

13























**TRATADO**  
**DE**  
**MINERALOGÍA, QUÍMICA Y GEOLOGÍA.**

VICENTE PARTIDA  
CURSO  
ARQUITECTO  
PLAZA



2  
95/5

H. 61572  
27519  
62 149901

TRATADO

MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO



R. 2682

2  
9515

# TRATADO

DE

# MINERALOGÍA, QUÍMICA Y GEOLOGÍA

APLICADO

A LA CONSTRUCCION Y DECORACION DE EDIFICIOS

POR

**D. JUAN CHAVARRI,**

Catedrático de Mineralogía en el Museo de Ciencias naturales y de Mineralogía y Química  
en la Escuela Especial de Arquitectura.

**OBRA PREMIADA**

POR EL GOBIERNO DE S. M. Á PROPUESTA DE LA ACADEMIA REAL DE CIENCIAS.

VICENTE PABLO  
Y GUILLEN  
ARQUITECTO  
PLAZA DE S. FRANCISCO

Primera edicion.



MADRID.

IMPRENTA DEL COLEGIO DE SORDO-MUDOS,  
calle del Turco, núm. 11.

---

1855.



TRATADO

MINERALOGIA, QUÍMICA Y GEOLOGÍA

DE LA COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

D. JUAN GIMÉNEZ

Profesor de Mineralogía y Química en el Museo de Ciencias Naturales y de Historia de Colombia  
y en la Escuela Especial de Artes y Oficios

OBRA PREMIADA

Por el Gobierno de Colombia en virtud de la Ley de Premios de 1904



Edición de 1955

MADRID

IMPRESA DEL COLEGIO DE SORDOS-MUDOS

Calle del Tiro, número 11

1955



## PRÓLOGO.

**D**ESDE el momento que tuve la honra de que S. M. pusiese á mi cargo la Cátedra de Mineralogía y Química nuevamente creada en la escuela de Arquitectura, fué mi primer deseo corresponder dignamente á la confianza en mí depositada; y no desconociendo las importantes ventajas que el estudio de estas dos ciencias habia de reportar al arte, traté de organizar la enseñanza formando un programa que á la vez abrazase la descripción de los cuerpos inorgánicos y las cuestiones químicas que tuviesen una relación directa con la construcción. Diseminadas estas materias en los diversos autores que han escrito de estas dos ciencias, los alumnos se han visto precisados á seguir las lecciones orales tomando notas, que por mas esmero que se ponga en su redacción, resultan casi siempre incompletas é inexactas, sino se tienen despues medios de ampliarlas y rectificarlas.

Estas razones son las que me han decidido á presentar al público este pequeño trabajo cuyo objeto no es otro que reunir y ordenar en un volúmen de cortas dimensiones todo cuanto de estas dos ciencias tiene una aplicación inmediata á las



construcciones, y pueda por lo tanto ser útil á los alumnos que en las diversas carreras necesiten de estos conocimientos.

Espero confiado que las personas inteligentes sabrán disimular los yerros que involuntariamente haya podido cometer en una obra escrita sin pretensiones de originalidad y sin otro objeto que el de facilitar á los alumnos de las escuelas de Arquitectura, de ingenieros civiles y militares, de maestros de obras y de directores de caminos vecinales, la adquisicion de conocimientos tan útiles y necesarios á las diversas profesiones á que se dedican.



## INTRODUCCION.

---

Todas las ciencias que el hombre puede adquirir por la educacion pueden dividirse en dos grandes secciones, á saber; abstractas y naturales. Entre las primeras encontramos en primera línea las matemáticas, cuyo carácter distintivo es el ser independientes del sistema que rige á la naturaleza; sus verdades son de absoluta necesidad y su estudio tiene, entre otras ventajas, la de acostumbrarnos al rigor del lenguaje que, como instrumento de la razon, nos ayuda en nuestras investigaciones y nos asegura que la marcha que seguimos nos conducirá á la verdad, dándonos al propio tiempo á conocer lo que es una verdadera demostracion de una proposicion y sirviéndonos por consecuencia para poder apreciar las pruebas en que se fundan nuestros conocimientos en las ciencias naturales.

La segunda seccion de nuestros conocimientos abraza las ciencias naturales ó Filosofía natural, la cual se ocupa de todos los fenómenos que nos presenta la naturaleza tal cual ella es. Las verdades de estas ciencias no son por lo tanto de absoluta necesidad como en las abstractas, son hechos ó fenómenos producidos por tales ó cuales causas, y el mayor grado de perfeccion á que estas ciencias aspiran es dar á conocer la relacion ó dependencia que existe entre las causas y los



efectos ó las leyes de la naturaleza, valiéndose para ello de la observacion y de la esperiencia únicas y sólidas bases de las ciencias naturales.

La naturaleza ó el universo activo se compone de cuerpos y de agentes ó fuerzas que obran sobre ellos modificándolos ó alterándolos de varios modos, dando con esto lugar á la Historia natural, á la Física y á la Química, principales ramos en que se dividen las ciencias naturales.

La vasta reunion de los seres que componen el universo, su descripcion, denominacion y clasificacion constituyen el objeto de la Historia natural.

La Física se ocupa del conocimiento de los agentes de la naturaleza y de los fenómenos á que dan lugar estos agentes actuando sobre los cuerpos, sin alterar su composicion ó en cuanto afectan á su modo de estar.

La Química por el contrario, penetrando en el interior de los cuerpos, estudia los fenómenos que producen en ellos los agentes naturales en cuanto afectan á su modo de ser, y las descomposiciones y combinaciones á que dan lugar los cuerpos actuando los unos sobre los otros. En tanto que la Historia natural limita su estudio á la forma, estructura y modo de existir de estos cuerpos.

Pero no se crea que esta division de los fenómenos naturales es una verdadera separacion entre ellos, ni que cada ciencia sea independiente y esté aislada de las demas. Semejante division es una necesidad de la limitacion de nuestro entendimiento y solo se hace con la mira de facilitar y perfeccionar el estudio, á la manera como en la fabricacion de un objeto industrial la division del trabajo produce perfeccion y multiplicidad de objetos. Tan cierto es esto que el naturalista presta á los físicos y químicos el conocimiento individual de los cuerpos sobre quienes ellos deben trabajar, al paso que el naturalista, para lograr este conocimiento, echa mano de las propiedades que descubre por medio de la Física y Química.



Los seres de que la Historia natural se ocupa se dividen en orgánicos, heterogéneos con vida y que crecen de dentro á fuera, y en inorgánicos ó inertes, homogéneos sin vida y que crecen de fuera á dentro. El estudio de los primeros corresponde á la Botánica y á la Zoología, y el de los segundos á la Mineralogía, que son otros tantos ramos en que se divide la Historia natural propiamente dicha.

Ademas de estas diferencias, los seres inorgánicos poseen caractéres que les son peculiares, los cuales se refieren á su origen, forma, crecimiento, variacion de formas y finalmente á su existencia.

1.º *Orígen.* Los cuerpos inorgánicos deben su origen á la union de sus principios constitutivos producida por la atraccion; su formacion no presupone la existencia de otros seres semejantes, observamos su produccion todos los dias y tenemos medios para formarlos á nuestra voluntad, puesto que podemos hacer muchos de ellos artificialmente.

2.º *Forma.* La forma en los seres inorgánicos no siempre es esencial, puesto que una vez formados, muchos de ellos pueden hallarse indiferentemente en el estado sólido, líquido ó aeriforme segun las circunstancias en que se encuentren.

3.º *Crecimiento.* Puede ser continuo ó interrumpido; pero en ambos casos se verifica, como ya se ha indicado, por la parte exterior en virtud de una nueva agregacion de moléculas que agrupándose al rededor de las primeras pueden aumentar indefinidamente su masa, pero este crecimiento puede interrumpirse y volverse á realizar sucesivamente en épocas indefinidas que solo dependen de circunstancias exteriores.

4.º *Variacion de forma.* En los cambios de volúmen operados por el crecimiento puede conservarse inalterable la forma del cuerpo ó experimentar variaciones sin orden ni época determinada. La variacion puede ser accidental unas veces, ó depender otras de la propiedad que tienen las moléculas de los cuerpos inorgánicos de agregarse simétricamente, dando lu-



gar á formas geométricas ó regulares; las cuales pueden variar al infinito en una misma sustancia. Tambien suele verificarse que un mismo cuerpo tome primero una forma y despues otras sucesivamente segun las circunstancias. Tan cierto es esto que si tomamos un fragmento irregular de alumbre y le suspendemos por medio de un hilo dentro de una disolucion convenientemente concentrada de la misma sal, observamos que á poco tiempo adquiere la forma octaédrica. Si se le suspende despues en otra disolucion de la misma sustancia á la que se haya añadido previamente una cantidad de creta suficiente para saturar el exceso de ácido sulfúrico que el alumbre contiene, se verá que el cristal octaédrico varia de forma adquiriendo la de un cubo. Introduciéndole nuevamente en la primera disolucion volverá á pasar al octaedro y asi sucesivamente. Estas variaciones de forma se hacen aun mas perceptibles si antes de cada inmersion se tiñe el cuerpo con una capa de una materia colorante de poco espesor.

5.º *Existencia.* En los cuerpos inorgánicos es indefinida como puede observarse en las materias enterradas por miles de años en los monumentos antiguos, pudiendo únicamente destruirse por la accion de una causa exterior, pero aun en este caso es necesario distinguir la destruccion *aparente* y la *real*. La primera suele ser una separacion pura y simple de sus partículas, bien porque el cuerpo se reduzca á polvo, ó bien porque se funda por la accion del calor, ó finalmente por su disolucion en un líquido; pero en ninguno de estos casos deja de existir.

La destruccion real es el resultado de la separacion total ó parcial de los factores ó de los elementos que entran á componer un cuerpo inorgánico, como se observa en el nitrato amónico que por la accion del fuego se convierte en agua y en protóxido de ázoe, en varios carbonatos que se trasforman en óxidos, y en muchos de estos que se reducen al estado metálico cuando se someten al mismo agente.



Los seres inorgánicos son de dos especies unos naturales que son los que la naturaleza nos presenta, y otros artificiales cuya existencia se debe á la mano del hombre, y aun cuando comunmente sea muy fácil distinguirlos, no pocas veces suele esta distincion ofrecer algunas dificultades aun á los mas sabios naturalistas.

Los cuerpos inorgánicos naturales se subdividen en tres secciones. A la primera corresponden los que han sido formados por el concurso de las fuerzas vitales, pudiendo servir de ejemplo las gomas, resinas y otros principios inmediatos que se extraen de los vegetales. Su estudio pertenece á la Fisiología, ciencia que se ocupa de los fenómenos propios de la vida en los seres que están dotados de ella. Se colocan en la segunda, los que deben su origen á materias orgánicas sumergidas por largo tiempo en la tierra, cuyo exámen y descripcion corresponde á la Paleontologia; y finalmente están comprendidos en la tercera todos aquellos en cuya formacion no han intervenido para nada las fuerzas vitales, pudiendo servir de ejemplo los metales y sus diversas combinaciones con el oxígeno, con los ácidos, etc., etc. Los cuerpos comprendidos en esta última seccion, son precisamente de los que se ocupa la Mineralogia. Esta parte de la Historia natural comprende tres partes, conocidas con los nombres de Oritocnosia ó Mineralogia propiamente dicha, Geognosia y Geologia. La primera estudia los minerales considerándolos completamente aislados, describiéndolos y clasificándolos; la segunda se ocupa de la estructura y de la disposicion de las diferentes partes del globo, en tanto que la tercera trata del origen, formacion y edad relativa de la tierra. Se ha tratado de sustituir á la palabra Geologia la de Geogenia, pero es preferible la primera por tener una acepcion mas lata que la segunda, que solo se refiere al origen de la tierra.

Finalmente, los cuerpos que la naturaleza nos presenta se dividen en simples y compuestos. Se da el nombre de cuerpos



simples ó *elementos* á las sustancias de las que no ha podido obtenerse hasta el dia mas que una determinada clase de materia; el hierro, el oro y los demas metales se encuentran en este caso. Los cuerpos compuestos, por el contrario, pueden resolverse en muchas sustancias que difieren entre sí por sus propiedades y que á la vez son tambien diferentes de la sustancia primitiva; tales son por ejemplo el mármol ó carbonato de cal, el yeso, ó el sulfato de la misma base y la sal comun ó cloruro de sodio.

El número de los cuerpos simples era muy limitado en la antigüedad, asi que hubo época en la que solo se conocian como tales el aire, el agua, la tierra y el fuego; cuya opinion emitida por Anaximandro, filósofo y astrónomo griego, y sostenida despues por Aristóteles, ha sido respetada hasta nuestros dias, en que solo la profesan los que no se han dedicado á las ciencias; y aun cuando es cierto que el número de los cuerpos elementales no puede fijarse hoy de una manera absoluta, sin embargo, en el estado actual de la ciencia se cuentan sesenta y dos que combinados dos á dos, tres á tres, etc., dan origen á todos los cuerpos compuestos. Debe advertirse que en los sesenta y dos elementos indicados no se incluyen los fluidos llamados *imponderados*, pero aun cuando no consideremos á estos agentes materiales como partes constituyentes de los cuerpos, debemos confesar sin embargo, el importante papel que como causas activas ejercen en las acciones químicas, bien sea para determinar la combinacion de los cuerpos, bien para descomponerlos y reducirlos á sus factores elementales.



## NATURALEZA Y DIVISION

DE LOS CARACTERES QUE SE EMPLEAN EN EL ESTUDIO DE LOS MINERALES.

---

**L**A descripcion y clasificacion de los minerales que como hemos dicho es el objeto esclusivo de la Oritocnosia ó Mineralogia propiamente dicha, supone el conocimiento exacto de los caractéres distintivos que los minerales nos presentan; los cuales no son otra cosa que las propiedades particulares de estos cuerpos aplicadas como medios comparativos ó señales para su distincion y distribucion metódicas.

Los caractéres pueden dividirse en *físicos*, *químicos* y *geológicos*. Los primeros dependen de la simple impresion que ejercen los minerales sobre nuestros sentidos, ya solos, ya auxiliados de algun instrumento que nos facilite su percepcion, sin que en ninguno de los dos casos se altere la naturaleza del ser.

Los caractéres químicos dependen de la composicion química de los minerales ó sea de la accion íntima y recíproca de sus moléculas, ya entre sí, ya con los demas cuerpos ó agentes naturales, de cuyas acciones resulta una alteracion en la composicion intrínseca del ser.

Finalmente, los caractéres *geológicos* son los que se refieren á la situacion de las especies minerales en nuestro globo, á sus diversos generos de asociacion y á la manera como están distribuidos en los continentes, todo lo que constituye la parte mas importante de su historia.



## CARACTERES FISICOS.

### FORMA.

Se llama forma ó figura exterior la terminacion de la superficie de un mineral, la cual depende de las varias circunstancias que presiden á su formacion, y puede ser alterada fácilmente por el concurso de causas exteriores.

Las formas ó figuras exteriores se dividen en regulares é irregulares, dando á las primeras el nombre de cristales por constar de planos geométricos unidos entre sí por medio de ángulos y aristas.

Cristalizacion.  
Formas regulares.

Se llama cristalizacion el acto en que las moléculas de un cuerpo disueltas previamente en un líquido ó en el calórico obedeciendo á la fuerza de cohesion ó atraccion molecular, vuelven á pasar al estado sólido afectando una forma regular geométrica. Las diversas modificaciones que produce el calor sobre la fuerza de cohesion, sirven para explicar el diverso estado en que la naturaleza nos presenta los cuerpos y varias otras propiedades de estos.

Una gran parte de los minerales que se encuentran en la naturaleza se presentan cristalizados y la mayor parte de los que se preparan en los laboratorios son susceptibles de cristalizar, notándose ademas que si esta operacion se verifica en las mismas circunstancias, las formas de los individuos cristalizados son absolutamente idénticas entre sí, y suministran uno de los caracteres mas exactos para distinguir unas de otras las sustancias cristalizadas, puesto que, segun se ha observado, la forma de los cristales tiene cierta relacion con la naturaleza de los cuerpos.

Cuando los minerales sólidos no presentan ni en su superficie, ni en su fractura indicios de cristalizacion se dice que son *amorfos*. Algunas sustancias susceptibles de cristalizar adquieren el estado amorfo al pasar rápidamente de líquidas á sólidas, y su fractura en este caso es lisa y brillante como la del vidrio; pero si el cambio de estado se verifica con bastante lentitud, las moléculas se agrupan de una manera regular y dan lugar á la formacion de un cristal.

Los agentes que empleamos para cristalizar los cuerpos son por lo general los líquidos y el calor. Dos son los medios



de que podemos servirnos para cristalizar los cuerpos por el intermedio del calor : cuando el cuerpo es volátil, se le calienta cuidando de recibir el vapor formado sobre un cuerpo frio, en el cual se condensa y forma cristales. Si el cuerpo es fusible sin ser volátil, se le funde y deja enfriar lentamente ; se horada la costra sólida que se forma en la superficie, y se decanta la parte todavía líquida. Si esta operacion se hace en un crisol resulta una cavidad tapizada de cristales á la que los mineralogistas llaman *geoda*.

