sus alteraciones, etc. Estas observaciones generales constituyen lo que se puede llamar la parte filosófica de la ciencia que cada cual puede aprender sin entregarse por esto al estudio especial de los minerales. Añadien-

do á estas generalidades algunos detalles sobre las materias principales, que son aplicables á las artes y usos de la vida, se tendrá todo lo que es esencial retener para recreo y utilidad en cualquier posición que se ocupe.

PARTE PRIMERA.

Estudio de las propiedades físicas de los minerales.

Bajo el nombre de propiedades físicas ó caracteres físicos de los minerales, se puede comprender: 1.º Las formas que pueden ser regulares ó irregulares, depender de la naturaleza de los cuerpos ó ser accidentales; 2.º Las estructuras que se hallan en el mismo caso que las formas; 3.º Las propiedades ópticas de las cuales unas son propias á los cuerpos, y otras dependen de la acción molecular ó de circunstancias extrañas; 4.º La fosforescencia; 5.º El peso específico; 6.º La elasticidad; 7.º Las propiedades eléctricas y magnéticas; 8.º La mayor ó menor resistencia á las acciones mecánicas que constituyen la dureza, la tenacidad, la flexibilidad, la ductilidad; 9.º La acción sobre el tacto que comprende la mayor ó menor suavidad ó sequedad de los cuerpos, su facultad conductora para el calor; 10.º El olor; 11.º El sabor; 12.º La facultad de absorber ó desprender la humedad que ofrece la adherencia á la lengua, la deliquescencia ó licuación en el agua tomada del aire húmedo, y la eflorescencia ó reducción á polvo por la exposición al aire.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA FORMA DE LOS MINERALES.

La terminación de las superficies, y mejor el modo de terminar las superficies de un mineral, se llama forma del mineral. Como estas formas pueden ser tan variadas y diversas, hay necesidad de ordenarlas ó clasificarlas, y así en efecto se ha hecho por los autores aunque de modos muy distintos. Entre ellos Werner las clasificó en indeterminadas, determinadas, regulares y heterogéneas. Llamaba indeterminadas las que no tienen semejanza con cuerpo alguno; determinadas ó imitativas las que se parecen á cuerpos conocidos: regulares las que constan de planos y ángulos, y finalmente, heterogéneas las tomadas de cuerpos orgánicos. Esta división puede sustituirse por la que hace M. Beudant de formas regulares, irregulares y heterogéneas, que algunos impropriadamente denominan pseudo-mórficas.

Las formas regulares ó geométricas reciben el nombre de cristales. Sus partes son caras ó planos, aristas ó ángulos diedros y esquinas ó ángulos sólidos. Toman los minerales formas cristalinas, ya en virtud de la disolución como sucede en el alumbre, ya por la fusión como en el azufre, y también á veces por la volatilización como se verifica en el arsénico. Varias circunstancias, cuales son el espacio, tiempo y reposo, contribuyen al buen éxito de este acto, en que las moléculas minerales tienden á reunirse afectando formas geométricas. Ha sido denominado cristalización, y frecuentemente se usa esta palabra como sinónima de cristal; pero bueno será no confundir jamás la causa con el efecto.

Romé de Lisle hizo ver por primera vez, que el

valor de los ángulos diedros de los cristales era constante y trató de medirlos. Haiy le secundó y se valió de instrumentos á propósito llamados goniómetros, esto es, medidores de ángulos. Dividense en de aplicación y de reflexión. El mas usado es el de aplicación ó de Carangeot, reformado despues por Haiy. Consiste en dos láminas de acero cruzadas y móviles á beneficio de un tornillo colocado en el punto de intersección. Cuando se quiere hacer uso de este instrumento, se aplican las dos láminas sobre los planos cuya inclinación se pretende medir, procurando al mismo tiempo que la coincidencia sea exacta. Convencidos de ella, se trasladan al semi-círculo graduado que es otra pieza del instrumento, las láminas ya sujetas por el tornillo. Colócanse en el centro del diámetro fijo del semi-círculo, de modo, que una coincida por su extremidad mas larga con la división 0º, y la otra marque por dentro los grados y minutos del ángulo medido. Este modo de valuar los ángulos diedros solo sirve para hacerlo aproximadamente, y por esto en el día se usan los goniómetros de reflexión llamados de Babinet y de Wollaston que determinan con bastante exactitud la inclinación de las caras de un cristal si estas son lustrosas ó brillantes.

Prodigioso es el número de formas regulares que se observa en los seres del reino inorgánico; pero sin establecer ciertos principios generales, no es fácil el estudio de cuantas teorías se han propuesto para explicar esta parte de la Mineralogía, llamada *Cristalografía*, voz que significa descripción de cristales. Según M. Beudant, todos los cristales se reducen á seis grupos ó sistemas perfectamente distintos, pudiendo considerarse las formas que corresponden á cualquiera de ellos procedentes de una sola. En cada grupo hay una forma que se llama tipo, de la cual se derivan todas las demás. Los seis grupos se denominan; cúbico, prismático cuadrado, prismático recto rectangular ó romboidal, prismático oblicuo rectangular ó romboidal, prismático romboidal oblicuo, y romboédrico, ó bien se distinguen con los números 1.º, 2.º, 3.º, etc., según el orden en que acabamos de citarlos.