Por el intermedio de los líquidos la cristalización se verifica tambien por dos procedimientos : ó bien la sustancia se disuelve en caliente y cristaliza luego que el líquido se enfria, ó la disolucion saturada á la temperatura ordinaria se abandona á una evaporacion espontánea, y el líquido evaporándose lentamente deja depositar los cristales, los cuales suelen retener cierta cantidad de agua llamada de *cristalización* cuando han sido formados en este líquido.

A medida que el líquido se reduce á vapor se depositan de una manera simétrica nuevas porciones de la sustancia que tiene en disolucion, las cuales sirven para aumentar las dimensiones del cristal sin alterar su forma, siempre que se tenga cuidado de hacerle variar de posicion de vez en cuando.

Existen varias causas que contribuyen á activar la cristalización de los cuerpos, siendo por lo general la agitacion una de ellas, si bien es cierto que empleando este medio los cristales que resultan son pequeños y frecuentemente mal terminados.

Cuando en un líquido hay varios cuerpos en disolucion, la cristalización del que se deposita primero es tanto mas regular cuanto menor es la densidad de la disolucion. Asi los primeros cristales de cloruro de sodio que se forman al evaporar el agua de mar, son mas regulares y puros que los últimos.

Ocurre con bastante frecuencia que una disolucion permanece mucho tiempo sin cristalizar, bastando el mas ligero movimiento para que se verifique el fenómeno de la cristalización instantáneamente. Los cuerpos sólidos pueden asi mismo favorecer la cristalización, sirviendo hasta cierto punto de núcleo á los cristales que se forman en la superficie, lo cual se consigue introduciendo en la disolucion cristales pequeños de la misma sustancia que queremos obtener cristalizada. La naturaleza de las vasijas tiene tambien una influencia notable



en la rapidez con que se verifica la cristalización, debiendo elegirse para esta operación vasijas cuya superficie sea escabrosa ó despulimentada como las de arenisca, mas bien que las de porcelana ó cristal.

Por último, las vibraciones ejercen una influencia tan notable en la cristalización de los cuerpos, que no solo facilitan la formación de los cristales sino que pueden en algunos casos transformar un sólido amorfo en otro cristalino, como se observa en el hierro de buena calidad.

Pudiera creerse á primera vista que las formas cristalinas de los diferentes cuerpos que se encuentran en la naturaleza eran en extremo variables, pero un exámen detenido ha demostrado la existencia de algunas leyes generales á las que están sometidas estas formas y que limitan extraordinariamente su número.

En efecto, todas las formas cristalinas se reducen en el día á seis grupos llamados *sistemas de cristalización*, de los que cada uno tiene por tipo la forma mas sencilla del grupo elegida á voluntad. Estos sistemas son: 1.º *el cúbico*; 2.º *el prismático recto de base cuadrada*; 3.º *el romboédrico*; 4.º *el prismático rectangular recto*; 5.º *el prismático rectangular oblicuo*, y 6.º *el prismático oblicuo de base paralelográfica oblicuángula*.

Se ha creído por mucho tiempo que los cuerpos cuya composición química fuese idéntica debían cristalizar necesariamente de la misma manera, pero en el día se ha visto que esta proposición es inesacta, puesto que existen algunos, tales como la cal carbonatada y el aragonito, que á pesar de ser idénticos por su composición química cristalizan en dos formas, que son incompatibles por pertenecer á dos sistemas cristalográficos diferentes. De la misma manera el azufre natural que se presenta ordinariamente cristalizado en octaedros pertenecientes al cuarto sistema cristalino, afecta, cuando le hacemos cristalizar por medio de la fusión, la forma de prismas prolongados oblicuos que pertenecen al quinto sistema.

Todas las sustancias que como las anteriores pueden cristalizar en dos sistemas diferentes se llaman *dimorfas* y *dimorfismo* al fenómeno. Los cuerpos dimorfos difieren no solamente por su forma sino por varios otros caracteres, tales como la dureza, la densidad, el brillo, la solubilidad, notándose estas diferencias aun en el polvo mas fino que podemos obtener de ellas por los medios mecánicos.



Para que una sustancia pueda cristalizar en dos sistemas diferentes es indispensable que la cristalización se verifique en circunstancias diversas, por ejemplo, á temperaturas muy distantes una de otra. Esto nos conduce á admitir que las intensidades y naturaleza de las fuerzas que dan lugar á la formación de los cristales varían con la temperatura, de manera que las moléculas que se agrupan á temperaturas elevadas pueden encontrarse sometidas al volver el cuerpo á la temperatura ordinaria, á la influencia de fuerzas muy diferentes de las que presidieron á su cristalización. Así se observa con frecuencia que los cristales formados á una temperatura muy elevada y que eran perfectamente transparentes en el momento de su formación, pierden al cabo de cierto tiempo su transparencia y se hacen pulverulentos. Esta disgregación es debida á que las moléculas del cuerpo tienden á agruparse de diverso modo obedeciendo á las fuerzas que las solicitan á temperaturas inferiores, pudiendo observarse con frecuencia, después de verificada esta alteración, que la masa está formada de cristales rudimentarios de la misma forma que los que presenta la sustancia cuando su cristalización se ha verificado á la temperatura ordinaria.

Esta transformación es bien visible en los cristales de azufre obtenidos por la fusión de esta sustancia. Estos cristales que se presentan bajo la forma de prismas prolongados pertenecientes al quinto sistema, de color amarillo claro, perfectamente transparentes y algunos tanto flexibles, pierden al cabo de algunos días su transparencia, se desmoronan con facilidad y si se examina su polvo con el microscopio le observamos formado por cristallitos que pertenecen al cuarto sistema, y en un todo semejantes á los que forma esta sustancia cuando cristaliza á la temperatura ordinaria en una disolución de sulfuro de carbono.

Hasta ahora no conocemos sustancias que cristalicen en más de dos sistemas diferentes; pero fácilmente se concibe la posibilidad de que pueda verificarse este fenómeno colocando los cuerpos en condiciones convenientes; estas sustancias recibirían el nombre de *polimorfas*.

La observación y la experiencia nos han hecho ver, que si bien es cierto que las sustancias cuya composición química es semejante, no presentan exactamente una misma forma cristalina, por lo menos su semejanza exterior es tal, que



no pueden distinguirse unas de otras sino por una medida rigurosa de sus ángulos. Estas sustancias que tan poco difieren por su forma cristalina, pueden además reemplazarse con frecuencia en varias proporciones cuando cristalizan reunidas en un mismo disolvente. Así pues, el sulfato de hierro y el de cobre disueltos en el agua se combinan con cantidades semejantes de este líquido, y adquieren al cristalizar formas casi idénticas, si la cristalización se ha verificado á temperaturas que solo difieren de un corto número de grados. Si se sumerge un cristal de sulfato de cobre en una disolución de sulfato de hierro, cuya temperatura difiera muy poco de la que necesita el sulfato de hierro para cristalizar bajo la misma forma que el primero, vemos aumentar de tamaño al cristal de sulfato de cobre asimilando moléculas de sulfato de hierro. Sumergiendo nuevamente el cristal en una disolución de sulfato de cobre, notamos inmediatamente una asimilación de moléculas de esta sustancia, pudiendo obtener por este medio un cristal complejo formado de capas alternativas de los dos sulfatos, las que pueden distinguirse perfectamente en la fractura del cristal, por el diferente color que presentan.

Si se mezclan las disoluciones de sulfato de cobre y de hierro y se abandona el líquido á una evaporación lenta, se obtienen cristales compuestos de las dos sustancias, cuya forma es semejante á los del sulfato de cobre, si bien con algunas ligeras modificaciones en los ángulos.

Todos los cuerpos que como los anteriores presentan por su cristalización formas que pertenecen á un mismo sistema cristalino, y que solo difieren por algunas leves modificaciones en los valores absolutos de sus ángulos, siendo además susceptibles de reemplazarse en un mismo cristal, han recibido el nombre de *isomorfos* é isomorfismo el fenómeno.

El isomorfismo es uno de los fenómenos mas importantes de la química, y del cual nos serviremos despues para la determinación del equivalente de ciertos cuerpos.

Finalmente, se presentan á veces en los cristales ángulos mas ó menos entrantes que se creen ser el resultado de la inversión de sus dos mitades dando una media vuelta, ó una sexta parte de vuelta sobre su eje. El ángulo formado en el primer caso se llama *hemitropia*, y el formado en el segundo *transposición*. Sucede tambien con frecuencia que los cristales se cruzan y entonces las formas resultantes se llaman *maclas*.



El estudio detallado de los cristales corresponde á un curso de Mineralogía general, no debiendo nosotros ocuparnos de él con tanta mas razon cuanta que los minerales aplicables á la construccion rara vez se encuentran cristalizados regularmente.

### *Formas irregulares.*

Cuando la tendencia de las moléculas materiales á reunirse geométricamente se halla mas ó menos interrumpida por causas exteriores, resultan las formas llamadas irregulares. Estas formas son debidas: 1.º al agrupamiento regular ó irregular de cristales producidos por causas estrañas: 2.º al movimiento de las aguas cargadas de partículas materiales disueltas ó simplemente interpuestas: 3.º á la resistencia de los medios en que se solidifican: 4.º á la aglutinacion de materias movibles por disoluciones de diversas sustancias: 5.º á la incrustacion: 6.º al vaciado: 7.º á la sustitucion gradual de una sustancia por otra: 8.º á la retraccion.

*Tolvas.* Las tolvas son unas pirámides huecas, compuestas de varias zonas de cristales, que van disminuyendo sucesivamente desde la base al vértice. Se forman principalmente en la superficie de las calderas donde se evaporan las sales en grandes cantidades. Se ve aparecer al principio en la superficie del líquido un cristalito *a*, fig. 1.<sup>a</sup>, el cual se sumerge mas ó menos segun que su densidad sea mayor ó menor que la del líquido. La porcion de este cristal que se halla en la superficie se convierte en un centro á cuyo derredor se forman otros cristalitos, que se colocan en forma de marco sobre los bordes del primero. La masa se sumerge entonces mas, y se forma un nuevo marco, despues un tercero, etc. Finalmente, resulta la pirámide hueca de que hemos hablado, y cuyo ángulo depende de la densidad del líquido en que se ha formado.

Formas debidas al agrupamiento regular ó irregular de cristales.

Del mismo modo se forman ciertos cuernecillos calizos, fig. 2.<sup>a</sup>, en la superficie de las aguas cargadas de carbonato de cal, que se encuentran en cavidades subterráneas muy ventiladas.

Cuando el agrupamiento de cristales se verifica de una manera irregular, resultan las formas redondeadas, ovoideas, nudosas, tuberculosas, fig. 3.<sup>a</sup>, cuya superficie está erizada de cristales, que se prolongan en lo interior, deformándose por



efecto de su presión mútua, dando lugar á una estructura radiada. Unas veces están aisladas, otras reunidas produciendo figuras reniformes, uniformes y no pocas aplicadas á otros cuerpos de figura semiglobular en cuyo caso reciben el nombre de mamelonadas. Estos diversos agrupamientos producidos por cristales de todos los sistemas cristalinos, son muy frecuentes en la naturaleza, y se presentan muy particularmente en el sulfuro de hierro, en el cuarzo, en el aragonito, etc., etc. Algunas veces estos agrupamientos dan lugar á formas ó á configuraciones *lenticulares* producidas por la reunion de ciertos cristales tabulares como se observa en el sulfato de barita; *cilíndricas y bacilares* producidas por la reunion de prismas unidos paralelamente á sus ejes como se nota en la turmalina, etc.; en cuyo caso, los cristales, aun en la superficie exterior del grupo, están desfigurados, y mas ó menos redondeados en sus aristas y caras.

Hay otras circunstancias en las que los cristales se agrupan entre sí dando lugar á una especie de arbolito, fig. 4.<sup>a</sup>, y cuya reunion recibe el nombre de *Dendritas*. Las ramificaciones son unas veces salientes por todas partes, y forman un copete cuya masa ofrece las tres dimensiones, al paso que otras se extienden por la superficie de otros cuerpos, á la manera de las arborizaciones que se forman sobre los cristales de nuestras habitaciones durante algunos inviernos, por la congelacion del agua que se deposita en su superficie. Otras veces forman sobre estos cuerpos una película tan delgada que solo se distingue por el color; sin que por el tacto ni á la simple vista se perciba cristal alguno. Suelen tambien encontrarse como aprisionadas en lo interior de los cuerpos, en este caso las dendritas deben su origen á la infiltracion pudiendo suponerse ademas que son debidas á un efecto mecánico mas bien que á la cristalización.

Deben tambien referirse á los agrupamientos dendríticos las formas *espiculares* formadas por cristales agudos que pertenecen generalmente al grupo romboédrico y que se asemejan á las láminas de las espadas.

Finalmente, la configuracion conocida con el nombre de *coraloidea* no es otra cosa que una dendrita formada por cristales capilares reunidos al rededor de un eje, de donde resultan unas especies de ramos entrelazados de varios modos, y que tanto por su forma como por la manera como se anasto-



mosan, pueden compararse á las ramas del coral. Estas configuraciones, fig. 5.<sup>a</sup>, se forman comunmente en las paredes laterales ó inferiores de las cavidades subterráneas.

Las configuraciones dendríticas suelen observarse en los laboratorios por medio de la fusion y de la volatilizacion.

El movimiento comunicado al líquido en el acto de solidificarse las materias en él disueltas, no solo altera la forma de los cristales como hemos indicado ya, sino que suele destruir completamente la cristalización y produce formas que son independientes de ella: así se verifica en las *estalactitas*, en las *estalacmitas*, en las *pisoolitas*, y en los *cantos rodados*.

Formas debidas al movimiento de las aguas cargadas de partículas materiales disueltas ó simplemente interpuestas.

Se llaman *estalactitas*, fig. 6.<sup>a</sup>, los depósitos formados casi perpendicularmente á la pared superior de las cuevas, por la destilacion de las aguas cargadas de diversas materias. Tienen ordinariamente la forma de conos prolongados, de cilindros huecos ó macizos, generalmente rectos, y rara vez encorvados, cuya superficie es unas veces lisa y otras ondulada ó guarnecida de cristales mal terminados. Estas formas provienen del movimiento de alto en bajo del agua que se rezuma por la pared y que deposita en esta direccion las partículas de la materia en ella contenidas.

Las primeras gotas *a* que llegan á la bóveda de la cueva, disminuyendo de volúmen por la evaporacion, dejan un pequeño anillo de materia sólida, que va aumentando lentamente por las gotas siguientes, y produce al cabo de cierto tiempo un tubo de paredes delgadas. Las paredes de este tubo se recubren de nueva materia á medida que el agua pasa por ellas; pero la parte interior cuyas dimensiones son siempre pequeñas se llena muy pronto, desde cuyo momento la estalactita aumenta solamente por su parte exterior presentando una forma cónica en razon á que el aumento de volúmen es mas pronunciado en la parte superior en donde el agua empieza á depositarse primero.

Las materias que producen las estalactitas están unas veces completamente disueltas en el líquido, otras simplemente interpuestas, y algunas en ambos estados á la vez. En el primer caso, la estructura es cristalina; en el segundo forman únicamente unas películas mas ó menos sólidas, que se sobreponen sucesivamente dando lugar á una estructura terrosa. Suele tambien observarse que las capas térreas alternan con las cristalinas.



El extremo inferior de las estalactitas suele recubrirse algunas veces de cristales agrupados confusamente que dan lugar á masas dendríticas etc., ó anillos cristalinos lo cual proviene de que la parte inferior de la cueva se llena de agua, dentro de la cual llega á sumergirse la estremidad de la estalactita, convirtiéndose en un centro de acción al rededor del que cristalizan todas las partículas de la materia disuelta en el líquido. Estos anillos suelen algunas veces presentarse en diferentes puntos de la longitud de las estalactitas, lo cual indica una diferencia de nivel en el líquido dentro del cual se encuentran sumergidas.

Las estalactitas se forman diariamente en las galerías de las minas, en las cavidades naturales de las rocas y principalmente en las grutas ó cavernas de los terrenos calizos, en donde disponiéndose de diferentes maneras producen la admiración de los viajeros que las visitan. Todas las sustancias minerales pueden presentarse bajo esta forma, pero solo hay un pequeño número que las presentan mas frecuentemente tales son el carbonato de cal en las cuevas, los óxidos de hierro y de manganeso en las galerías de las minas, varios minerales metálicos, el cuarzo, la calcedonia y el ópalo en algunas cavidades pequeñas de las masas minerales, etc.

Las gotas que caen sobre el suelo forman en él otros depósitos que se conocen con el nombre de estalacmitas, y que presentan protuberancias mas ó menos elevadas. Estos depósitos concluyen algunas veces por unirse con las estalactitas formando unas especies de columnas irregulares, que parecen colocadas espresamente para sostener la bóveda. La exudación que se verifica por las paredes laterales de estas cuevas producen tambien depósitos salientes, aislados, de poco espesor, ondulados, festonados y plegados de diferentes modos, asemejándose á los ropajes, configuración que recibe el nombre de *paniforme*.

Las *pisoolitas* son unos glóbulos aislados, formados de capas concéntricas, producidos por las aguas cargadas de materias en disolución y dotadas de un movimiento capáz de levantar continuamente los granos de arena depositados en el trayecto de su curso. Cada uno de estos granos se va cubriendo de películas sucesivas de la materia disuelta, fig. 7.<sup>a</sup>, y se aumenta tomando la forma esferoidea, hasta que haciéndose demasiado pesado para ser movido, cae al fondo del líquido,



donde mas tarde se encuentra aglutinada toda la masa: éste fenómeno se presenta todos los dias en las aguas de Vichy en Auvernia, en las de Karlsbad en Bohemia, en las de S. Felipe de Toscana; etc. Cada pisoolita suele tener por núcleo un grano de materia estraña, pero este grano inicial puede ser tambien una partícula de la misma sustancia préviamente formada.

Finalmente, los *cantos rodados* son unos trozos mas ó menos voluminosos de materias minerales, separados de las montañas, arrastrados por los torrentes y los rios, los cuales se redondean sucesivamente por la frotacion ó rozamiento mútuo. Los torrentes y rios actuales, las riveras de nuestros mares sometidos al flujo y reflujo, nos presentan á cada paso ejemplos de estas formaciones de cantos rodados, existiendo ademas en la superficie de nuestro globo depósitos inmensos, que testifican las grandes revoluciones que la tierra ha experimentado en épocas diversas.

La resistencia de los medios da lugar á formas redondeadas, nudosas y á veces capilares; así es como las materias fundidas que constituyen las lavas de los volcanes deslizándose por los costados de las montañas adquieren formas estalactíticas, y contorneadas de varias maneras. Estas mismas materias semipastosas, lanzadas en pequeñas porciones á la atmósfera, toman en ella formas globulosas, ú ovoideas, huecas algunas veces por su parte interior, las cuales se conocen con el nombre de *bombas volcánicas*. Parece que en ciertas circunstancias éstas materias al mismo tiempo que adquieren un movimiento ascensional al través de la atmósfera, giran sobre sí propias, en cuyo caso, en virtud de la fuerza escéntrica que produce el movimiento de rotacion adquieren la forma de dos conos unidos por sus bases, surcados por cavidades mas ó menos profundas, en el sentido perpendicular al eje de rotacion. Cuando las materias lanzadas por los volcanes se encuentran en un estado perfecto de fusion, suelen dividirse en una multitud de filamentos capilares, como se observa en el vidrio capilar de la Isla de Borbon.

Las sustancias que se consolidan en medio de las materias blandas deben tambien á la resistencia de estas las configuraciones reniformes, de superficie lisa cuando la materia no cristaliza, y erizadas de cristales cuando posee esta propiedad. Es evidente que este es el origen de ciertos riñones que

Formas debidas á la resistencia de los medios en que se solidifican las materias minerales.



se forman en las materias flojas ó movedizas por la infiltracion de líquidos cargados de sustancias lapídeas, los cuales aglutinan los granos que se encuentran al rededor de los puntos por donde han penetrado. Semejante fenómeno se observa perfectamente cuando echamos unas gotas de una disolucion gomosa sobre un montoncillo de arena fina. Pero esta esplicacion no es aplicable de manera alguna á los riñones, cuya materia es enteramente diferente de la que constituye la capa en medio de la cual se encuentran; como se observa en los riñones de *silice* ó pedernal de los depósitos calizos, cuya formacion ha dado lugar á varias hipótesis. La adoptada por Beudant parece ser la que mas se aproxima á la verdad: consiste en suponer que la formacion de estos riñones se verificó al mismo tiempo que la masa en que se encuentran, y no por filtraciones posteriores. Supone ademas que el depósito que dió lugar á la formacion de la capa donde el riñon se encuentra, estaba empapada de una disolucion de la materia de los riñones, que en el momento de la consolidacion del todo se verificó en diferentes puntos, una eleccion de partes: las partículas de la materia estraña se reunieron en virtud de la atraccion molecular, pero embarazada por la consistencia del depósito que la rodeaba y comprimida por todas partes, la masa formada por ellos, en vez de tomar una figura regular adquiria las formas redondeadas, nudosas, tuberculosas con que nosotros las observamos. Estas materias no han podido formar agrupamientos cristalinos, en razon á que se encontraban en un estado gelatinoso y no completamente disueltas, lo cual se comprueba observando que los riñones de materias silíceas (ópalo) que estaban en un estado pastoso en su lecho se han solidificado despues en las colecciones agrietándose á la manera de las materias que se desecan.

Cuando los riñones están huecos por su parte interior, reciben el nombre de *geodas*. Suele observarse con frecuencia que las paredes de la cavidad geódica están tapizadas de cristales ó estalactitas, de la misma ó de diferente naturaleza que la cubierta. No pocas veces esta cavidad se encuentra ocupada por una materia compacta ó térrea, que al desecarse experimenta una retraccion que la separa de las paredes de la cavidad, en la cual puede moverse: ciertos minerales de hierro que presentan este fenómeno, se designan ordinariamente con el nombre de *pedras de águila*.



Finalmente, las formas capilares no siempre son debidas á las cristalizaciones, puesto que nos vemos precisados á admitir que en muchos casos provienen de causas accidentales ó estrañas, especialmente en las sustancias metálicas puras, en las cuales no se observa indicio alguno de facetas ó caras regulares; por otra parte se producen algunas veces en circunstancias en las que no es posible admitir el fenómeno de la cristalización. Estos filamentos se forman con frecuencia por una causa puramente mecánica en las escorias de los hornos en que se funden los minerales de cobre: en efecto, la materia vitrificada de estas escorias se solidifica mucho antes que los glóbulos metálicos en ella contenidos, por consecuencia disminuyendo de volúmen ejerce una presión sobre el metal todavía líquido, obligándole á atravesar por los poros, en filamentos delgados que se distribuyen por la parte interior, llegando algunas veces hasta la superficie. Una cosa semejante se verifica por la via húmeda cuando se deposita una disolución salina en una vasija porosa.

Cuando las aguas que contienen materias en disolución se infiltran por otras movibles, ó permanecen en ellas, las aglutinan frecuentemente haciéndolas tomar configuraciones reniformes y aun las formas cristalinas propias de las sustancias que contienen.

Formas producidas por la aglutinación.

El mas bello ejemplo de este fenómeno es el que nos ofrecen las arenas que forman parte de las areniscas de Fontainebleau, las cuales cristalizan en romboedros agudos, aislados algunas veces y las mas agrupados, cuyo origen proviene de la infiltración de una disolución de carbonato de cal, al través de las arenas finas que forman parte de las areniscas citadas. Se prueba que la configuración es debida á esta sustancia tratando los cristales por el ácido nítrico, el cual disuelve toda la cal, y deja la arena en su estado pulverulento.

Muchas otras materias, tales como arcillas ferruginosas, óxidos de hierro y ciertas materias verdes, llamadas *cloritas*, han sido tambien arrastradas no pocas veces por la cristalización de diversas sustancias que se han formado en medio de ellas; pero en estos casos lo mas frecuente es que domine la materia cristalina, en tanto que en el ejemplo anterior la materia caliza no pasa á veces de 20 por 100.

Las aguas cargadas de materias en disolución suelen depositar sobre las plantas, los animales, ó las piedras que se

Formas debidas á la in-crustación.



hallan en los puntos por donde pasan una capa sólida de más ó menos espesor, que conserva groseramente la forma exterior de estos objetos: obsérvase este fenómeno con mas frecuencia en las aguas que brotan de las montañas calizas, y que están cargadas de carbonato de cal, cuya propiedad incrustrante utilizan los naturales del pais para formar juguetes caprichosos que venden á los viajeros con el nombre impropio de petrificaciones. Las aguas incrustrantes mas notables por la pureza del carbonato de cal que contienen, son las de S. Felipe de Toscana, utilizadas por el Doctor Vegny para fabricar bajos relieves recibéndolas sobre moldes hechos con sumo esmero. La materia que sobre ellos se deposita toma su configuracion y despues de separada, presenta un bajo relieve tan bien ejecutado como si se hubiera esculpido sobre mármol.

Se encuentran también con frecuencia incrustraciones cristalinas, que consisten en unos cristalitos simétricamente colocados en la superficie de otros cuerpos cristalizados, á quienes cubren total ó parcialmente. Pueden servir de ejemplo de estas formas estrañas, el doble carbonato de cal y magnesia de Méjico, cuyos cristales están agrupados esactamente sobre el carbonato de cal ordinario. El cuarzo ó cristal de roca, y los sulfuros de hierro y plomo incrustran algunas veces de la misma manera á varios otros minerales. Sucede con frecuencia que estos cuerpos desaparecen accidentalmente y no quedan mas que armazones huecas formadas por la materia que las incrustó.

Formas debidas al vaciado ó formas moldeadas.

Estas formas provienen de amoldarse las materias inorgánicas en cavidades preexistentes. Unas veces estas cavidades son producidas por la destruccion de ciertos cristales engastados en las rocas, las cuales se llenan despues de sustancias estrañas que ofrecen la configuracion regular de otros minerales: no puede saberse que esta forma es prestada sino en el caso en que difiera de todas las que el cuerpo introducido en la cavidad presenta ordinariamente: otras veces son unas celdillas naturales redondeadas, llenas total ó parcialmente de materias diferentes que presentan tambien las formas de riñones, llenos unas veces y huecos otras. En este último caso suelen hallarse tapizados interiormente de cristales, mas ó menos llenos de estalactitas, y no pocas veces de agua. La calcedonia, el carbonato de cal, una gran parte de las sustancias



llamadas en otro tiempo zeolitas, se encuentran de este modo en la naturaleza formando entonces partes de las rocas llamadas amigdaloides. Finalmente, las cavidades son producidas en otros casos por la preexistencia de cuerpos organizados sepultados en el seno de la tierra, tales como diversas especies de conchas, madreporas, vegetales, etc., que se encontraban engastados en la roca, y que han dejado en ella su impresion hueca; la sustancia que viene á modelarse en ella presenta entonces la figura exterior de estos cuerpos, por molde exterior; hay tambien impresiones de conchas, de polipos, de vegetales, etc., etc. Es necesario no confundir estos moldes con las conchas que conservan su parte mas dura y cuyo interior puede estar vacío ó mas frecuentemente lleno de varias sustancias. Estas formas prestadas, llamadas por algunos naturalistas *pseudomórficas* son muy abundantes en la naturaleza, perteneciendo la mayor parte al carbonato de cal, el resto á la calcedonia, al hidróxido de hierro y á un corto número de otras sustancias minerales.

Esta sustitucion se verifica por una operacion química, sin que se destruya la forma de la sustancia sustituida. Hay ocasiones en las que todos los principios constitutivos de la materia primitiva desaparecen completamente como cuando el sulfato y el carbonato de cal se convierten en sílice, pero en otras solamente son remplazados algunos de sus principios por otros. Este último caso se observa con frecuencia en los minerales que se encuentran en el seno de la tierra, espuestos á vapores de diversas sustancias, bañados por líquidos que contienen en disolucion cuerpos de todas especies, etc. El resultado de esta operacion se conoce con el nombre de *epigenia* de la cual existen numerosos ejemplos en la naturaleza. En efecto, se encuentran con frecuencia sulfuros de hierro convertidos en óxido ó hidróxido, fosfatos y carbonatos [de plomo convertidos en sulfuros, sulfatos y carbonatos de cal y aun los óxidos de hierro en cuarzo y calcedonia.

Formas debidas á la sustitucion gradual de unas sustancias por otras.

Por consecuencia la mayor parte de estos cambios parecen debidos á dobles descomposiciones en virtud de las leyes de la afinidad química, pudiendo reproducirlos á voluntad en nuestros laboratorios. En efecto, colocando un cristal de sulfato de cobre en creta pulverizada y húmeda, se transforma al poco tiempo su superficie en sulfato de cal. Las monedas de plata espuestas al hidrógeno sulfurado se transforman en sul-



furos, y finalmente cristales de acetato de plomo espuestos al mismo gas se convierten en sulfuro del mismo metal. En el mayor número de estas transformaciones desaparece la estructura del cuerpo que ha servido de tipo presentando una irregular, laminar, fibrosa, etc.: hay sin embargo algunos ejemplos de conservacion de la estructura primitiva. Estas sustituciones de unos minerales por otros son poco frecuentes en la naturaleza, y no se verifican sino entre un corto número de sustancias. Una sustitucion análoga es sin duda alguna la que da lugar á las *verdaderas petrificaciones* que se observan en las conchas y madreporas, en ciertos animales blandos y maderas de diversas especies, que se convierten en sílice cuando están sepultadas por mucho tiempo en la tierra. La materia petrificada presenta en este caso no solo la forma del cuerpo, sino tambien todo su tejido interior hasta en sus partes mas delicadas, carácter que sirve para distinguir las verdaderas petrificaciones de las materias incrustadas ó amoldadas, de las que hemos hablado ya, y á las cuales se ha dado impropiamente este nombre. Las materias que sustituyen á los cuerpos organizados son poco numerosas: la calcedonia sustituye frecuentemente á los animales y vegetales, el ópalo y el carbonato de hierro sustituyen únicamente á los vegetales, verificándose lo mismo, aunque raras veces, con el carbonato de cal y los sulfuros de cobre y hierro.

Formas debidas á la retraccion.

Finalmente, las materias pastosas al desecarse y las fundidas al solidificarse se hienden en todas direcciones á consecuencia de la retraccion que experimentan sus partículas sobre sí mismas, dando lugar á fragmentos poliédricos muy variados, cuyas formas se aproximan mas ó menos á las regulares: en efecto, el carbon de piedra y esquisto arcilloso se dividen por la retraccion en paralelepípedos rectangulares ó romboidales, fig. 8.<sup>a</sup>, el basalto y el hidróxido de hierro, calentado lentamente, presentan la forma de prismas de seis caras, fig. 9.<sup>a</sup>

Entre estas formas son estremadamente notables las que presentan las margas de Montmartre en las inmediaciones de Paris, las cuales se dividen en seis pirámides cuadrangulares, cuyas estremidades se reunen en un centro comun, fig. 10.

Estas retracciones, efectuadas en ciertas especies de riñones térreos son las que han dado lugar á lo que se llama *ludus helmontii*, fig. 11.

Los vacíos ocasionados por las hendiduras ó grietas se ha-



llan entonces llenos de una materia estraña mas ó menos dura, que suele sobresalir por efecto de la destruccion ó del desgaste de la materia fundamental. Otras veces desaparece la materia primera, y queda sola la que se depositó en las hendiduras, presentando una masa celular semejante á un panal de miel.

Las formas por retraccion se conocian antiguamente con el nombre de *pseudo-regulares*.

#### ESTRUCTURA.

Con el nombre de estructura se designa en mineralogia la colocacion que tienen las moléculas del mineral en la superficie interna nuevamente formada por la fractura.

La estructura se divide en regular é irregular; la primera es inherente á los minerales que la presentan y parece depender de su naturaleza: se descubre esta estructura, fracturando ciertos cristales por cuyo medio se observa que cada fragmento es un pequeño poliedro, y aun el mismo polvo de estos cuerpos examinado con el microscopio es un conjunto de pequeños sólidos terminados con regularidad. Asi es que los fragmentos que resultan de un cubo de sal comun son otros tantos cubos pequeños, los del espato fluor y del diamante son octaedros, y por último los del carbonado de cal, presentan una forma romboédrica. Estas divisiones naturales de los cuerpos se designan generalmente con el nombre de *esfoliacion*, en francés *clivage*, de la palabra alemana *klowen* que significa hendir madera.

Estructura regular.

No todos los minerales cristalizados poseen esta propiedad; hay muchos que no se quiebran nunca sino en fragmentos irregulares, como el cristal de roca, la esmeralda, etc. Otros solamente se prestan á la esfoliacion en dos sentidos ó direcciones y á veces solo en una, en cuyo caso no hay sólido determinado. Tambien sucede algunas veces que las esfoliaciones no se manifiestan sino por ciertas estrias que se presentan en la superficie de los cuerpos, ó por líneas brillantes que se perciben en la parte interior del cristal, las cuales se hacen visibles esponiendo los cristales á una luz muy intensa.

Los cuerpos de estructura regular suelen llamarse tambien *laminares*, porque sujetando varios de ellos á dos divisiones sucesivas practicadas en el mismo sentido, producen lámi-



nas de mas ó menos espesor y cuyas caras son paralelas. Esta division se practica en algunos con facilidad en hojas escesivamente delgadas y flexibles; en cuyo caso la estructura recibe el nombre de hojosa, como se observa en la cal sulfatada y en la mica, pero es necesario no confundir esta estructura regular con la hojosa de agregacion ó accidental que nos presentan otros minerales. La estructura interior de los minerales cristalizados regularmente, es siempre independiente de su forma exterior; siendo la misma para todos los cristales que pertenecen á la misma sustancia; y de aqui el gran partido que puede sacarse de la esfoliacion para distinguir los diferentes cuerpos que pertenecen á un mismo sistema de cristalización. De este modo el diamante tan caracterizado por otra parte, no podrá confundirse con la sal comun, no obstante cristalizar en el mismo sistema; el espato fluor que se presenta en cubos, en dodecaedros romboidales y en otra multitud de formas da siempre por la esfoliacion octaedros y tetraedros. Por último, todos los cristales de carbonato de cal sometidos á la division mecánica producen un romboedro peculiar á esta especie, aunque la mayor parte de aquellos difieren tanto unos de otros, que sea necesario estudiarlos detenidamente para asegurarse que pertenecen á la misma sustancia.