Se explica el tránsito de unos cristales á otros en cada grupo, mediante la consideración de unos planos mas pequeños que los ordinarios y llamados *facetas*. Las formas regulares en que no se encuentran facetas ó caras pequeñas, reciben el nombre de primitivas, al contrario de las otras que se llaman secundarias ó modificadas.

La observación detenida ha justificado, que las alteraciones de los cristales están sujetas á leyes mas ó menos constantes. Fundados los autores en este principio, establecen la proposición siguiente como base fundamental de las modificaciones que sufren las formas regulares. Dice así la proposición: las partes de una misma especie en todos los cristales, se hallan modificadas del mismo modo, y las partes de diversas

especie se hallan modificadas de distinto modo. Necesario será explicar que se entiende por caras, aristas y esquinas de la misma especie, pues de lo contrario no podría comprenderse el teorema enunciado, base de la cristalografía actual. Se dice de una cara que es de la misma especie que otra, cuando es igual á ella y tiene la misma posición relativa. Se dice lo mismo de una arista cuando se halla en la intersección de planos de la misma especie, y tienen los de la una la misma inclinación respecto de los de la otra. Por último, se llaman esquinas de la misma especie, cuando los ángulos diedros de que se componen son iguales entre sí.

Las formas tipos en los seis grupos anteriormente expuestos, son: en el 1.º, el octaedro de triángulos equiláteros y el cubo; en el 2.º, el octaedro de triángulos isósceles y el paralelepípedo de planos laterales rectangulares; en el 3.º, el octaedro de base rectangular ó romboidal y el paralelepípedo de base rectangular ó romboidal, siendo unos y otros verticales ú horizontales; en el 4.º, octaedros y paralelepípedos oblicuos, ya de base rectangular, ya de romboidal; en el 5.º el paralelepípedo oblicuo de bases paralelogramas oblicuángulos, no habiéndose observado hasta ahora octaedro, y en el 6.º, el romboedro y el prisma exágono regular.

Conocida en resumen la teoría cristalográfica de Beudant, expondremos también las de Werner y Haiy. Divide el primero todas las formas regulares en primitivas y secundarias. Llama primitivas á las siete siguientes: prisma, tabla, cubo, pirámide, octaedro, dodecaedro ó icosaedro; sólidos todos descritos en la Geometría, excepto la tabla, que es, según él, un prisma rebajado ó de menor altura que los ordinarios. Cuantas formas no sean las citadas, se llaman secundarias ó alteradas, por creer se han formado en virtud de tres alteraciones, que dice pueden sufrir las formas primitivas. Llámase estas alteraciones truncamiento, biselamiento y apuntamiento. Consiste el truncamiento en la sustitución de un plano á una arista ó esquina; el biselamiento se verifica, siempre que á un plano ó arista se sustituyen dos caras unidas en un ángulo mas ó menos agudo, y por último, cuando á un plano ó arista se substituyen por lo menos tres planos reunidos, se efectúa el apuntamiento. Haiy divide también las formas regulares en primitivas y secundarias, entendiendo por primitivas los núcleos de los cristales, y por secundarias los cristales mismos. Fúndase dicha división, en que habiendo logrado este célebre autor, por medio de una paciencia admirable, levantar diversas capas en los cristales, observó que muchas veces existía en el interior una forma muy distinta de la que aparecía en el cristal examinado. Reduce á tres tan solo las formas de los núcleos, á saber: tetraedros, prismas triangulares y paralelepípedos. Partiendo de este principio ha demostrado con bastante exactitud y por medio de una teoría llamada de decrecimientos, los cambios que un mineral puede sufrir en sus formas cristalinas.

El exámen repetido de los cristales hizo ver que las formas regulares del primer grupo eran en un todo iguales en los minerales que las presentaban. Así, un cubo de piritas de hierro en nada se distingue de un cubo de sal común y de otro de galena. Este fenómeno, estudiado en el sistema cúbico por primera vez, se verifica del mismo modo en los demás, y se llama isomorfismo, mientras que se entiende por dimorfismo la propiedad que algunos minerales de la misma especie ó naturaleza química presentan, de cristalizar en formas pertenecientes á distintos sistemas. Se observó esta última propiedad en el carbonato de cal, que cristaliza en el sistema romboédrico y en el prismático recto rectangular. Algunos atribuyeron esta diferencia á la composición química, suscitándose con tal motivo cuestiones muy debatidas. Se admite

en la actualidad, que el dimorfismo depende de las circunstancias, en que se verifica la cristalización. Así el azufre disuelto en el sulfuro de carbono cristaliza por la evaporación en octaedros romboidales, y por la infusión en el sistema prismático romboidal oblicuo. El cobre fundido cristaliza en el sistema rectangular, y el precipitado por solución sobre una lámina de hierro en el sistema cúbico.

A veces se presentan en los cristales ángulos mas ó menos entrantes, que se cree resultan de la inversión de sus dos mitades, dando una media vuelta sobre el eje, ó un sexto de vuelta. El ángulo formado en el primer caso se llama *hemitropia*, palabra que significa mitad de conversión, y el formado en el segundo, *trasposición*. Así se explica la escotadura que presenta una variedad de yeso, denominada en *flecha*, la cual se supone procede de un prisma rectangular oblicuo, cuyas dos mitades, hecha la sección por la diagonal mas larga que en él se pueda tirar y colocadas en sentido inverso, constituyen una grande falta de sustancia, que se asemeja á una flecha. Sucede con frecuencia que los cristales se cruzan, y entonces las formas resultantes se llaman *maclas*.