La esfoliacion practicada, no ya por la percusion sino metódicamente, suscitó en Haüy la idea de un núcleo central en los diferentes cristales que puede presentar un mismo cuerpo. En efecto, la esfoliacion verificada, con un instrumento cortante poco afilado, en cada uno de los ocho ángulos sólidos de un cristal cúbico de espato fluor, da lugar á otras tantas pequeñas pirámides, apareciendo en los puntos correspondientes caras triangulares, fig. 12. Si despues se van separando láminas paralelas á estos pequeños planos, llega á resultar un octaedro que se halla como colocado en el centro del cristal.

Si por el contrario, se toma un octaedro de galena, se observa que puede esfoliarse en los seis ángulos sólidos, fig. 13, y quitando tambien láminas sucesivas de cada ángulo, llega á convertirse en un cubo, que situado en el centro del cristal, parece haberle servido de núcleo. Por último, los escalenoesdros de carbonato de cal presentan tres esfoliaciones en su vértice, fig. 14, y separando láminas en estas tres direcciones, se llega á un romboedro central que parece haber servido de



base á la cristalización. Todos los cristales esfoliables presentan fenómenos análogos.

En virtud de estas observaciones concibió Haüy la idea de que en cada sustancia existía una *forma primitiva* ó *núcleo* y la de explicar la existencia de todas las demás, á las cuales llama *secundarias*, por la sobreposición de diversas láminas decrecientes sobre la primera.

De lo dicho se infiere, que la elección de la forma tipo ó primitiva, que debe representar toda la cristalización de una sustancia y de la que hablamos al tratar de las formas regulares, no es indiferente. Es natural adoptar el sólido de esfoliación en las sustancias que poseen esta propiedad, pero en los cuerpos no esfoliables deberá elegirse en general la forma que domina en los cristales de que se tiene conocimiento.

La estructura irregular no es inherente á las sustancias que la presentan sino que depende de circunstancias accidentales, las cuales pueden reducirse á las siguientes: 1.<sup>a</sup> A la agregación irregular de cristales ó de partículas materiales; 2.<sup>a</sup> á la sobreposición de capas que se recubren sucesivamente; 3.<sup>a</sup> á la retracción verificada en las materias pastosas al desecarse ó por el enfriamiento, y en algunos cuerpos sólidos por una elevación de temperatura; 4.<sup>a</sup> al moldeado en las hendiduras en que cristalizan las materias minerales; 5.<sup>a</sup> á la descomposición de ciertas sustancias contenidas en otras ó al desprendimiento de gases de la parte interior de las materias pastosas; 6.<sup>a</sup> á la petrificación de los seres y restos orgánicos.

Estructura irregular.

Cuando los cristales agrupados irregularmente son esfoliables, presenta la masa en su fractura una multitud de pequeños planos dirigidos en todos sentidos y que pueden reconocerse por su brillo: en este caso la estructura es *laminar*, componiéndose de grandes ó pequeñas láminas, como se observa en el mármol estatuario ó de Carrara; en este caso se distingue también esta estructura con el nombre de *sacaroidea*. Algunas veces están formadas las masas de pajitas poco adheridas unas á otras, y que suelen quedarse en los dedos cuando se las toca, como se observa en el sulfato de cal *niviforme*, en ciertas variedades de hierro oligisto y en las materias designadas con el nombre de *cloritas*.

Estructura por agrupamiento irregular de cristales ó de partículas materiales.

Los cristales suelen reunirse formando grupos dendríticos mezclados unos con otros; estos grupos presentan también en su fractura, una estructura del mismo género, la cual se ob-



serva en varios metales fundidos en nuestros laboratorios y en la plata, el bismuto y el azufre nativos. Se han distinguido con varios nombres las diversas variedades de la estructura dendrítica, de las cuales las mas notables son las de en forma de *palma*, de *red*, de *ranuda*, de *encaje*, etc., fig. 15. Esta estructura conviene á las sustancias esfoliables y á las que no lo son; en el primer caso es á la vez laminar y dendrítica como se observa en el bismuto, y en el sulfuro de plomo palmado. Cuando los cristales esfoliables ó no esfoliables, regulares ú obliterados y redondeados por supresion mútua están amontonados los unos sobre los otros, y agregados entre sí con una fuerza menor que la de cohesion que reúne sus partículas, resulta una masa cuyas partes componentes se separan por el choque sin romperse: la fractura presenta entonces cavidades y partes salientes mas ó menos irregulares, formadas por granos reunidos. Esta estructura recibe el nombre de *granular* y conviene á un gran número de sustancias, tales como el carbonato y sulfato de cal, el sulfato de barita, gránate, óxido de hierro, etc., etc., siendo debida en estos cuerpos á la reunion de verdaderos cristales mas ó menos desfigurados. Esta estructura se observa tambien en las masas que resultan de la reunion de granitos redondeados previamente por el movimiento de las aguas, como se verifica en las materias conocidas con el nombre comun de areniscas. Las masas formadas de fragmentos mas gruesos, unidos entre sí por un cemento cualquiera representan esta estructura en grandes masas; pudiendo decirse otro tanto de los montones de fragmentos que constituyen las masas conocidas con el nombre de *brechas*. Se encuentra tambien la estructura granular en las masas minerales compuestas, que como el granito resultan de la cristalización simultánea de varias sustancias entremezcladas.

Existen tambien masas que resultan de la acumulacion de una multitud de glóbulos formados por capas concéntricas de cuya formacion hemos hablado en la página 18 los cuales están unas veces reunidos inmediatamente y otras por un cemento visible. La estructura que resulta de esta reunion de pequeños granos se conoce comunmente con el nombre de *oolítica* y se observa muy particularmente en ciertas variedades de cal carbonatada y en el hidróxido de hierro. Las masas que la poseen presentan en un mismo fragmento dos espe-



cies de estructura, la una granular ó de agregacion y la otra concéntrica ó de acrecentamiento.

Cuando los cristales largos y delgados se agrupan sin adquirir una adherencia completa, resultan masas de una estructura particular, que se designa con los nombres de *bacilares y fibrosas*. Las primeras estan formadas por unas especies de prismas, reunidos en el sentido de su longitud, y desfigurados por su presion mútua, como se observa en el carbonato de cal, en el topacio, turmalina, arsénico, etc., etc. Las segundas están compuestas de agujas pequeñas ó de filamentos delgados, cristalizados ó accidentales, rectos ó redondeados unidos en el sentido de su longitud, dispuestos en rayos divergentes, ó entrelazados de diferentes maneras. Algunas veces las fibras reunidas tienen muy poca adherencia, dando lugar á masas suaves, y sedosas, como se observa en las diversas variedades de amianto; otras á masas flexibles, fieltadas, (cuero ó papel de montaña), y no pocas á masas en forma de copos parecidas al algodón como se observa en la mesotipa, carbonato de cal, etc. Hay minerales en los cuales las fibras estan agrupadas con irregularidad, en tanto que en otros lo estan bajo ángulos determinados, que se refieren al sistema cristalino de la sustancia: en este último caso resultan unas especies de enrejados ó redecillas, y la sustancia que presenta esta estructura recibe el nombre de *reticular*, pudiendo servir de ejemplo el óxido de titanio.

Cuando los prismas ó fibras estan muy unidos, la masa suele presentar á la vez varias estructuras, siendo una de ellas el resultado de la agregacion, dependiendo las demas de la estructura de cada uno de los cristales reunidos. Asi se observa que el sulfuro de antimonio presenta la estructura fibrosa y laminar en el mismo sentido, que el carbonato de cal presenta la estructura fibrosa en un sentido y la laminar en otro, y por último que el sulfuro de hierro y el aragonito presentan una estructura fibrosa en un sentido y compacta en el otro.

Sucedé con frecuencia que los cristales formados de hojuelas delgadas, ó las pajitas de mica, se depositan de plano unos sobre otros, ó se les agregan en el sentido de su longitud cristalitos capilares formando masas de mayor ó menor estension. Estas masas se dividen entonces, por el plano de las hojas ó fibras, en hojitas mas ó menos gruesas, como se



observa en las diversas especies de pizarras, que estan formadas de pajitas colocadas de plano; ó en varias especies de areniscas y de arcillas que contienen lechos de poco espesor de semejantes pajillas. Esta estructura se ha designado con el nombre de *esquistosa* ó apizarrada y las sustancias que la presentan suelen tomar el nombre de *esquisto* que significa fácil de hendir.

Las estructuras hasta aqui descritas resultan de un agrupamiento irregular de cristales ó de granos rodados que conservan dimensiones apreciables y que aun cuando amontonados confusamente los unos sobre los otros pueden distinguirse inmediatamente ó por medio de su estructura propia. Pero cuando los cristales son sumamente pequeños ó las materias rodadas estan reducidas á un extremo grado de division no es fácil distinguirlos en la masa formada por su reunion, resultando por consecuencia estructuras *compactas*. La mayor parte de estas estructuras pueden considerarse como variedades extremas de las laminares, granulares ó fibrosas, en las cuales las láminas, los granos y las fibras son tan delgados y estan tan íntimamente unidos que no es posible distinguirlos. En otros casos la estructura compacta es de diferente naturaleza, no reconociéndose en la masa, ni aun con el microscopio, parte alguna distinta, como sucede en el vidrio, en el cristal de roca, etc. Otras veces pasan las materias compactas á variedades térreas ó gelatinosas; se observan las primeras en los depósitos de poca ó ninguna coherencia, que no adquieren consistencia sino por la desecacion, produciendo en este caso masas térreas, varias de las cuales pueden volverse á reducir al estado pastoso cuando el agua las penetra de nuevo. Muchos de estos depósitos presentan á la vista una estructura parecida á la granular ó compacta; pero la falta de coherencia de las particulas anuncia en este caso una colocacion particular, mas irregularidades y sobre todo mas vacíos que en las otras.

Las masas que presentan la estructura gelatinosa deben su origen á la reunion de partículas sumamente divididas, tales como las que resultan de la desecacion de los precipitados gelatinosos, que se obtienen frecuentemente en los laboratorios. Estas masas suelen encontrarse en la naturaleza completamente desecadas, si bien es mas frecuente hallarlas en el estado gelatinoso, que atestigua su origen. Sue-



le tambien observarse que adquieren una estructura tan fina y una semitransparencia ó una transparencia tan completa, que pueden confundirse con las sustancias compactas por naturaleza, y por efecto de cristalización regular; sin embargo de que presentan en todos los casos caractéres particulares que las distinguen. En efecto, su brillo no es el de las materias vidriosas sino el parecido al del engrudo desecado ó el que conviene á las sustancias resinosas, siendo en muchas ocasiones completamente cereo. Es posible que muchas variedades de minerales, tales como el ópalo y el pedernal, que consideramos aun como producidas por la cristalización, no sean sino el resultado de una desecación de precipitados estremadamente finos.

El acrecentamiento no solo se manifiesta en los cristales donde produce una estructura irregular poliédrica sino que tiene igualmente lugar en las pisoolitas, en las configuraciones reniformes no cristalinas donde determina una estructura esferoidal; en las estalactitas en que la estructura es cilíndrica ó cónica, en las estalacmitas y en los depósitos que las aguas forman en varios puntos donde es ondeada de diversas maneras. Esta estructura suele manifestarse independientemente de las estructuras hojosas, fibrosas, etc., que se observan al mismo tiempo en los cuerpos.

Estructura irregular de acrecentamiento.

Las materias finas depositadas en el estado pastoso experimentan con frecuencia al desecarse una retracción mas ó menos considerable, que da lugar á soluciones de continuidad, y por consecuencia á estructuras diversas. En efecto, semejante retracción permite á los minerales que puedan dividirse en hojas presentando por consecuencia una estructura apizarrada, como se observa en las arcillas y en algunas margas. Si la desecación se verifica sobre masas pequeñas y aisladas por todas partes de modo que el aire pueda rodearlas, las hojas son casi siempre curvilíneas y concéntricas. La retracción puede tambien verificarse por el enfriamiento de una masa fundida; y solamente de este modo es como puede esplicarse la estructura apizarrada formada de hojas concéntricas que presentan ciertas materias volcánicas, vidriosas, vidrio-lapídeas y lapídeas, tales como las phonolitas esquistosas, basalto esquistoideo, escorias, obsidianas, etc. A veces las capas se separan con facilidad pero en otros casos estan solamente indicadas.

Estructura por retracción.

VICENTE PAT...  
GUIN...  
ARQUITO...  
PLAS... TO



La retraccion ó el enfriamiento producen tambien estructuras bacilares, ó en forma de columnas si se considera en grandes masas. Asi es como el carbon de piedra se divide algunas veces en varillas de tres, cuatro, cinco ó seis caras, lo cual no puede atribuirse sino á la desecacion que ha experimentado la materia carbonosa. El basalto, considerado en grandes masas, á consecuencia del enfriamiento que ha experimentado esta materia volcánica despues de su salida del volcan, se presenta en columnas prismáticas de tres, cuatro, cinco y seis caras, cuya forma dimos á conocer al tratar de las formas por retraccion pág. 24 unas veces rectas, otras encorvadas colocadas verticalmente ó tendidas y no pocas reunidas en hacecillos.

Estructura por moldeado.

Cuando las grietas producidas por la retraccion se llenan de una sustancia estraña que se solidifica en ellas, resultan unas especies de mosaicos, cuyos fragmentos presentan mas ó menos regularidad y que se conocen en general con el nombre de ludus, pág. 24; la mayor parte son riñones de óxido ó de carbonato de hierro que han experimentado una retraccion en el centro, y cuyas hendiduras se han llenado de carbonato de cal ó de cuarzo. Cuando la materia infiltrada en las hendiduras es sólida y desaparece la materia que formaba las celdillas, resulta una especie de esqueleto lapídeo que unas veces se asemeja á un panal por tener las celdillas exágonas, y otras á una masa tabicada en todas direcciones presentando una multitud de cavidades irregulares frecuentemente angulares, como se observa en algunas variedades de silex molar, especialmente en el que se encuentra formando nidos en medio de las materias arcillosas.

Estructura debida al desprendimiento de gases ó á la descomposicion de ciertas sustancias contenidas en otras.

Las sustancias gaseosas que atraviesan las materias fundidas ó pastosas, producen en ellas celdillas, á veces redondeadas, ó bien poros mas ó menos numerosos, como se observa en las escorias y en las materias volcánicas. Los poros ó las celdillas suelen alargarse en la direccion del movimiento de la masa fundida, y de aqui resulta una especie de estructura fibrosa, que se observa muy principalmente en la piedra pomez.

Algunos depósitos calizos estan como acribillados de unas especies de tubos verticales, que parecen provenir de gases producidos por la descomposicion de materias orgánicas situadas debajo de ellos.



Tambien se produce algunas veces una especie de estructura celular ó porosa por efecto de la descomposicion de ciertos cristales, ó pequeños riñones, que dejan su molde en hueco en las masas donde estaban implantados, como suele suceder á consecuencia de la destruccion de los cristales y de los riñones de pirita.

Ya hemos visto al tratar de la forma que en las verdaderas petrificaciones todo el tejido orgánico se encuentra perfectamente conservado; de donde resultan estructuras que pertenecen á los cuerpos organizados, como las maderas, madreporas, ciertos animales blandos, etc.

Estructura orgánica.

Hay tambien estructuras en forma tubular, que dependen, ya de restos orgánicos que afectaban esta forma, ya de cuerpos cilíndricos que dejaron sus moldes en las materias minerales.

Debe notarse, finalmente, que las piedras calizas se hallan á veces agujereadas por ciertos moluscos, y ofrecen con este motivo una estructura celular puramente accidental; circunstancia que no solo se presenta en las canteras de cal del litoral de nuestros mares, sino en las que se hallan en lo interior de los continentes, las cuales por consiguiente han debido ser bañadas en otro tiempo por las aguas del Océano.

#### FRACTURA.

Las estructuras que acabamos de describir han sido expresadas tambien algunas veces con el nombre de fractura en razon á que para examinar las primeras es indispensable que preceda la segunda; por eso suele decirse que tal cuerpo tiene la fractura porosa, granosa, fibrosa, etc. Sin embargo, la palabra fractura se emplea únicamente para designar ciertas modificaciones de la estructura compacta.

Estas modificaciones dan lugar á las fracturas conocidas con los nombres de conchoidea y conoidea, astillosa y llana: corresponde la primera á los minerales cuya compacidad es vidriosa y á los que poseen un grano estremadamente fino y un lustre resinoso; la fractura en estos casos presenta en uno de los fragmentos una cavidad redondeada, con estrías ó arrugas concéntricas, y en el otro un relieve que se ajusta exactamente á la cavidad del anterior; esta cavidad se asemeja algun tanto á la marca que pudieran producir ciertas



conchas, y de aquí el nombre de conchoidea con que se distingue esta especie de estructura. Sus variedades se indican por la mayor ó menor profundidad de la cavidad y por el estado de la superficie, que puede ser mas ó menos lisa. Esta fractura presenta en algunos casos una circunstancia particular. Cuando el cuerpo sobre que se opera es muy homogéneo, el choque produce en su interior un cono mas ó menos obtuso, cuyo vértice corresponde al punto chocado. Este efecto se observa muy bien dejando caer varias veces una esfera de ágata trasluciente sobre un cuerpo bastante duro. Cada golpe produce en ella un cono pequeño. Puede tambien producirse este efecto golpeando con un punzon y un martillo la superficie de un pedernal ó de un trozo de ágata.

La fractura recibe el nombre de astillosa ó escamosa cuando presenta una multitud de esquirlas ó escamas pequeñas, que se separan con mas ó menos facilidad, estando algunas veces indicadas solamente por la hendidura que cada una de ellas determina.

Por último, existen algunos minerales cuya fractura es lisa ó plana como se observa constantemente en las piedras calizas que se emplean en la litografía. La superficie de esta fractura es unida en los cuerpos cuyo grano es muy fino, y mas ó menos cubierta de desigualdades en aquellos cuya estructura se aproxima á la granuda.

Tambien suele distinguirse la fractura con los nombres de *vidriosa*, *resinosa* y *terrosa*, etc., segun la especie de lustre ó brillo que presenta.

#### TENACIDAD.

La tenacidad considerada mineralógicamente es la resistencia que oponen los cuerpos á la separacion de sus moléculas, cuando se los somete á la accion del choque: Depende 1.º del volúmen del cuerpo; 2.º de la elasticidad; 3.º de su composicion; pero las diferencias mas notables provienen de la estructura, siendo sensibles en muchos casos, aun para las variedades de una misma especie. Todos los minerales solubles en el agua y los que la tienen combinada, son en general bastante frágiles, cuya propiedad parece depender de su naturaleza; tales son, por ejemplo, las sales y los hidratos. Entre los minerales insolubles los que son susceptibles de esfoliacion



son en general mas frágiles que los otros ; las variedades compactas de una misma sustancia se fracturan con mas facilidad que las variedades cuya estructura es laminar , y sobre todo que las que poseen una estructura fibrosa entrelazada cuya tenacidad es frecuentemente muy considerable. La tenacidad varia tambien con las diversas clases de compacidad que poseen los minerales ; en efecto , los que en la fractura presentan un lustre resinoso ó gelatinoso , son generalmente mas frágiles que los que le presentan vítreo , y estos mas que los cuerpos compactos lapídeos y sobre todo que los que resultan de una agregacion de pequeñas partículas rodadas. Las sustancias muy celulosas son generalmente muy difíciles de romperse, en razon á que el choque no se propaga sino con dificultad por la masa del cuerpo.

La tenacidad no está en razon directa de la dureza , antes por el contrario se observa con frecuencia que está en razon inversa de esta propiedad. Esto proviene de que la facilidad de romperse en fragmentos depende de la elasticidad , que es en general mucho mayor en los cuerpos duros. Los minerales poco elásticos como la mayor parte de los conglomerados terrosos , que pueden dividirse por un choque poco enérgico , se desmenuzan fácilmente por la presion.

#### ELASTICIDAD Y FLEXIBILIDAD.

Muchas sustancias minerales son elásticas , es decir , que sus moléculas tienen la propiedad de dislocarse momentáneamente y de restituirse en breve á sus posiciones primitivas. La elasticidad se manifiesta especialmente en las láminas ó planchas de ciertos cuerpos , las cuales pueden doblarse ó encorvarse mas ó menos , pero abandonándolas se restituyen inmediatamente á su estado natural ; propiedad que las distingue de muchas otras que son simplemente *flexibles* , y que conservan la curvatura que en ellas se hace artificialmente.

La flexibilidad , opuesta á la *rigidez* , vaya ó no acompañada de elasticidad , se observa en particular en las sustancias que se dividen naturalmente en láminas , ó que se encuentran en filamentos muy ténues ; y se manifiesta en alto grado en las materias llamadas *asbesto* ó *amianto* , que no son mas que un conjunto de fibras delgadas y poco adheridas , que se observa



en diferentes sustancias, habiendo entre ellas algunas variedades tan suaves y flexibles como la seda.

Existen tambien materias que presentan cierta flexibilidad que proviene de la disposicion mas ó menos floja de sus partículas; muchas especies de mármoles sacaróideos, de materias granulares talladas en placas, se encuentran en este caso: algunas veces la flexibilidad está aumentada ó enteramente producida por la presencia de una cantidad mayor ó menor de pajitas de mica, como se observa en ciertas rocas cuarzosas del Brasil, á las cuales se las designa ordinariamente con el nombre de areniscas elásticas ó flexibles del Brasil.

#### DUCTILIDAD.

La ductilidad es la propiedad que tienen algunos minerales de dejarse estender en hojas ó en alambres mas ó menos delgados por la accion del laminador, el martillo ó la hilera. Se aplica principalmente á los metales nativos. Se designan tambien con el nombre de *ductiles* ciertos minerales que ceden como el plomo, á la accion de un instrumento cortante dando lugar á láminas arrolladas mas ó menos perceptibles. El sulfuro de plata, que no puede estenderse por la accion del martillo, se considera sin embargo por los mineralogistas como un cuerpo ductil.

#### DUREZA.

La dureza considerada mineralógicamente es la resistencia que presentan los cuerpos inorgánicos á ser rayados ó pulverizados por otros. Bajo este aspecto, el diamante es el cuerpo mas duro que se conoce, puesto que raya ó desgasta todos los cuerpos, y no es rayado ó desgastado por ninguno, de modo que para tallarle ó pulimentarle es preciso servirse de su propio polvo; mas no por esto debe creerse que resista del mismo modo al choque, siendo como es por el contrario, sumamente frágil.

La dureza es siempre igual en una misma especie cuando se ensaya en las mismas circunstancias, suele variar en las diversas caras ó facetas de un cristal y segun el sentido en que se ensaya. En los minerales susceptibles de esfoliacion,



la dureza es menor en el sentido de esta que transversalmente: en la cal fluatada, por ejemplo, que cristaliza en cubos, pero cuya espoliacion es octaédrica, la dureza es menor en el sentido de las diagonales de las caras ó facetas, que paralelamente á las aristas. Lo contrario sucede en la *galena* ó *sulfuro de plomo*, que posee tres esfoliaciones paralelas á las caras del cubo. Obsérvase que la *cal sulfatada*, compuesta de cal, de ácido sulfúrico y de agua, es mucho menos dura que la *anhidrita*, que contiene solamente cal y ácido sulfúrico.

Resulta de todas estas observaciones que la dureza no es inherente á las moléculas de los minerales dependiendo mas bien de su estado de agregacion.

Asi se observa que la dureza de las variedades cristalizadas no es comparable con la de aquellas que están formadas por agregacion confusa. Tampoco es comparable la dureza en los casos de dimorfismo: asi es que el aragonito raya profundamente al carbonato de cal ordinario y no es rayado por él; asi como el acero templado raya al acero que no lo está y ofrece una resistencia mucho mayor á todos los cuerpos con que se intenta desgastarle.

La dureza se emplea para distinguir diferentes cuerpos; por su medio se reconocerá siempre el diamante que, como hemos manifestado ya, raya á todos los cuerpos; y el rubí y el zafiro que los raya tambien y no son rayados sino por aquel; del mismo modo podrán distinguirse las piedras preciosas, de todos los vidrios de color con que se procura imitarlas, puesto que todas estas piedras, rayan al vidrio y no son rayadas por él; y el carbonato de cal no se confundirá con el yeso, que puede rayarse fácilmente con la uña. Sin embargo, la distincion no es bien manifiesta sino en los cuerpos en que esta propiedad se presenta en sus grados extremos; no habiéndose hallado todavía medios de valuarla en aquellos en que las diferencias son de poca consideracion. Para conseguirlo, el profesor Mohs, ha tomado no obstante, diez sustancias de una dureza progresiva por términos de comparacion; á saber;

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1.º El talco laminar.              | 6.º El feldespató laminar. |
| 2.º La cal sulfatada cristalizada. | 7.º El cuarzo hialino.     |
| 3.º El espato de Islandia.         | 8.º El topacio.            |
| 4.º La cal fluatada.               | 9.º El corindon hialino.   |
| 5.º La cal fosfatada.              | 10.º El diamante.          |



Esta tabla se conoce con el nombre de escala relativa de la dureza de Mohs.

Para decidir de la dureza de un mineral empezaremos por los números mas altos, es decir, desde el zafiro, puesto que seria inútil hacerlo por el diamante en atención á que los raya á todos.

Luego que el mineral deja de ser rayado, y suponiendo que lo haya sido por el cuarzo y no por el feldespato, podemos asegurar que su dureza se encuentra entre la de estos dos minerales, ó bien que su dureza está entre los números seis y siete.

Se considera tambien algunas veces como carácter la propiedad de dar chispas con el eslabon. Este efecto depende á la vez de la dureza y de la tenacidad. De la dureza, porque es preciso que la sustancia pueda desgastar el acero, cuyas partículas arrojadas rápidamente al aire se inflaman y producen las chispas; de la tenacidad, porque es necesario que la piedra resista al choque. El diamante no produce chispas, porque si bien su dureza es superior á la de todos los cuerpos, es tambien demasiado frágil; y el cristal de roca no da tantas chispas como el pedernal, á pesar de ser de la misma naturaleza, por poseer una tenacidad mucho menor.

#### RAYA.

Cuando se ensaya la dureza resulta una raya y un polvo, cuyo estudio es de gran interés para la determinacion de ciertas sustancias. Los minerales de hierro hidratados, por ejemplo, llamados generalmente *hematites* producen un polvo de color amarillo ocráceo que les distingue inmediatamente de los minerales de manganeso concrecionados, cuyo polvo es de color negro. En todos los minerales que poseen un color propio, la raya es tambien tan característica como en el ejemplo que acabamos de citar.

#### TIZNADURA.

Aun cuando éste carácter pertenece á un corto número de minerales, es de gran utilidad para distinguir todos los que le poseen. La tiznadura consiste en la propiedad que tienen algunos minerales de manchar la mano, el papel ú otro cuerpo



con que se les frota: se aplica únicamente á los minerales deleznable, como la creta y el grafito. El *grafito*, que se asemeja mucho por los demás caracteres á el molibdeno sulfurado, se distingue perfectamente por el color de la tiznadura.

#### PESO Y DENSIDAD RELATIVA.

El peso de un cuerpo es la presión que ejerce sobre los obstáculos que se oponen á su caída. Este peso depende de la acción de la gravedad y del número de moléculas elementales que el cuerpo contiene, siendo por consecuencia proporcional á su masa. En efecto, si representamos por  $M$  el número de moléculas contenidas en un cuerpo cualquiera, por  $G$  el valor de la gravedad, y por  $P$  el peso, tendremos por lo ya dicho  $P = MG$ . Para otro cuerpo cuya masa sea  $M'$ , y  $P'$  su peso, tendremos  $P' = M'G$ , de donde  $P:P'::M:M'$ . La diferencia de peso que nos presentan los cuerpos se aprecia por medio de la balanza, pero ésta diferencia es algunas veces tan notable en los minerales que basta tomarlos simplemente en las manos para hacerla perceptible; así, por ejemplo, nunca puede confundirse el platino con la plata que pesa la mitad menos, ni con el estaño que casi no pesa mas que la tercera parte; tampoco puede confundirse el oro con el cobre amarillo, ni el sulfato de barita y el carbonato de plomo, con el carbonato de cal, que siendo blancos y transparentes presentan algunas analogías. Sin embargo, existen un gran número de sustancias que se diferencian mucho menos unas de otras, y que no pueden distinguirse sino por medio de valuaciones suficientemente exactas. La experiencia nos enseña además que bajo el mismo volúmen los cuerpos heterogéneos ó de diversa naturaleza, tienen pesos desiguales. Estas diferencias dependen: 1.º de que las moléculas de estos cuerpos, suponiendo que tengan la misma masa, esten mas próximas en uno que en otro, como se observa en una misma sustancia á diferente temperatura; 2.º de que las moléculas de éstos cuerpos tengan pesos ó masas diferentes; y 3.º de las dos causas reunidas.

Se llama densidad absoluta de un cuerpo la cantidad de materia que contiene bajo la unidad de volúmen. Así, pues, designando por  $D$  esta densidad, por  $M$  la masa del cuerpo y



por  $V$  su volúmen, tendremos  $D = \frac{M}{V}$  de donde  $M = VD$ .

Si sustituimos en la espresion anterior  $P = MG$  el valor de  $M$  resultará  $P = VDG$ . De ésta fórmula se deducen las consecuencias siguientes:

1.<sup>a</sup> Para un segundo cuerpo cuyo peso sea  $P'$ , el volúmen  $V'$ , la densidad  $D'$ , tendremos  $P' = V'D'G$ : de donde se deduce  $P:P'::VD:V'D'$  (a).

2.<sup>a</sup> Si suponemos que  $D' = D$ , la proporcion (a) se transforma en esta otra  $P:P'::V:V'$ . Luego cuando dos cuerpos tienen la misma densidad, sus pesos son proporcionales á sus volúmenes.

3.<sup>a</sup> Si suponemos ahora  $P' = P$ , tendremos  $VD = V'D'$ , y por consecuencia  $V:V'::D':D$ . Luego cuando dos cuerpos heterogéneos tienen el mismo peso, sus volúmenes están en razon inversa de sus densidades.

4.<sup>a</sup> Si suponemos por último  $V = V'$ , la proporcion (a) dá  $P:P'::D:D'$ , de donde se deduce que las densidades de dos cuerpos son proporcionales á sus pesos, *bajo volúmenes iguales*.

Esta última consecuencia es de la mayor importancia; en efecto, no siéndonos posible determinar las densidades absolutas de los cuerpos, será necesario determinarlas relativamente á la de otro cuerpo que se tome por unidad. El cuerpo con cuya densidad se comparan las de los sólidos y líquidos es el agua destilada, primero, porque es un líquido y por lo tanto puede averiguarse por el principio de Arquimedes el peso de un volúmen esactamente igual al de cualquiera otro cuerpo; segundo, porque dicha sustancia se encuentra en todas partes; y tercero, por la facilidad con que podemos reducir este líquido á una densidad uniforme. Esto supuesto se llaman *densidades relativas ó pesos específicos* de los cuerpos las relaciones de sus densidades absolutas con la del agua. Y puesto que hemos demostrado, que bajo el mismo volúmen, las densidades de los cuerpos son proporcionales á sus pesos, resulta que para determinar la densidad de un cuerpo con relacion á la del agua, bastará pesar este cuerpo y el agua destilada bajo el mismo volúmen y dividir el primero por el segundo.

Se ha convenido tambien en reducir las densidades relativas obtenidas á la temperatura  $18^{\circ}$  C; por consiguiente los números indicados, en las tablas espresan que los cuerpos á



que se refieren son dos, tres, veinte veces, etc., mas pesados que el agua bajo el mismo volúmen, ó pesan la mitad, la tercera parte, etc., de este líquido á la temperatura indicada.

Para determinar las densidades relativas de los cuerpos podemos servirnos de la balanza hidrostática, que difiere de la balanza ordinaria, en que uno de los platillos tiene en su parte inferior un pequeño gancho al cual se sujeta un hilo que sirve para suspender en el agua el cuerpo sólido cuya densidad queremos hallar.

Medios de determinar las densidades relativas. Balanza hidrostática.

El procedimiento está reducido á pesar el cuerpo en el aire y despues dentro del agua destilada: la diferencia de estos dos pesos representa el peso de un volúmen de líquido igual al del cuerpo, de modo que teniendo pesos de volúmenes iguales bastará dividir el peso del cuerpo en el aire por el del volúmen de agua desalojado. Este método no puede aplicarse sino á cuerpos de bastante volúmen por la dificultad de suspender del hilo cuerpos muy pequeños y mucho menos á sustancias reducidas á polvo.

Este aparato, fig. 16, se compone de un cilindro de hoja de lata, laton, ó vidrio, terminado por dos conos opuestos por sus bases. El cono superior está unido á un vástago muy delgado, que sostiene una capsulita destinada á colocar en ella los pesos. De la parte inferior se suspende un cuerpo que sirve de lastre y cuya forma se asemeja á la de una cubeta y en el que deben situarse los cuerpos cuya densidad relativa se quiere determinar. Sobre el vástago superior hay una señal *a* llamada *punto de enrase*, porque en todas las esperiencias el aparato debe sumergirse en el agua hasta este punto.

Areómetro de Nicholson.

Para servirse del areómetro, se le sumerge en el agua destilada, se coloca en la cápsula superior un peso *P* suficiente para enrasarle hasta el punto *a*, se separa este peso de la cápsula y se sustituye por el cuerpo cuya densidad se trata de hallar. Si *P'* representa el peso que necesitamos unir al cuerpo ó colocar con él para que se verifique nuevamente el enrase, la diferencia *P—P'* nos dará á conocer el peso del cuerpo.

(1) Verificadas estas operaciones se trasporta el cuerpo á la cápsula inferior y se le sumerge en el agua con el areómetro; el aparato no enrasa como anteriormente y será necesario para conseguirlo añadir en la cápsula superior un nuevo peso *P''*, el cual representa evidentemente la pérdida de peso que ha experimentado el cuerpo por su inmersion en el agua, es de-

1) Es necesario dejar en el platillo superior el peso y poner en el inferior el cuerpo. etc.



cir, el peso de un volúmen de agua igual al suyo. La densidad que se busca será en este caso igual á la relacion  $\frac{P-P'}{P''}$ .

Este procedimiento se ha empleado por mucho tiempo, pero las burbujas de aire que se adhieren á la superficie del areómetro y á la del cuerpo sometido al experimento, producen errores que pueden hacerse sensibles hasta en la segunda cifra decimal, especialmente cuando los fragmentos del mineral son de pequeñas dimensiones.