No siempre se encuentran los cristales aislados ó sueltos, y si están muchas veces confundidos unos con otros, ya regular, ya irregularmente. Cuando se unen con regularidad, constituyen cristales de la misma ó distinta forma aunque mayores. Si lo verifican irregularmente, las combinaciones producidas son en diverso grado caprichosas y variadas. Ya se juntan en todas direcciones, formando masas redondeadas con la superficie terminada por las aristas y esquinas de cada cristal, ya representan plantas ramificadas, salientes algun tanto de la superficie, llamadas *dendritas*, y ya por último estas dendritas, cuyo origen es debido á cristales muy finos, se colocan alrededor de un eje dividido en ramas algun tanto redondeadas, resultando de aquí la configuración llamada *coraloides*.

Pasemos ahora á ocuparnos de las formas irregulares.

Cuantas formas no geométricas presentan los minerales, se llaman irregulares. Entre ellas las mas notables son las siguientes: 1.º las geodas, formas mas ó menos redondeadas que presentan una cavidad interior, tapizada á veces por cristales; 2.º las estalactitas y las estalagmitas, formas mas ó menos prolongadas y cónicas, constituidas generalmente por el carbonato de cal, y adheridas á la parte superior é inferior de los subterráneos, teniendo las estalactitas una base mas pequeña que las estalagmitas, por hallarse estas en el suelo de las grutas; 3.º las formas por retracción, procedentes del infiltramiento de un mineral disuelto en las grietas mas ó menos poliédricas de los terrenos arcillosos, húmedos y desecados lentamente. Parece á veces estas formas á las que afecta un panal de cera, y reciben, cuando sus huecos están llenos, el nombre de *Lodus Helmontii*; 4.º los cantos rodados, formas angulosas en su origen y despues mas ó menos esferoidales á causa del roce que han sufrido pasando por diversos terrenos. Cuando son sumamente pequeñas reciben el nombre de granos. De lo dicho se infiere que los cantos rodados y los granos se encuentran en los terrenos llamados *acarreo*, por haber sido arrastrados por las aguas procedentes de las montañas, cuya parte elevada formaban, á las llanuras mas distantes de estas. Un ejemplo tenemos en los guijos y arenas, que se encuentran en las aguas de los rios.

Réstanos hablar de otra clase de formas que no pertenecen al reino inorgánico y sin embargo se estudian en él. Estas son las llamadas *heterogéneas*, denominación que expresa su verdadera cualidad, á saber: la de reconocer un origen distinto, pues son los fósiles. Dividense estas formas en *incrustaciones*, *molde*

y petrificaciones. Cuando las aguas llevan en disolución materias cargadas de carbonato de cal, depositan en su tránsito por diversos puntos una capa mas ó menos gruesa y sólida sobre los vegetales, animales y minerales. De aquí resulta muchas veces una forma, que no puede incluirse en las enunciadas hasta ahora por ser del reino orgánico, y que únicamente se estudia en este punto por la capa ó costra mineral que hace desconocer al pronto su origen. Con mas frecuencia se verifica en los seres orgánicos, pues aunque en los minerales se observan tambien incrustaciones, su estudio se limita á las sustancias de que se componen. Por esto debieran llamarse *formas por incrustacion* y no incrustaciones, pues tal palabra solo da idea de no estudiarse la forma que se presenta, y si la materia que constituye la capa externa.

Muchas veces hay formas minerales exactamente semejantes á una concha ó caracol, y no reconocen por origen mas que la introduccion en sus cavidades de una materia mineral líquida, que por consiguiente tomó la forma del hueco en que se vació, llamándose por esta razon *moldes*.

A veces tambien las moléculas orgánicas son sustituidas totalmente en una concha, hueso, madera, etc., por moléculas inorgánicas. En este caso presentan la forma que les es característica á mas de su tejido ó estructura, en términos, que una madera podemos creer se encuentra en su estado natural. Estas son las verdaderas *petrificaciones*, nombre que debe solamente aplicarse á este caso, y no al en que se presentan seres orgánicos sin convertir todavía en minerales, aunque de aspecto distinto que los de su especie, por haber perdido las partes volátiles. Sucede esto con frecuencia en los huesos y conchas que se presentan de color blanco, del mismo modo que si hubiesen sufrido una alta temperatura, por lo cual los autores antiguos los distinguieron con el nombre de *cuerpos calcinados*.

Cuanto hemos expuesto acerca de las formas, basta para comprender perfectamente la marcha de la ciencia.

CAPITULO II.

DE LA ESTRUCTURA.

Con esta palabra se designa la forma interior de los minerales. Se divide en regular é irregular. La regular se presenta al romper algunos cristales, pues cada fragmento es tambien un pequeño cristal, y aun sus partículas vistas al microscopio son figuras terminadas con regularidad. Se puede observar esta propiedad en la *sal comun*, cuyos fragmentos siempre presentan la forma cúbica, y en el *topacio*, que los presenta romboidales. Se ve la estructura irregular en aquellos minerales, que partidos no dan siempre fragmentos de forma variable, como sucede en la *esmeralda*.