Frasco de  
volúmen cons-  
tante.

El medio mas cómodo y mas generalmente empleado hace algunos años por los mineralogistas, consiste en servirse de un frasco pequeño, fig. 17, cuyo tapon esmerilado *ab* se introduce exactamente hasta la línea *cd*, de modo que el volúmen del frasco sea constante. Se hace atravesar por el tapon un tubo capilar siguiendo la línea *ab*: si se llena la botella de agua destilada y se coloca despues el tapon, introduciéndole hasta la línea *cd*, el agua escedente saldrá por el tubo capilar, y el volúmen de líquido contenido en la botella será constante.

La operacion pues está reducida á pesar en primer lugar el frasco lleno de agua y despues el cuerpo sólido en una balanza esacta, por último, se coloca el cuerpo dentro del frasco, y se introduce el tapon lo mas exactamente posible de modo que aquel quede completamente lleno; es evidente que la cantidad de agua que sale de él es precisamente igual al volúmen del cuerpo; si se pesa despues la botella, la diferencia entre los dos pesos nos dá á conocer el del volúmen del agua, y estableciendo la relacion entre el peso del cuerpo y el del agua, se obtendrá la densidad relativa que se busca.

Este método es mucho mas exacto que los anteriores, pudiendo aplicarse á los cuerpos de gran volúmen, variando las dimensiones del frasco; puede igualmente aplicarse para determinar la densidad relativa de los líquidos; en este caso, bastará llenar sucesivamente la botella de líquidos diferentes: los pesos obtenidos, descontando el del frasco vacío, representarán los pesos específicos de estos líquidos tomando uno de ellos por unidad.

Cuando los cuerpos son solubles en el agua basta sustituir este líquido por otro que no ejerza accion sobre el cuerpo cuya densidad relativa se quiera determinar.

Observacio-  
nes.

Es preciso advertir que el peso específico varía en un mismo cuerpo segun su diversa estructura, porque esta ocasiona



siempre mas ó menos vacíos pequeños accidentales. Los cristales pequeños poseen siempre una densidad mayor, en razon á que los grandes estan formados por agrupamientos que producen tambien vacíos. El medio mas seguro para tener pesos comparables, es reducir siempre estos cuerpos á polvo grueso, que conviene introducir en agua caliente para que se desprendan las burbujas de aire que pudieran estar adheridas á ellos. Por este medio se obtiene siempre una misma densidad relativa cualquiera que sea la variedad del cuerpo con que se haga el experimento.

Para los usos de la vida debe obtenerse el peso específico bajo la estructura real, porque asi es como se le necesita, para calcular, por ejemplo, el peso de un volúmen determinado de un cuerpo que se ha de emplear en una construccion. En este caso, si el cuerpo es susceptible de empaparse de agua, es preciso pesarle despues de empapado completamente, para averiguar el peso del agua que ha penetrado en él y añadirle á la pérdida observada ó al peso del volúmen de agua desalojado.

Siempre que conozcamos el peso de un volúmen cualquiera de agua destilada y la densidad relativa de un cuerpo, será fácil determinar el peso de un volúmen igual de este último; para conseguirlo bastará multiplicar el peso del volúmen dado de agua por la densidad relativa del cuerpo propuesto. Del mismo modo podremos hallar indirectamente el peso de un cuerpo siempre que conozcamos su volúmen y su densidad, sin mas que despejar  $P$  en la fórmula  $D = \frac{P}{V}$ ; asi como conociendo el peso y la densidad podremos fácilmente hallar el volúmen sin mas que despejar  $V$  en la fórmula indicada.

Aplicaciones.

#### UNTUOSIDAD.—FRIO.

*es necesario no confundir con la temperatura*

Existen algunos minerales que producen en el órgano del tacto una impresion suave ó jabonosa, particularmente los que contienen gran cantidad de magnesia. Esta propiedad está sobre todo muy desarrollada en la sustancia conocida con el nombre de *esteatita*, observándose tambien aunque con menor intension en otras muchas materias, tales como el *grafito*, el *sulfuro de molibdeno*, diversas especies de arcillas, etc., etc. Es importante hacer notar que dependiendo casi siempre está



propiedad de la naturaleza de los cuerpos, podemos servirnos de ella para distinguir las especies.

Hay tambien muchos cuerpos que ya sea en masa, ó ya en polvo, son por el contrario *ásperos al tacto*, cuya propiedad depende en general, mas bien de su estructura que de su composicion.

Las estructuras laminares y granulosas, comunican casi siempre cierta aspereza á los minerales que las poseen; las estructuras porosa, celular y pomacea son las que comunican la aspereza tan notable que se observa en ciertos productos volcánicos; fenómenos semejantes se observan en las sustancias cuya estructura es fibrosa, especialmente cuando las fibras tienen poca adherencia, notándose la aspereza al tacto aun en el polvo que resulta de la division de sus masas.

Se distinguen como intermedios entre estas dos especies los cuerpos *áridos al tacto*. Estos son las mas veces materias ávidas de humedad, que absorven inmediatamente por una accion capilar la que contienen los dedos, y producen por consiguiente una aspereza particular. Estas materias se distinguen algunas veces por adherirse á la lengua ó á los labios, apoderándose rápidamente de su humedad natural. Esta propiedad es muy notable en las arcillas, siendo suficiente por sí sola para distinguir las *calizas arcillosas* de las *calizas puras*, y hasta cierto punto las *cales hidráulicas* de las *cales grasas*.

Entre las diversas acciones que los minerales pueden ejercer sobre el órgano del tacto una de las muy notables es la impresion de frio que algunos de ellos producen sobre la mano.

Esta propiedad depende de la mayor ó menor facultad que poseen los minerales para conducir el calor, siendo de gran utilidad en varias ocasiones para distinguirlos. Asi, por ejemplo, nunca puede confundirse el cristal de roca con el vidrio; el primero produce una impresion de frio prolongada muy perceptible, en tanto que la del segundo es apenas sensible. Por medio del hábito conseguimos distinguir tambien el diamante, el zafiro, el topacio, etc., del cuarzo, porque todas estas sustancias son tambien mas frias que él. Existen ademas cuerpos que son menos frios que el cuarzo, aunque mas frios que el vidrio; tales son el carbonato y sulfato de cal, etc., y por último, los hay tambien menos frios que el vidrio, como muchas de las materias carbonosas que se encuentran en el seno de la tierra.



Hay tambien cuerpos que producen una impresion de calor, pero esta proviene de una accion química, producida por ácidos libres que se encuentran en diversas materias en estado de descomposicion, y principalmente en las que proceden de las solfataras ó ciertos terrenos volcánicos de donde se desprenden vapores que depositan azufre.

#### COLOR.

Las sustancias minerales se presentan unas veces perfectamente incoloras y otras teñidas de colores diversos. La falta de color, unida á la opacidad, constituye la blancura. Los colores se dividen en propios y accidentales; los primeros dependen de la naturaleza de los cuerpos, los segundos son el resultado de mezclas ó combinaciones de materias estrañas. Los *colores propios*, cuya importancia para el reconocimiento de diversas materias es tan óbvia, se observan principalmente en los metales, en el azufre, en los sulfuros, en los óxidos metálicos y en todos los compuestos en que estos óxidos entran como partes constitutivas esenciales. Estos colores son siempre uniformes y constantes en un mismo cuerpo si está en su perfecto grado de pureza; las únicas variaciones que presentan dependen del mayor ó menor grado de intension, como se observa muy principalmente en los óxidos. Estos cuerpos, suponiéndolos puros y en el estado pulverulento, presentan un color determinado, cuya intensidad es siempre la misma, pero si estan cristalizados regular ó irregularmente la intensidad del color suele á veces desnaturalizar aparentemente la especie. Asi se observa que un gran número de colores diferentes, tales como el azul, el violado, el verde y aun el rojo adquieren á veces una intensidad tan considerable, que á primera vista parecen negros. Para evitar toda duda debemos examinar el color en los minerales reducidos á polvo, mas bien que cuando están en masa. Los colores propios varian algunas veces segun la colocacion particular de las moléculas; asi es que el azufre fundido á  $109^{\circ}$  y enfriado despues presenta el color amarillo que se observa comunmente en él, al paso que cuando se le espone á la temperatura de  $400^{\circ}$  y se le enfria rápidamente, adquiere un color moreno rojizo, y al mismo tiempo se pone blando. El fósforo enfriado con lentitud presenta un color amarillento, y negro si se enfria repentinamente.



Colores ac-  
cidentales.

*Los colores accidentales* no tienen tanta importancia como los propios, puesto que pueden variar al infinito en un mismo cuerpo segun las materias estrañas que los producen. Estos colores pueden, como ya hemos indicado, proceder de mezclas mecánicas, ó de una especie de combinacion química en proporciones ilimitadas.

*Los colores debidos á mezclas mecánicas* se notan principalmente en las sustancias que han cristalizado reunidas, las cuales se penetran en algunas de sus partes observándose que las dotadas de color se diseminan por la masa de las demas, comunicándoles un tinte particular. Estas mezclas se reconocen algunas veces á la simple vista, ó por medio del microscopio; pero otras, las materias colorantes estan tan divididas y tan uniformemente interpuestas que no podemos percibir las por los medios indicados. Solo en el caso en que el mineral sea soluble en el agua ó en los ácidos como la sal comun y el carbonato de cal y no lo sea la materia colorante, se podrá separar esta última, filtrando la disolucion. Pero cuando el mineral principal es insoluble, no podemos reconocer la presencia de la materia colorante sino por induccion.

Ciertos minerales, tales como el cristal de roca ahumado, deben su color á principios volátiles que pueden separarse por una elevacion de temperatura; estos principios suelen ser el carbono ó el carburo de hidrógeno. El color que el fuego destruye puede depender tambien de un estado *alotrópico*.

Las mezclas mecánicas de materias estrañas alteran algunas veces la transparencia de los cuerpos hasta el punto de hacerlos opacos; otras conservan mas ó menos su diafanidad. Esta alteracion de transparencia sirve ordinariamente para distinguir estos colores de los que son debidos á combinaciones químicas, si bien es cierto que estos últimos suelen ser tan intensos que no dan paso á la luz al menos que esta no sea muy fuerte.

*Los colores accidentales debidos á combinaciones químicas* son tambien muy frecuentes en la naturaleza; varian en una misma sustancia y se observan muy principalmente en las piedras finas, asi pues se encuentran esmeraldas de un verde oscuro (esmeralda propiamente dicha) esmeraldas verde-azuladas (agua marina), esmeraldas de color verde claro (berilo); y por último esmeraldas amarillas y blancas; existen tambien topacios amarillos, azules y blancos, y diamantes de todos co-



lores, etc. En ciertos casos la materia colorante debe estar en combinacion con el cuerpo, puesto que por una parte no altera ni la transparencia ni el brillo, y por otra no pueden distinguirse de ningun modo las partículas estrañas, por grande que sea la fuerza de los microscopios que se emplean al intento.

Los colores bien sean propios ó accidentales se designan en mineralogia del mismo modo que en el uso comun, añadiéndoles epítetos para indicar su intensidad ó matiz; asi suele decirse *azul oscuro*, *azul claro*, etc., etc. El epíteto suele ser un término de comparacion como cuando decimos *blanco de nieve*, *blanco de leche*, *blanco de plata*, etc., etc. Otras veces, por último, el epíteto, espresa modificacion, como cuando se dice *blanco amarillento*, *amarillo rojizo*, etc., etc.

Dibujo de colores.

Los colores accidentales no son como los propios uniformes en toda la masa del mineral; varian por la especie, por el matiz y por el grado de intensidad, presentando lo que se conoce en mineralogia con el nombre de *dibujo de colores*. Estos dibujos se distinguen con los epítetos de *anubarrados*, *punteados*, *listados*, *venosos*, *circulares*, *en ruinas*, *en fortificacion*, etc. Algunas veces se producen estos dibujos de la misma manera que el jaspeado del jabon; otras son resultado de una descomposicion del interior al exterior ó recíprocamente y por último no pocas, especialmente los dibujos flamíneos y en forma de ruinas, son producidos por la penetracion de líquidos ó gases en hendiduras, los cuales ocasionan descomposiciones mas ó menos profundas, como se observa en el *mármol ruiniforme* de Florencia, que no es mas que una variedad de piedra caliza cojida en la inmediacion de ciertas hendiduras, por donde se escapan vapores cargados de materias diversas que constituyen el fenómeno de las *fumarollas*.

Se observan tambien en los minerales algunos colores que no dependen ni de su naturaleza ni de la de las materias con quien se encuentran accidentalmente mezclados, dependiendo unos de ciertas hendiduras que presentan los cuerpos, otros de una descomposicion verificada en su superficie, algunos de películas sumamente delgadas de materias estrañas que los recubren, y finalmente, no pocos de la colocacion de las partículas materiales, bien en la superficie, bien en la parte interior de los minerales.

Colores superficiales.

Las hendiduras producen, en lo interior de los cuerpos,



efectos semejantes á los que se observan en los anillos colorados de Newton; dando lugar unas veces á anillos concéntricos mas ó menos irregulares, y otras á bandas luminosas de color rojo, azul, amarillas, etc., como los colores del arco iris de donde toma el fenómeno el nombre de *irisación* ó *iris interior*. Se observa este fenómeno en todas las materias compactas, transparentes, homogéneas, que permiten hendirse con mas ó menos facilidad, y mas particularmente en las susceptibles de esfoliación, en razon á que el mas mínimo choque produce soluciones de continuidad entre sus láminas. En la cal sulfatada, por ejemplo, podemos producir la irisación á voluntad y variar la naturaleza de los colores, la disposición y estension de los anillos, sin mas que levantar mas ó menos las láminas ó comprimiéndolas con los dedos.

Los colores irisados producidos por la descomposición, se observan particularmente en ciertos minerales de cobre (cobre piritoso) en el sulfuro de antimonio, etc., etc. Algunas veces la descomposición solo tiene lugar en la primera capa del cuerpo, pero otras penetra mucho mas. Los colores dominantes producidos por esta descomposición son ordinariamente el azul de acero y los matices violado, rojo, amarillo que el acero templado presenta cuando se le somete al recocido.

Los colores debidos á películas de materias estrañas se observan en todos los cuerpos, pero muy principalmente en los minerales de hierro, tales como el hierro oligisto cristalizado de la Isla de Elba, el peróxido y el hidróxido de hierro estalactíticos y en algunas materias carbonosas que se encuentran en el seno de la tierra. Estos colores suelen ser uniformes pero en muchos casos se observan reunidos el amarillo de oro ó de cobre, el azul, el rojo, etc. cuyo brillo y vivacidad son muy notables. La irisación que se observa en la superficie de los cuerpos es debida en muchos casos mas bien á una colocación particular de sus moléculas que á las películas de que hemos hablado anteriormente, de lo que tenemos un ejemplo en los cristales de hierro oligisto. En este caso los colores no pueden destruirse como en el anterior, ni por el lavado ni por la frotación.

Finalmente, los colores que provienen de una colocación de las partículas en la parte interior de los minerales son debidos á circunstancias enteramente desconocidas. Entre estos se encuentran de una parte los hermosos colores irisados del



ópalo, y de otra las tintas vivas y variables, según la mayor ó menor inclinación del cuerpo sobre la luz, que hacen tan notable y apreciada la *pedra de labrador*.

#### ASTERISMO.

Hace mucho tiempo se conocía una variedad de zafiro que presentaba por reflexión, ante una luz viva, una estrella brillante de seis rayos. Posteriormente se observó que se verificaba el mismo fenómeno por refracción mirando la luz de una bujía al través de la piedra, y por último se ha visto que muchas sustancias hacían ver estrellas de más ó menos rayos. Mr. Babinet ha demostrado que la causa de este fenómeno es debida á la disposición de las fibras más ó menos finas que constituyen el mineral, de donde indudablemente se deduce que han de ser fibrosos los minerales en que se verifique el asterismo. Según las series de estrias que existan en el mineral y su colocación respectiva, así la estrella será de cuatro ó seis rayos. En el zafiro y esmeralda es de seis, en el yeso fibroso de cuatro.

#### LUSTRE.

Este carácter consiste en la manera que tienen los cuerpos de reflejar con más ó menos intensidad una porción de rayos de luz sin descomponerlos. Es necesario hacer notar en este caso dos efectos distintos que existen unas veces aislados y otras simultáneamente. Uno de estos efectos es una verdadera reflexión más ó menos regular según el grado de pulimento del cuerpo, la finura de su grano y la estructura descubierta por la fractura: el otro efecto depende de la acción que el cuerpo ejerce sobre las moléculas luminosas que penetran hasta cierto punto la primera capa ó película antes de ser transmitidas á nuestro ojo en todas direcciones. Este último efecto depende de la naturaleza del mineral y varía considerablemente de un cuerpo á otro, pudiendo aislarle del primero colocando el mineral de manera que la luz reflejada en su superficie no pueda transmitirse á nuestro ojo. Así es como en el diamante, por ejemplo, se observa por una parte un efecto debido á la reflexión y por otra un brillo particular difícil de definir siendo mucho más notable en el diamante negro.



El brillo debe observarse en la superficie nuevamente formada por la fractura, para no confundirle con el lustre que proviene del rozamiento ó de una alteracion de la superficie por la accion de los agentes externos, no debiendo por consecuencia tampoco estudiarse en minerales labrados.