Comunmente se designa la estructura irregular con el nombre de *testura*.

Las divisiones naturales de los minerales se han llamado *crucero* ó *tránsito de hojas*, aunque mas frecuentemente se designan con esta voz las diversas direcciones en que están colocadas sus moléculas, diciéndose en tal sentido *crucero doble*, *triple*, *cuádruple*, etc.

La estructura irregular puede presentarse modificada de varios modos, y de aquí su division en *escamosa*, *granosa*, *dentrifica*, *fibrosa*, *hojosa* ó *apizarrada* y *compacta*. Llámase *escamosa* la compuesta de pequeñas hojuelas colocadas en distintas direcciones; ejemplo: *mármol estatuario*: granosa la que consta de granos, ya gruesos, ya finos: *dentrifica* la que presenta bastante semejanza con formas de vegetales; ejemplo: *bismuto*: fibrosa la resultante de la agregacion de cristales mas ó menos delgados unidos por sus planos laterales, ó sea en el sentido de su

longitud; ejemplo: *yesso*, *amianta*: hojosa ó apizarrada la constituida por láminas colocadas unas sobre otras; ejemplo: *pizarras*, y por último, *compacta* la que presenta minerales sumamente coherentes y sólidos, como son los *mármoles* y *jaspes*.

Algunos autores añaden á las dichas la *celular*, que consta de cavidades irregulares; ejemplo: *lavas*: y la *orgánica* ó sea la de los fósiles; ejemplo: *madera petrificada*.

Fractura. Háse confundido con mucha frecuencia la estructura bajo el nombre de fractura, pues para examinar aquella ha de preceder indispensablemente esta. Sin embargo, la palabra fractura únicamente se ha empleado para designar ciertas modificaciones de la estructura compacta. Reciben estas los nombres de *concheada* (por otros *concoidea* ó *concoide*), cuando presentan los fragmentos impresiones convexas y cóncavas, análogas á las del interior de algunas conchas, como se observa en el *pedernal*; de *astillosa* cuando se presenta un número mayor ó menor de fragmentos fáciles de separar, y por último, de *plana* cuando se presenta una superficie muy unida. Algunos añaden á estas las llamadas *vítrea*, *térrea*, *cérea*, etc.

Expuesto ya cuanto se refiere á la forma, estructura y fractura, caracteres que con la mayor parte de los autores hemos llamado *geométricos*, vamos ahora á tratar de todos aquellos que llevan propiamente el nombre de *físicos*, cuales son: *la refraccion sencilla y doble*, *el policromismo*, *el lustre*, *el color*, *la fosforescencia*, *la elasticidad*, *la ductilidad*, *la dureza*, *la tenacidad*, *el peso específico*, *la electricidad*, *el magnetismo*, *la frialdad*, *la crasitud*, *el olor*, *el sabor*, *el apagamiento á la lengua*, etc.

CAPITULO III.

CARACTERES OPTICOS DE LOS MINERALES.

Las propiedades ópticas de los minerales son de diferentes clases; hay unas que dependen de la naturaleza íntima de los cuerpos, de la disposicion de sus partículas, y de otras causas enteramente accidentales; las unas pueden ser por consiguiente de una gran importancia en las investigaciones mineralógicas; las otras apenas merecen ser tomadas en consideracion. En el número de las primeras se cuentan particularmente los fenómenos de la refraccion, de que vamos á ocuparnos.

Refraccion simple. Siempre que se mira un objeto cualquiera al través de un cuerpo claro no cristalizado, como el agua, varios líquidos, las materias vídriasas, fundidas, ó al través de un cuerpo cristalizado que pertenecen al sistema cúbico, se ve por lo general el objeto simple. Fácilmente se puede observar que al través de dos caras paralelas, se ve siempre el objeto en su verdadero lugar, cuando el rayo luminoso que de él parte es perpendicular á dichas caras, tanto á la entrada como á la salida; pero se halla mas ó menos desviado cuando el rayo llega oblicuamente al cuerpo, ó sale oblicuamente de él por efecto de la posicion relativa de las superficies; esto se conoce fácilmente procurando mirar cualquier cosa al través de los lados de un prisma triangular. Esta circunstancia conduce á reconocer que el cuerpo diáfano ejerce sobre la luz una accion particular, en virtud de la cual todo rayo luminoso oblicuo experimenta un cambio de direccion, y se encuentra como quebrado en el sitio por donde penetra. Este fenómeno toma el nombre de *refraccion*, de la voz *refringere* romper.

Las leyes de la refraccion simple, que han sido estudiadas detenidamente hace mucho tiempo, se reducen á las tres observaciones siguientes, que la experiencia establece de la manera mas positiva.

1.ª Cuando un rayo luminoso pasa oblicuamente

del aire atmosférico en que estamos envueltos, á la mayor parte de los cuerpos, se quiebra de manera que se acerca á la perpendicular en el punto de inmersion, como si sufriera una atraccion por parte de aquel cuerpo; el fenómeno se verifica en sentido inverso cuando el rayo luminoso vuelve á pasar del cuerpo refringente al aire.

2.ª La parte incidente del rayo luminoso y la parte refractada, se hallan en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente.

3.ª En la misma sustancia existe para cada rayo simple, una relacion constante entre el seno del ángulo de incidencia y el del ángulo de refraccion, cualquiera que sea la oblicuidad del rayo directo sobre la cara refringente. Esta relacion varia por lo general de una manera mas ó menos apreciable de una sustancia á otra.

Esta última ley puede ofrecer el medio de distinguir las diferentes sustancias minerales transparentes unas de otras. Buscando para cada cuerpo la relacion del seno de incidencia con el de refraccion, se obtiene lo que Newton ha designado con el nombre de *poder refringente* de los cuerpos, de que se forman tablas como la del peso específico. Pero este modo de distincion no puede tener utilidad sino para sustancias químicamente puras; porque á poca mezcla que tengan, el rayo observado en la emergencia tendrá una direccion particular, resultado de la suma de las acciones diversas y desconocidas que habrá experimentado en su trayecto al través del cuerpo; es pues difícil sacar partido de él para reconocer las sustancias minerales, que rara vez están puras.

Refraccion doble. Si las sustancias no cristalizadas, y las que pertenecen al sistema cúbico, no producen otro efecto sobre la luz sino el de cambiar mas ó menos la direccion del rayo luminoso, no asi las sustancias cristalizadas que pertenecen á cualquier otro sistema. Todas sin excepcion hacen que el rayo luminoso se divida en dos haces, de manera que si se mira un objeto cualquiera, y sobre todo un objeto muy pequeño al través de estas sustancias en ciertas direcciones, se le ve constantemente doble. Esto se puede observar fácilmente con un romboedro de carbonato de cal transparente; basta colocar este sólido por una de sus caras sobre los caracteres de un libro ó sobre un papel donde se haya trazado una línea de tinta muy fina, para verlos dobles cuando se mira por la cara opuesta.

La observacion demuestra que en los cristales cuyas caras son simétricas alrededor de una línea única, como en los sistemas romboédrico y prismático cuadrados, uno de los rayos luminosos sigue exactamente las leyes de la refraccion ordinaria; es decir que el rayo refractado y el rayo incidente, se hallan en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente, y que el seno de refraccion está en una relacion constante con el seno de incidencia. El otro rayo sigue leyes particulares; por una parte solo en ciertos casos se halla en el plano de incidencia; por otra el seno de refraccion no se halla en relacion constante con el seno de incidencia en la cara refringente. Con arreglo á estas observaciones, el primero de estos se llama *rayo ordinario* y el otro *rayo extraordinario*.

Ejes de refraccion doble. Cuando se examinan atentamente las sustancias dotadas de la doble refraccion, se advierte bien pronto que no presentan indiferentemente este fenómeno, cualquiera que sea el sentido en que las atraviese el rayo luminoso. En efecto, en las sustancias que pertenecen al sistema romboédrico ó al sistema prismático recto de bases cuadradas, los cristales que presentan caras perpendiculares ó paralelas al eje, no dan doble imagen cuando el rayo las atraviesa perpendicularmente á estas caras. Fácilmente se puede observar esto, con

un prisma exagonal de carbonato de cal transparente, que presenta las dos clases de caras. Si se coloca el prisma por una de sus bases sobre un punto de tinta trazado en un papel, y se mira por la cara superior, colocando el ojo perpendicularmente á aquella cara, no se ve mas que una imagen; pero separándose un poco de la perpendicular, á un lado ó á otro, se ven al momento aparecer dos imágenes, y si se hace el experimento con las precauciones convenientes para medir la separacion, se ve que es constante en una misma inclinacion, cualquiera que sea el plano de incidencia. Tambien se puede observar fácilmente, que en todos casos, las dos imágenes, se hallan con el rayo directo en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente, y esto se distinguirá mejor, si en lugar de un punto de tinta, se traza una línea recta sobre el papel; porque entonces las dos imágenes se hallarán colocadas una sobre otra y se confundirán en una sola, mas negra hácia el medio que en los dos puntos extremos, donde la una exceda á la otra.

Si en lugar de colocar el cristal prismático sobre una de sus bases, se le coloca igualmente sobre un punto de tinta, por una de sus caras laterales, y se mira por la otra, se observará que no hay mas que una imagen en la posicion perpendicular del ojo, é imágenes dobles en las incidencias oblicuas. Pero no sucede en este caso como en el anterior; por un lado la desviacion de las imágenes varia con la posicion del plano de incidencia del rayo directo; por otro no hay mas que dos posiciones en que las imágenes se encuentren con el rayo directo en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente.

Por otra parte la observacion demuestra tambien que cuando el rayo extraordinario y el rayo directo se hallan en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente, lo cual se verifica en el caso de paralelismo ó de perpendicularidad de este plano con el eje del cristal, existe una relacion constante entre el seno de refraccion extraordinario y el seno de incidencia, cualquiera que sea la inclinacion del rayo directo.