La especie de lustre se espresa por comparacion con el que nos presentan otros cuerpos, designándole por consecuencia con los nombres de *vidrioso*, *anacarado*, *sedoso*, *graso resinoso*, *metaloideo*, *metálico*, *adiamantado*, etc. Las sustancias que carecen de lustre reciben el nombre de *mates*.

El brillo varia frecuentemente mucho en un mismo cuerpo, de modo que no puede servir para distinguir exactamente una sustancia de todas las demás. Sin embargo, nunca pasa de metálico á vítreo, y bajo este aspecto puede ser de alguna utilidad.

#### TRASPARENCIA.

Se dice que un mineral es diáfano ó trasparente, cuando los rayos luminosos penetran libremente al través de su masa en términos que puedan distinguirse con claridad los objetos mirados detrás de él. Esta propiedad puede modificarse por diversas causas, siendo muy notables entre otras, el grado de pulimento de las superficies, la intensidad del color y la colocacion mas ó menos regular de sus moléculas.

Los minerales reciben el nombre de semitrasparentes cuando los objetos situados detrás de ellos no se perciben sino confusamente; si solo dejan pasar la luz sin que los objetos se perciban, se llaman traslucientes, debiendo advertir que algunos cuerpos son traslucientes únicamente en los bordes de los fragmentos: finalmente, cuando los minerales no dejan pasar la luz de modo alguno, se les distingue con el nombre de opacos. Esta opacidad puede provenir de varias causas, tales como el espesor del cuerpo, la colocacion de sus moléculas, el color, y finalmente, la interposicion de materias estrañas ya sean sólidas ó fluidas. La primera de estas dos últimas causas se observa con frecuencia en los minerales de colores intensos; la segunda es casi siempre debida á una descomposicion y muy especialmente en las sustancias en que entra el agua como principio constituyente; asi, pues, basta muchas veces dejarlas empapar de este fluido para que vuelvan á adquirir la trasp-



rencia que habian perdido por la desecacion. Este fenómeno que se observa en algunas variedades de ágata ó de ópalo, recibe el nombre de *hidrofanía*.

REFRACCION.

Cuando un rayo de luz pasa oblicuamente de un cuerpo trasparente á otro, se desvia de su direccion ó se refracta acercándose ó alejándose de la perpendicular en el punto de inmersion. La refraccion es *sencilla* cuando el rayo permanece sencillito asi en un medio como en otro; y es *doble* cuando se divide en dos por la accion que sobre él ejerce alguno de los cuerpos.

Se llaman ángulos de incidencia y de refraccion, los que el rayo luminoso forma con la normal en el punto de incidencia antes y despues de la refraccion, fig. 18.

La esperiencia ha demostrado: 1.º que cuando un rayo luminoso pasa oblicuamente del aire atmosférico á la mayor parte de los cuerpos, se refracta aproximándose á la perpendicular tirada en el punto de inmersion, como si esperimentase una atraccion de parte de este cuerpo, verificándose lo contrario si el rayo luminoso pasa desde el cuerpo refringente al aire: 2.º la porcion incidente del rayo luminoso y la porcion refractada se encuentran en un mismo plano perpendicular á la superficie refringente: 3.º la relacion entre los senos de los ángulos de incidencia y de refraccion, llamada *índice de refraccion*, es constante para una misma sustancia bajo todas las incidencias posibles, pero varía de una manera mas ó menos fácil de apreciar en cuerpos de naturaleza diferente.

Esta última ley puede servir para distinguir las sustancias minerales transparentes, determinando para cada una de estas el índice de refraccion y formando tablas análogas á las de los pesos específicos, si bien no puede aplicarse este método sino á los minerales químicamente puros, pues por pequeña que sea la porcion de otro cuerpo que se encuentre mezclado con el primero, el rayo emergente tomará una direccion particular, á consecuencia de la suma de las diversas acciones que esperimentará en su trayecto, observándose ademas que los colores accidentales y el sistema de cristalizacion á que el cuerpo pertenece modifican sensiblemente el índice de refraccion.

VICENTE PARRA  
GUILLERMO  
ARQUITECTO  
PLASENCIA



Refraccion  
doble.

Hay sustancias en que el rayo de luz incidente no solo se refracta sino que tambien se divide en dos rayos distintos, es decir, que cuando se mira un objeto al través de uno de estos cuerpos, se le ve generalmente doble, como puede observarse muy fácilmente, por ejemplo, con un romboedro de carbonato de cal trasparente y con otras muchas sustancias cuando estan convenientemente talladas. Estas dos imágenes no se presentan igualmente distintas, y se designan con los nombres de *ordinaria* y *extraordinaria*.

Todas las observaciones hacen ver que los cuerpos dotados de refraccion sencilla estan, ó privados de cristalización, ó bien cristalizados en el sistema cúbico. Los que poseen la refraccion doble, están por el contrario, cristalizados, y pertenecen á los otros sistemas.

Este primer hecho nos sirve para distinguir muchas sustancias, aun cuando carezcan de los caracteres exteriores que sirven ordinariamente para darlas á conocer, como cuando estan en fragmentos, ó cuando estan talladas. Asi, pues, nunca podrá confundirse, por ejemplo, el vidrio con el cristal de roca, el rubí espinela con el rubí oriental, el granate con el circon, etc.; porque los primeros cuerpos de cada ejemplo presentan la refraccion sencilla, y los segundos la doble. Los primeros son por consiguiente, cuerpos no cristalizados (el vidrio) ó que pertenecen al sistema cúbico (espinela y garante); los segundos por el contrario, cuerpos cristalizados que pertenecen á alguno de los otros sistemas.

Medios de  
observacion.

Los antiguos, para observar la doble refraccion, miraban al través de las caras del mineral una línea ó un punto, cuya imagen se presentaba doble, ó cubriendo una de las caras del cristal con un papel negro en que dejaban un agujero para aplicar el ojo, dirijian la vista á una bujía encendida situada en una habitacion oscura. Estos medios, las mas veces inexactos, han sido reemplazados por otros susceptibles de mayor precision.

En el dia se observa la doble refraccion colocando un pedazo del mineral entre dos láminas de turmalina talladas paralelamente al eje de cristalización y cruzadas en ángulo recto, (fig. 19).

Para conseguirlo nos servimos de unas pinzas elásticas, fig. 20, en cuyos extremos tienen unas abrazaderas donde se sitúan las láminas de turmalina, y que pueden girar fácilmente.



te una sobre otra. El mineral que va á examinarse, colocado entre estas láminas, se sostiene naturalmente por la accion del resorte.

Si la sustancia posee la refraccion sencilla, los puntos *a, b, c, d* donde las láminas se cruzan, oscuros naturalmente, no dejan pasar luz alguna; si, por el contrario, la sustancia posee la doble refraccion, estos puntos se iluminan. Para comprender lo que sucede en esta operacion, es preciso saber, que cuando la luz atraviesa una sustancia dotada de doble refraccion, adquiere una propiedad particular que se ha llamado *polarizacion*. Esta propiedad descubierta por Malus, consiste en que un rayo de luz modificado de este modo ó *polarizado* rehusa mas ó menos penetrar por un cierto lado en un cuerpo diáfano y reflectente, mientras que por el otro lado penetra en él con facilidad. Los dos rayos que se obtienen al atravesar la luz por un cuerpo dotado de refraccion doble estan por lo comun polarizados en sentido inverso.

La turmalina, sustancia dotada de doble refraccion cuando está tallada paralelamente al eje de los cristales y en trozos ó piezas de suficiente espesor, posee, como otros varios cuerpos, la propiedad de extinguir uno de los rayos y de dejar pasar el otro, el cual queda entonces polarizado en cierto sentido, segun la posicion de la lámina por donde ha atravesado. Este rayo no puede entonces pasar á una lámina de la misma sustancia cuyo eje esté en sentido inverso; y hay por consiguiente oscuridad en los puntos de entrecruzamiento. Ahora bien, una sustancia que solo tiene la refraccion sencilla, no altera nada el sistema cuando se la coloca entre las dos láminas de turmalina; pero una sustancia birrefringente obliga por lo general al rayo polarizado por la primera turmalina á dividirse en dos haces, uno de los cuales, polarizado en sentido inverso del primero, puede atravesar la turmalina vuelta hácia el ojo del observador.

Si el fragmento es irregular ó el mineral está tallado en forma de facetas, puede quedar alguna duda sobre su doble refraccion, en cuyo caso conviene engastarle en una tablita de corcho, fig. 21, y pegar despues con trementina espesa que llene los vacíos, un pedazo de vidrio en cada una de las superficies, en cuya disposicion se coloca el aparato entre las láminas de turmalina.

De que una sustancia deje pasar la luz por entre las lámii-



nas cruzadas de turmalina, no debe en rigor deducirse que esté cristalizada regularmente y que no pertenezca al sistema cúbico. El vidrio, por ejemplo, que no está cristalizado adquiere por medio del temple la propiedad de despolarizar el rayo que atravesó la primera turmalina, y por consiguiente dispone una parte de él á pasar á la segunda. Ciertos cuerpos del sistema cúbico, ciertos diamantes, por ejemplo, producen un resultado semejante, lo cual se considera tambien como efecto de cierta colocacion forzada de las moléculas, ó de una especie de temple. Las observaciones siguientes nos garantizan de estos errores.

Lineas neutras ó ejes.

El fenómeno de doble refraccion en una sustancia determinada, no se manifiesta indiferentemente en todas direcciones. Tallando convenientemente los cuerpos se observa siempre, que en unos hay una direccion en la cual solo se ve una imágen, y que en otros hay dos direcciones de esta especie. En el espato de Islandia, por ejemplo, el fenómeno de doble refraccion desaparece en la direccion del eje del cristal; de manera que si se hacen tallar en los vértices de un romboedro caras perpendiculares al eje *a* y *b*, fig. 22, no se ven mas que imágenes sencillas de los objetos que se miran por ellas. En el topacio que cristaliza en prismas romboidales se encuentra una direccion neutra inclinada á la derecha del eje, y otra inclinada á la izquierda, por ejemplo, entre las dos caras *a* y *b*, fig. 23, se ven los objetos sencillos, y del mismo modo entre las dos caras *c* y *d*.

Estas direcciones en que deja de tener lugar la doble refraccion, se han llamado *líneas neutras*, *ejes de doble refraccion* ó *ejes ópticos*. Una línea neutra única, ó un solo eje, se confunde siempre con el eje de cristalización; la línea media, entre dos líneas neutras, corresponde á uno de los ejes cristalinicos que pueden concebirse en la sustancia.

Aplicacion.

Todas las sustancias que tienen una sola línea neutra, pertenecen al sistema romboédrico, ó al sistema prismático de bases cuadradas; todas las que tienen dos corresponden á alguno de los otros sistemas prismáticos. Resulta de aqui, que por medio de la observacion de los fenómenos ópticos será tan imposible confundir, por ejemplo, el cristal de roca con el topacio, y el espato de Islandia con la cal sulfatada, como lo es confundirlos por la forma de los cristales mas marcados.



### POLICROISMO.

Las sustancias dotadas de doble refraccion nos presentan ademas otra propiedad. Cuando se las coloca entre el ojo y la luz ofrecen diversos colores segun la direccion en que las atraviesan los rayos luminosos. Paralelamente á los ejes no se polariza ninguna porcion de luz, y entonces se observa un tinte determinado. En todas las demas posiciones, la luz emergente es una mezcla de luz polarizada y de luz comun, y entonces difiere el matiz variando segun las cantidades respectivas de esta mezcla. Se ha observado generalmente que las sustancias que cristalizan en el sistema regular son *unicroitas*, ó de otro modo, que dan siempre el mismo color, cualquiera que sea el sentido en que los rayos luminosos las atraviesen. Los minerales que solo tienen un solo eje de doble refraccion son *dicroitas*. Respecto á las sustancias que tienen dos ejes de doble refraccion, se observa que presentan colores que varian segun el ángulo bajo el cual se las examina; en este caso se las distingue con el nombre de *policroitas*. Entre estos colores hay dos que dominan siempre, en tanto que los demas son por lo regular mezclas de los dos principales.

Los colores no son complementarios, ni están sujetos á ninguna ley. En un gran número de minerales, el *dicroismo* no es visible; lo cual depende en unos casos de que la diferencia de sus tintas no es bastante pronunciada para poderse apreciar; y en otros de la naturaleza de la materia colorante interpuesta pero sin cristalizar.

### OLOR.

Los olores son mas frecuentes y numerosos en el reino mineral de lo que se cree comunmente, y hay muchos cuerpos que pueden distinguirse por este medio; el cual nos será especialmente muy útil en los ensayos químicos. Los olores se dividen en propios y accidentales: los primeros dependen de la naturaleza de los cuerpos, y los segundos son debidos á materias estrañas contenidas en los poros de los minerales; unos y otros se presentan inmediatamente, por frotacion, por elevacion de temperatura y por combustion.

Los olores propios inmediatos se observan en la nafta y



petroleo, en el cloro, ácido sulfuroso, y aun en ciertos metales que se distinguen fácilmente por este medio, tales como el estaño, el hierro y el cobre. Otros cuerpos exhalan un olor característico por medio de la combustion, como el azufre y todas las sustancias que le contienen, siempre que no esté combinado con el oxígeno; el selenio que produce un olor de rábano; el arsénico que tiene un olor de ajo muy subido, el cual puede escitarse muchas veces por el simple choque con el eslabon; el sucino y diversas materias resinosas que dan olores, ya agradables ó ya fétidos; y finalmente, los betunes que exhalan un olor particular llamado bituminoso.

La frotacion desarrolla tambien ciertos olores en algunas variedades de sucinos, en el cuarzo y en todas las materias síliceas, las cuales frotadas unas con otras producen siempre un olor particular. Este olor es muy fuerte en el cuarzo, mas débil cuando la sílice está combinada con otros cuerpos y apenas perceptible cuando contiene ademas agua, como se observa en el ópalo. La insuflacion desarrolla tambien diversas variedades de olores en muchas sustancias térreas; asi, por ejemplo, nunca pueden confundirse, cuando se ha adquirido bastante hábito para apreciar este caracter, la creta, el trípoli, la magnesia, la tierra de Colonia, etc.

Olores accidentales.

Muchas materias tienen olores debidos á cuerpos estraños que se hallan mezclados ó encerrados en sus poros. Algunos de ellos se desprenden inmediatamente que sale la materia del seno de la tierra, y desaparecen al cabo de cierto tiempo; pero lo mas frecuente es que se manifiesten por una pequeña elevacion de temperatura; tales son los olores del cloro y del petroleo que se encuentran en el estado de libertad en algunas sustancias.

Hay tambien olores accidentales que se desprenden por la combustion, como se observa en muchas especies de materias carbonosas, tales como el carbon de piedra que da un olor bituminoso cuando se quema; á causa de contener una cantidad mas ó menos considerable de betun.

La mayor parte de los olores accidentales se hacen perceptibles por el choque ó por el rozamiento, pudiendo ser de diferentes especies. Muchas piedras calcáreas exhalan por este medio un olor fétido, bituminoso y animal, como se observa en la especie de mármol llamado *granito pequeño*. En algunas otras materias el olor es parecido al de el hidrógeno sulfura-



do ó arseniado. Estos olores se atribuyen muchas veces á la descomposicion de materias orgánicas que han estado sumergidas en el seno de la tierra; pero es digno de notarse que se observan otros análogos aun en sustancias cristalinas, tales como la piroxena, el cuarzo y el carbonato de cal, producidos verosímilmente por el fuego y que se encuentran en terrenos de cristalización, en los cuales no se han encontrado jamás restos orgánicos.

#### SABOR.

El sabor es tambien un caracter de bastante utilidad y que los químicos emplean frecuentemente con buen éxito. Como este carácter solo conviene á las sustancias solubles, de las cuales se encuentra un corto número en la naturaleza, es fácil habituarse á las variedades que presenta. Podemos por consecuencia distinguir el sabor *ácido* que nos presenta el ácido sulfúrico; el sabor *picante* de la sal amoniaco; el sabor *estíptico* ó *astringente* del alumbre y de los sulfatos de hierro, de zinc y de cobre; el sabor *salado* de la sal comun, y el sabor *amargo* de los sulfatos de magnesia y de sosa; el sabor *acre* del nitrato é hidrociorato de cal; el sabor *cáustico* ó *alcalino* del carbonato de sosa; el sabor *fresco* del nitrato de potasa, etc., etc.

#### DELICUESCENCIA Y EFLORESCENCIA.

Ya hemos visto (pág. 44) que la facultad de absorber la humedad que se manifiesta en algunos minerales por la propiedad de adherirse á la lengua ó á los labios, es una accion puramente física, que puede referirse á la de los tubos capilares. Independientemente de esta absorcion hay otra que podemos considerar como una accion química, en virtud de la cual los minerales atraen con mas ó menos energía la humedad de la atmósfera, disolviéndose al mismo tiempo en el agua que de ella resulta. Esta propiedad es, pues, la que se conoce con el nombre de *delicuescencia*. Existen algunas sustancias salinas que poseen esta propiedad en alto grado, y esta es sin duda la razon porque no se las encuentra en el seno de la tierra, siendo todas arrastradas á los mares donde se hallan la mayor parte en estado de cloruros.