Segun estas observaciones, la refraccion extraordinaria parece verificarse por relacion al eje del cristal, como la refraccion ordinaria por relacion á una superficie refringente cualquiera. Asi pues, el fenómeno se verifica en la refraccion extraordinaria, como si el eje poseyera una fuerza particular, capaz de atraer ó de repeler, segun la naturaleza de las sustancias, una parte de las moléculas, separándolas del hacedillo ordinario. Esta manera de espresarlo, que es cómoda para la teoría, podria ser igualmente adoptada en las leyes de refraccion ordinaria; porque se diria del mismo modo, que allí sucede como si la perpendicular del punto de inmersion tuviera la propiedad de atraer el rayo total, cuando el cuerpo es mas refringente que el aire atmosférico, ó de repelerle cuando es mas raro. Para expresar esta idea de accion, se ha designado el eje cristalino de una molécula material que pertenece á uno de los dos tipos que hemos citado con el nombre de eje de doble refraccion.

Relaciones entre los ejes de doble refraccion y las formas cristalinas. Todas las sustancias cuyos cristales se pueden reducir á una forma simple, que tienen todas sus caras simétricamente dispuestas con relacion á una línea, y á igual distancia de esta línea, no poseen mas que un solo eje de doble refraccion; tales son todas las que pertenecen al tipo romboédrico ó al tipo prismático de bases cuadradas. Todas las demás cuyos cristales no pueden reducirse sino á formas que no tienen estas condiciones, poseen dos ejes de doble refraccion; es decir, que existen en el interior de estos cuerpos dos direcciones, por las cuales un rayo luminoso podria atravesarlas sin sufrir division; tales son todas las sustancias que se refieren al tipo pris-

mático rectangular recto, y á los diferentes tipos prismáticos oblicuos.

Estas importantes observaciones que se deben á Brewster, demuestran positivamente que los fenómenos de la doble refracción, dependen inmediatamente de la disposición de las partículas materiales del cuerpo; pero existen aun otros hechos que establecen mas y mas esta consecuencia. En primer lugar, en las sustancias de un eje, este eje no se halla colocado al azar; se confunde siempre con la línea única respecto á la cual se hallan ordenadas todas las modificaciones cristalinas. En las sustancias de dos ejes, estos tienen en general relaciones simétricas con las modificaciones cristalinas de que son susceptibles estas sustancias; determinan un plano que es siempre uno de aquellos en torno de los cuales se colocan simétricamente las caras secundarias; su posición sobre este plano es igualmente simétrica con cierto orden de caras, y es tal, que se hallan colocados entre dos caras de la misma especie, ya primitivas, ya secundarias, con las cuales forman ángulos iguales, de donde se sigue que la línea media entre estos dos ejes, es decir, la línea que divide en dos partes iguales el ángulo que forman entre sí, es el eje del uno ú otro de los géneros de octaedros que se pueden tomar por forma fundamental, en alguno de nuestros tres últimos tipos cristalinos. Sin embargo, parece que no es así, porque Mitscherlich ha observado en algunas sales, que la línea media de los ejes ópticos se hallaba desigualmente inclinada sobre las caras correspondientes de los cristales.

Aplicación de estos hechos. Los fenómenos de doble refracción son mucho mas importantes para la distinción de los cuerpos, que los fenómenos de refracción simple; estos son efectos moleculares que dependen únicamente de la estructura del cuerpo, y que no sufren alteración alguna por parte de las materias extrañas que pueden hallarse mezcladas con la sustancia que se examina, ya sea mecánicamente, ya por la especie de combinación que se forma en proporciones indefinidas.

La comparación de la composición de los cuerpos con sus formas cristalinas, rigurosamente determinadas, nos manifiesta que sucede frecuentemente el que la identidad ó diferencia de forma, ocasione identidad ó diferencia de naturaleza; ahora bien, los detalles que hemos dado, nos hacen ver que el modo de refracción puede indicar con precisión la forma ó por lo menos el sistema de forma de que es susceptible una sustancia, aun cuando se nos presente en fragmentos irregulares, en hojas ó en pedazos cortados y pulimentados; así pues la observación de estos fenómenos, puede suministrar datos preciosos sobre la naturaleza de las sustancias. Una sustancia que no presenta doble refracción, no puede referirse sino al sistema cúbico, y por consiguiente no puede confundirse con ninguna de las sustancias que se refieren á los otros sistemas. Así, con solo la observación de esta circunstancia, no podrá nunca confundirse la sustancia llamada *Zircon* con la que los alemanes han denominado *Kalenstein*, y que ambas se conocen en el comercio con el nombre de jacinto; la primera posee la doble refracción, y la segunda no ofrece ningun indicio.

Entre las sustancias que poseen la doble refracción, la presencia de un solo eje ó de dos ejes de doble refracción, nos ofrece grandes diferencias, puesto que un solo eje indica ó el sistema romboédrico ó el sistema de prisma recto de bases cuadradas, mientras que los dos ejes indican uno de los otros tres sistemas, que son incompatibles con los primeros. Así por este carácter se distinguirá siempre el carbonato de cal ordinario del aragonito, porque el primero no posee mas que un solo eje de doble refracción, y el segundo posee dos. Del mismo modo se dis-

tinguirán dos grupos de sustancias muy diferentes entre la multitud de sustancias que ciertos caracteres exteriores hacen confundir bajo el nombre de mica en todas las obras de mineralogía; en efecto; hay un cierto número de estas micas que no poseen mas que un solo eje de doble refracción, y que por consiguiente no pueden pertenecer al sistema romboédrico ó al sistema prismático de bases cuadradas; las otras poseen dos ejes de doble refracción, y no pueden por consiguiente pertenecer sino al uno ó al otro de los tipos prismáticos irregulares.

Transparencia, translucidez, opacidad. Se dice que un cuerpo es transparente ó diáfano, cuando los rayos luminosos le penetran lo suficiente para que se pueda distinguir con claridad un objeto que se mira al través de él. Pero esta propiedad de los cuerpos puede ser alterada de muchas maneras; por los diferentes grados de pulimento de las superficies; por la intensidad de los colores; por la disposición mas ó menos irregular de las partículas integrantes, las diferentes estructuras de las masas, etc.; de aquí resultan diferentes matices entre la transparencia perfecta y la opacidad. Estos matices se distinguen en general por las expresiones de *semi-transparencia* y de *translucidez*, que se reemplazan algunas veces por otras que tienen la ventaja de fijar mas perfectamente las ideas; así se dice, por ejemplo, *transparencia lechosa*. Los cuerpos son semi-transparentes, cuando no se ven al través de ellos los objetos sino confusamente; son translucientes, cuando no permiten distinguir los objetos, pero dan todavía paso á la luz, y se distinguen los casos en que la translucidez existe en un gran espesor, y en que solo se manifiesta en los bordes de los fragmentos.

Cuando no se observa ninguna claridad al través de un cuerpo, se dice que es opaco. Esta opacidad puede provenir de un gran número de causas diferentes, y resulta quizá del espesor del cuerpo; así un gran número de materias que nos parecen ordinariamente opacas, se vuelven translucientes y aun transparentes, cuando se han reducido á placas ú hoyas delgadas; los cuerpos muy coloreados nos ofrecen frecuentemente ejemplos. También puede depender de la disposición confusa de las partículas, cada una de las cuales, tomada aisladamente, puede ser perfectamente transparente, esto es lo que vemos en las sustancias de estructura luminosa, fibrosa, granugienta, etc., que son siempre opacas á no ser en los fragmentos pequeños cuya estructura es en cierto modo simple, ó cuando las partículas son muy pequeñas, en cuyo caso la masa parece mas ó menos transluciente cuando tiene poco espesor. Estas circunstancias dependen de que la luz, atravesando estas partículas, echadas unas sobre otras al azar, se encuentra reflejada y refractada de mil maneras y en todos sentidos. En fin, la opacidad puede provenir de la interposición de algunas materias extrañas, ya sean sólidas, ya líquidas: el primer caso se manifiesta con frecuencia en los fenómenos de coloración; el segundo es casi siempre un resultado de descomposición, sobre todo en las sustancias en que el agua entra como parte constitutiva; así basta muchas veces dejarlas empapar en este líquido, para que recobren mas ó menos transparencia. Esto es lo que sucede en un gran número de materias compactas de fractura mas ó menos terrosa, y es particularmente muy sensible en ciertas alteraciones de ágata ó de ópalo. Estas dos sustancias se hallan algunas veces en el estado de materia blanca, opaca, que conserva mas ó menos su solidez, y se vuelve transparente despues de permanecer cierto tiempo en el agua; examinando lo que pasa entonces, se ve que se desprenden de ella muchas burbujas de aire, de manera que la opacidad se debe indudablemente á la interposición de este fluido, cuya densidad es muy diferente de la de la

piedra; cuando esta piedra se seca, recobra su opacidad. Las variedades de ágata ó de ópalo que se hallan en este caso, han recibido el nombre de *hidrofano*.

Del lustre de los minerales. El lustre en los minerales es la manera que tienen de reflejar la luz, sea en su exterior ó en su fractura, ó mas exactamente, el efecto que los rayos reflejados por un mineral producen sobre el órgano de la vista, segun la manera como se verifica su reflexión. Pero debemos observar que hay en esto dos efectos, los cuales existen ya solos, ya simultáneamente; uno de estos efectos es una verdadera reflexión mas ó menos regular, segun el grado de pulimento del cuerpo, la finura del grano que presenta la fractura, y la estructura que esta descubre; el otro efecto depende de la acción misma que este cuerpo ejerce sobre las moléculas luminosas que le tocan inmediatamente, y penetran en cierto modo en la primera película, antes de volver á nuestro ojo en todas direcciones. Este último efecto depende de la naturaleza del cuerpo; y varia considerablemente de un cuerpo á otro; se le puede fácilmente aislar del primero, colocando el mineral de manera que la luz reflejada en su superficie no pueda llegar á nuestro ojo. Así en el diamante, por ejemplo, ó en algunos pedazos de carbonato de plomo, se reconoce por una parte un efecto de reflexión, y por otra un lustre particular que no se puede definir, que tiene algo de metaloideo, y que es sobre todo muy notable en el diamante negro; pero como hemos dicho, estos dos efectos se confunden frecuentemente, y sobre todo porque los caracteres que se sacan de ellos son tan poco importantes, que no merecen la pena de que se haya pensado en aislarlos.

En los minerales se distinguen muchas clases de lustre, el *lustre metálico*, el *lustre vítreo*, el *lustre resinoso*, el *lustre grasiento*, oleoso ó céreo; el *lustre nacarado*, y el *lustre sedoso*. Hay tambien sustancias que no tienen lustre; entonces se dice que son *mates*, y algunas veces tambien que tienen *lustre térreo*. La mayor ó menor viveza del brillo se indica de varias maneras; así se dice lustre metálico ó semi-metálico, vítreo ó semi-vítreo, etc., etc.; tambien se dice *lustre metaloideo* para designar el aspecto metálico que presentan diferentes sustancias petresas. La mayor parte de estas expresiones, no necesitan definición; pero hay algunas sobre las cuales es necesario dar algunos detalles.

El lustre resinoso, forma en cierto modo el término medio entre el vítreo y el grasiento; es el que presentan ciertas resinas vegetales, como el benjuí, y se observa particularmente en el ópalo. El lustre grasiento oleoso, se presenta en ciertas sustancias de naturaleza vítrea, cuya superficie parece que ha sido frotada con aceite; el lustre grasiento céreo se observa particularmente en las materias compactas litoideas, cuya fractura es esquirrosa. En cuanto al lustre nacarado, parece ser muchas veces el resultado de una estructura esquistosa, y se hace notar en la división paralela de las hojas. Es de observar que se le reconoce muy frecuentemente en las bases de los prismas, en las caras que reemplazan profundamente los ángulos sólidos culminantes de los romboedros, y aun en sustancias que no se dividen en este sentido; en estas caras el carbonato de cal, y el doble carbonato de cal y magnesia, presentan dicho lustre, que en la última sustancia, es muchas veces muy vivo y agradable. En el corindon igualmente, se hace notar el lustre nacarado de caras semejantes, ó sobre las aristas culminantes de los romboedros cuando son un poco redondeadas. La apofilita, la estilbita, etc., son nacaradas por las caras de la base. El lustre sedoso es el resultado por la estructura fibrosa, se observa en un gran número de sustancias, y particularmente en

aquellas que son por otra parte susceptibles de presentar aisladamente lustre nacarado.

El género de lustre no puede servir sino rara vez para distinguir las especies unas de otras, á menos que no se haya adquirido una gran costumbre de examinar minerales; la misma especie presenta en efecto muchos géneros de lustre distintos en los diferentes ejemplares que se pueden observar. Sin embargo, el lustre metálico y el lustre vítreo, no se presentan indiferentemente en la misma sustancia, y conducen, por lo menos á dividir los cuerpos en dos grupos muy distintos uno de otro, que algunos otros caracteres accesorios pueden dividir y subdividir de diversas maneras.

De los colores en los minerales. Las sustancias minerales son incoloras ó coloreadas; la incoloración, unida á la opacidad, constituye la blancura. Los colores que se observan en estos cuerpos son de dos especies; unos dependen de la naturaleza misma del cuerpo, y otros resultan de la mezcla de tal ó cual materia extraña que se encuentra diseminada ó combinada en él. Es, pues, tambien necesario distinguir en los minerales los colores propios y los colores accidentales.

Los colores propios que pueden ser bastante importantes para la distinción de las diferentes materias, son las que se observan en los metales, en el azufre, en los sulfuros, en los óxidos metálicos, así como en los compuestos en que estos óxidos entran como partes constitutivas esenciales. Estos colores son siempre uniformes y constantes en el mismo cuerpo, con tal que sea puro; las únicas variaciones que experimentan dependen de la mayor ó menor compacidad que pueden tener algunos de los cuerpos que los poseen, lo cual se nota particularmente en los óxidos. Estos cuerpos, cuando son puros, y se hallan en estado pulverulento, presentan un color determinado, cuya intensidad es siempre la misma; pero cuando sus partículas son agregadas entre sí, por cristalización regular ó por cristalización confusa, sucede frecuentemente que la intensidad del color desnaturaliza mas ó menos el aspecto de la especie; así es que un gran número de colores diferentes, como el azul, el violeta, el verde, y aun el rojo, presentan frecuentemente tal intensidad, que parecen mas ó menos negros á primera vista. Para evitar todo error, se indica frecuentemente el color del polvo, mas bien que el de las masas, en los caracteres que se establecen para distinguir los minerales.

Colores accidentales. Los colores accidentales pueden variar hasta el infinito en la misma sustancia, segun la naturaleza de las materias extrañas que los producen. Se concibe por consiguiente, que no pueden en manera alguna tener la importancia de los colores propios, y no pueden ofrecer mas que indicaciones bastante vagas, para la distinción de los cuerpos. Estos colores como hemos dicho, pueden existir de dos maneras en los cuerpos; pueden resultar de una mezcla puramente mecánica, ó de una especie de combinación química que se forma entonces en proporciones ilimitadas.

Los colores por mezclas metálicas, se hacen notar principalmente en las sustancias que han cristalizado en medio de algun depósito de materia coloreada, sea pulverulenta, sea sólida, de la cual han arrastrado algunas partes en el momento de la cristalización. Algunas veces la mezcla es bastante visible para ser conocida en el primer instante, ya sea á la simple vista, ya por medio de una lente fuerte, y especialmente con el auxilio de una luz viva; pero las partículas extrañas son algunas veces tan finas, y se hallan tan uniformemente diseminadas en el interior del cuerpo, que es sumamente difícil reconocer su presencia. Solo en algunos casos, siendo el mineral soluble en agua (como la sal gema), ó en los ácidos (como en