La *eflorescencia* es la propiedad que ciertos cuerpos tienen



de deshacerse en polvo, fenómeno que depende muchas veces de la pérdida de cierta cantidad de agua en proporcion determinada y por consiguiente de una alteracion química: esto es lo que sucede, por ejemplo, en los carbonatos, sulfatos y fosfatos de sosa. Pero hay casos en que no sucede asi; y que los cuerpos se deshacen en polvo sin que se altere su composicion: entonces es necesario suponer que el fenómeno depende de una alteracion en la colocacion geométrica de las moléculas ó sea del dimorfismo de que ya hemos hablado al tratar de la cristalización.

#### ELECTRICIDAD.

Todas las sustancias minerales son susceptibles de electrizarse por uno ú otro de los medios que se emplean para desarrollar la electricidad; estos medios son; el rozamiento, la presion, la elevacion de temperatura y el contacto.

Los minerales se dividen respectó á esta propiedad, en *aistantes y conductores*; los primeros se electrizan inmediatamente por uno ú otro de los medios que acabamos de indicar; para electrizar los segundos es indispensable aislarlos apoyándolos sobre cuerpos malos conductores.

Los minerales correspondientes á cada una de estas dos grandes divisiones difieren tambien por la especie de electricidad que adquieren por el rozamiento ó por la presion practicada con un mismo cuerpo, puesto que unos toman la electricidad positiva y otros la negativa. Este carácter, por importante que parezca á primera vista, está sujeto á numerosas excepciones dificiles de esplicar; en efecto, las variedades cristalinas no siempre adquieren por rozamiento la misma electricidad que las formadas por agregaciones irregulares. Sucede tambien que dos cristales de una misma sustancia adquieren electricidades diferentes, y que un mismo cristal desarrolla por la frotacion de una de sus caras una electricidad, al paso que por el roce de la otra adquiere la electricidad contraria. En algunos casos podemos darnos cuenta de estas diferencias y aun prevenirlas de antemano: en efecto, la mayor ó menor transparencia de los cuerpos, la diferencia de pulimento y brillo en sus caras ó facetas son suficientes para producir una variacion en la especie de electricidad, como se observa en el vidrio pulimentado y en el deslustrado. Sin embargo, en mu-



chos casos, como ya hemos indicado, se obtienen efectos opuestos con cristales de una misma sustancia, sin que sea posible notar en ellos la menor diferencia en su transparencia y brillo.

Los minerales difieren tambien por la mayor ó menor facilidad con que se electrizan y por la propiedad de conservar por mas ó menos tiempo la electricidad desarrollada por el roce ó por la presion; asi es que algunos de ellos, como el espato de Islandia y el topacio, apenas podemos tocarlos sin que se electricen; al paso que otros no se electrizan sino con la mayor dificultad. Los que acabamos de citar conservan por espacio de muchos dias la virtud eléctrica que han adquirido; pero hay otros como el cristal de roca y el diamante que apenas la conservan un cuarto de hora. Estos hechos serian indudablemente muy importantes, pero presentan escepciones análogas á los anteriores.

Hasta el presente se ignora en qué consisten todas estas diferencias; se presume únicamente que están en relacion con el estado de las superficies que aun no se sabe apreciar suficientemente ó en general con el estado molecular del cuerpo.

El medio mas generalmente empleado para determinar la especie de electricidad de los minerales consiste en una aguja de cobre, en cuyas estremidades tiene una esferita del mismo metal. Una vez aislada la aguja se la comunica una electricidad conocida, y juzgamos de la especie de electricidad que el mineral posee, segun que atraiga ó repela la aguja. Un cable unido á la estremidad de un cilindro de lacre nos proporciona un electrómetro sencillo y cómodo, cuando se frota el segundo con un pedazo de paño. Si queremos averiguar la intensidad eléctrica, es necesario recurrir á los electrómetros de médula de saúco ó de panes de oro usados en los experimentos de física.

Un fenómeno de los mas notables es la propiedad que tienen ciertas sustancias de electrizarse por medio de un aumento uniforme de temperatura, ofreciendo entonces la electricidad positiva en una de sus estremidades, y la negativa en la otra, ó como se dice comunmente presentando polos eléctricos. La línea que une estos dos polos recibe el nombre de eje eléctrico. Una disminucion uniforme de temperatura produce los mismos efectos; pero en este caso los polos se presentan in-

Medios de observacion.

Electricidad polar.



vertidos. Si la temperatura permanece estacionaria el fenómeno desaparece completamente.

Medio de observacion.

Para hacer el experimento de modo que esté á cubierto de todo error, Mr. Becquerel suspende el mineral de un hilo de seda sin torsion, en medio de un matraz lleno hasta sus dos tercios de mercurio. Pone despues este aparato en una vasija de hierro que contiene tambien una corta cantidad de mercurio, debajo de la cual coloca una lámpara de alcohol. Por este medio Mr. Becquerel consigue calentar gradualmente todo el aparato, elevando su temperatura cuanto le conviene, la cual observa por medio de un termómetro situado en la parte interior del matraz.

Los experimentos de Becquerel nos dan á conocer el desarrollo y la especie de electricidad que corresponde á cada polo de la turmalina, pero estas esperiencias no establecen relacion alguna entre la posicion de los polos y la forma cristalina. Los Sres. Brewster Rose y Riess han tratado de averiguar si se podria determinar *á priori* la especie de electricidad de los polos por medio de la disposicion de las caras del cristal. Los detalles cristalográficos, agenos de esta obra, en que seria indispensable entrar para comprender los resultados obtenidos por estos mineralogistas, nos impiden darlos á conocer, si bien indicaremos que estas investigaciones han conducido últimamente á los Sres. Riess y Rose á reconocer que el eje eléctrico no siempre se confunde con el eje cristalográfico, y que la mayor parte de los minerales piroeléctricos tienen sus polos á las estremidades del cristal, si bien existen algunos en los que se observan polos centrales.

#### FOSFORECENCIA.

Se llama asi la propiedad que tienen algunos minerales de producir en la oscuridad luces mas ó menos vivas, de colores diversos, cuando se les somete á la frotacion, la percusion ó compresion y á una elevacion de temperatura.

Fosforecencia por frotacion.

Hay minerales en los que la mas pequeña frotacion produce una fosforecencia muy notable; tales son, por ejemplo, ciertas variedades de sulfuro de zinc: otros por el contrario necesitan una frotacion bastante fuerte para producir este efecto; asi se observa en el cristal de roca, en la mayor parte de las materias vítreas, en ciertos mármoles, etc., en los



cuales suele ser preciso frotar con fuerza uno con otro dos de sus fragmentos. La luz en todos estos casos es blanquecina. La presión produce efectos semejantes, principalmente en las materias esfoliables, en las que cada hendidura producida por aquella, da una luz mas ó menos viva que dura algunos instantes, y si se las tritura en un mortero toda la masa aparece como encendida; siendo especialmente notable bajo éste aspecto el feldespató trasparente.

La mayor parte de las sustancias minerales producen lu-  
ces fosfóricas, mas ó menos intensas, por una elevación de temperatura. Hay algunas que para que produzcan este efecto, es preciso calentarlas en crisoles; otras no exigen mas que un calor rojo oscuro y en ocasiones mucho menor, siendo entre estas últimas la mas notable la fluorina. Hay ciertas variedades que solo necesitan del calor de la mano, otras que exigen la temperatura del agua hirviendo y el mayor número el calor rojo oscuro. Las variedades mas fácilmente fosforescentes no producen mas que luces verdosas, las que exigen una temperatura elevada las presentan mucho mas variadas. En este caso la intensidad de los colores depende, segun parece, del color que el mineral presenta; de modo que si el fragmento tiene muchos colores reunidos, presenta tambien por el calor diversos matices de fosforescencia.

Fosforescencia por el calor.

Es digno de notarse que los fragmentos de estas materias sometidos á la temperatura del calor rojo, pierden sus colores naturales, y al mismo tiempo la propiedad de fosforescer á temperaturas mas bajas. Si estas materias se vuelven blancas por la acción del calor no dan ya mas que luces blancas á temperaturas mas elevadas.

La fosforescencia por el calor no parece tener ninguna relación con la producida por el rozamiento, pues esta se conserva siempre, aun cuando la otra se haya perdido. El estado de la superficie influye sobre manera en la producción de estos fenómenos: un cristal diáfano de fluorina que no posee la propiedad fosforescente, la adquiere si se desgasta con asperón una de sus caras, y se la espona por algunos segundos en una plancha. Los cristales cuyas caras naturales son brillantes no son por lo general fosforescentes, pero adquieren esta propiedad cuando se deslustran las superficies ó cuando se reducen á fragmentos pequeños; observándose ademas no pocas veces que se hacen fosforescentes cuando se esponen en la plancha



caliente por sus superficies secundarias, mientras que si se los espone por sus caras primitivas, no ofrecen semejante fenómeno. El diamante adquiere la fosforescencia cuando está pulimentado y de ningun modo cuando se halla en cristales naturales.

### MAGNETISMO.

La accion sobre la barra imantada es sumamente limitada, porque hasta ahora el hierro es el único cuerpo que se encuentra en la naturaleza en estado en que pueda producir algun efecto. En uno de ellos obra puramente por atraccion, y su accion es la misma en uno que en otro polo; en los demás estados (óxido negro y sulfuro magnético) un mismo punto del mineral obra por atraccion sobre uno de los polos y por repulsion sobre el otro; lo cual equivale á decir que el mineral mismo tiene sus polos.

### CARACTERES QUIMICOS.

#### NOMENCLATURA QUÍMICA.—COMPOSICION DE LOS MINERALES Y MEDIOS DE REPRESENTARLA.

Número y nombre de los elementos.

El exámen químico de los minerales ha dado á conocer 62 sustancias particulares, que no han podido descomponerse por ningun medio de los que hasta ahora puede disponer la química, considerándolas por consecuencia como cuerpos simples ó como los elementos del reino inorgánico.

La siguiente tabla contiene en la primer columna los nombres españoles de los cuerpos simples, colocados de tal modo, que cada cuerpo es electro-negativo respecto á los que le siguen, y electro-positivo, respecto á los que le preceden; las letras colocadas en la segunda columna representan los signos que se emplean con frecuencia para espresar los resultados de las operaciones químicas, y finalmente los números comprendidos en la tercera y cuarta sirven para representar los equivalentes químicos y los pesos atomísticos, de cuya determinacion nos ocuparemos mas adelante.



Nombres españoles.	Fórmula.	Equivalentes.	Pesos atomísticos.
* Oxígeno.	O	100	100
Fluor.	F	235,434	117,717
* Cloro.	Cl	443,028	221,064
Bromo.	Br	999,062	499,081
Iodo.	I	1585,992	792,996
* Azufre.	S	200,75	200,75
Selenio.	Se	495,285	495,285
Fósforo.	P	400,00	200,00
* Nitrógeno.	N	175,6	87,53
* Carbono.	C	75,12	75,12
Boro.	B	136,204	136,204
Silicio.	Si	277,778	277,778
* Arsénico.	As	938,80	469,40
Cromo.	Cr	657,74	328,87
Vanadio.	V	856,892	856,892
Molibdeno.	Mo	596,10	596,10
Tungsteno.	W	1188,36	1188,36
* Antimonio.	Sb	1612,903	806,452
* Teluro.	Te	801,76	801,76
Pelopio.	Pp	»	»
Ilmenio.	Il	»	»
Niovio.	Nb	»	»
Tántalo.	Ta	1148,365	1148,365
Titano.	Ti	301,55	301,55
* Oro.	Au	2458,33	1229,165
Hidrógeno.	H	12,50	6,25
Osmio.	Os	2485,248	1242,624
Rutenio.	Ru	»	»
Iridio.	Ir	2464,16	1232,8
* Platino.	Pt	1232,8	1232,8
Rodio.	R	651,962	651,962
* Paladio.	Pd	665,447	665,447
* Plata.	Ag	1349,66	1349,66
* Mercurio.	Hg	1251,29	1251,29
Urano.	U	742,875	742,875
* Cobre.	Cu	395,60	395,60
* Bismuto.	Bi	1330,377	1330,377
Estaño.	Sn	735,294	735,294



Names españoles.	Fórmula.	Equivalentes.	Pesos atomísticos.
Plomo.	Pb	1294,645	1294,645
Cadmio.	Cd	696,767	696,767
Zinc.	Zn	406,591	406,591
Niquel.	Ni	369,33	369,33
Cobalto.	Co	368,65	368,65
* Hierro.	Fe	350,527	350,527
Manganeso.	Mn	344,684	344,684
Cerio.	Ce	»	»
Lantano.	La	»	»
Didimio.	D	»	»
Erbio.	E	»	»
Terbio.	Tr	»	»
Thorinio.	Th	743,86	743,86
Zirconio.	Zr	839,456	419,728
Itrio.	I	402,514	402,514
Glucinio.	G	174,248	87,124
Aluminio.	Al	341,80	170,90
Magnesio.	Mg	158,14	158,14
Calcio.	Ca	251,651	251,651
Estroncio.	Sr	545,929	545,929
Bario.	Ba	855,29	855,29
Litio.	Li	81,66	81,66
Sodio.	Na	289,729	289,729
Potasio.	K	488,856	488,856

Muchos de estos cuerpos se hallan en el estado libre en la naturaleza y son los que van marcados con un asterisco; los demás son el resultado de las investigaciones que se han hecho en los laboratorios sobre los compuestos que resultan de sus combinaciones.

Division  
de los cuerpos  
simples.

De los 62 cuerpos simples que hemos enumerado, el fluor, nitrógeno, cloro, hidrógeno y oxígeno son gaseosos á la temperatura ordinaria; el bromo y el mercurio se presentan en el estado líquido, y los 55 restantes son sólidos á la temperatura habitual de nuestros climas.

Los cuerpos simples se dividen en dos grandes series: la primera comprende el oxígeno, hidrógeno, carbono, boro, silicio, fósforo, azufre, selenio, cloro, bromo, iodo, fluor y ni-



trógeno, cuyos caractéres son conducir mal el calor y la electricidad. Los cuerpos comprendidos en esta série se conocen con el nombre de *metalóides*. En la segunda están colocados los *metales*, cuerpos dotados de brillo metálico, buenos conductores del calor y de la electricidad, generalmente opacos y electro-positivos respecto á los metalóides.

A pesar de la utilidad de esta division, por lo mucho que facilita el estudio, conviene advertir, que estando basada en propiedades que no pertenecen exclusivamente á ninguno de los dos grupos, deja alguna incertidumbre respecto á la colocacion de ciertos cuerpos que pueden figurar con la misma razon entre los metales que entre los metalóides. Sirva de ejemplo el carbono que se presenta bajo aspectos tan diversos; unas veces carece de brillo metálico y conduce muy mal el calor y la electricidad, otras por el contrario, y muy particularmente en el estado de grafito, posee un brillo metálico bien manifiesto, y finalmente, el carbon vegetal calcinado es muy buen conductor del fluido eléctrico. Debe tambien observarse que las propiedades de conducir bien el calor y la electricidad no pertenecen en alto grado mas que á los metales, que por su fusibilidad ó por su ductilidad han podido obtenerse en cierto grado de agregacion, no participando de estos caractéres aquellos otros que hasta ahora no se han obtenido sino en un estado pulverulento.

La mayor parte de los cuerpos simples tienen en el dia nombres insignificativos, y por consecuencia independientes de toda regla: lo contrario sucede con los de los compuestos; los nombres de estos últimos deben ser tales que nos den á conocer, no solamente su naturaleza, si que tambien, aunque en ciertos límites, la proporcion de los elementos que los constituyen.

Nonunclatura de los compuestos.

Antes de entrar en los detalles de la nomenclatura de los cuerpos compuestos, vamos á esponer una ley general de las combinaciones, que convendrá observar, y con la que está casi siempre conforme la nomenclatura actual.

En la formacion de los compuestos, rara vez entran mas de cuatro cuerpos simples, pero cualquiera que sea el número de estos, parece generalmente cierto que los cuerpos elementales están unidos por dos fuerzas opuestas que se neutralizan. Los análisis que se verifican por medio de la pila de Volta nos dan una idea tan sencilla como elegante de este modo de con-



siderar los compuestos. En efecto, los dos polos de una pila en actividad pueden representar estas dos fuerzas antagonistas: un cuerpo binario colocado en la esfera de actividad de esta pila se descompone; uno de sus elementos, se dirige á un polo, y el otro al polo opuesto: pero si el cuerpo que se somete á la acción moderada de este aparato es ternario, se observa inmediatamente que á cada polo se dirige una combinación binaria con propiedades opuestas; esta es, pues, la razón por la cual hemos manifestado que se puede considerar á los cuerpos compuestos como formados de dos simples, ó de dos compuestos cuyas propiedades eléctricas son diferentes. En la nomenclatura de un compuesto constituye el nombre genérico el elemento electro-negativo ó que se dirige al polo positivo, en tanto que el de la especie está constituido por el elemento electro-positivo.

El número é importancia de las combinaciones del oxígeno y la preponderancia hasta cierto punto perjudicial que dieron á este cuerpo los fundadores de la nomenclatura, nos obliga á empezar por la de sus combinaciones binarias.

Combinaciones binarias del oxígeno.

Las combinaciones que forma el oxígeno con los demás cuerpos simples son *ácidas*, *básicas* é *indiferentes*. Las primeras cuando son solubles tienen la propiedad de enrojecer las tinturas azules de los vegetales; las segundas, aun cuando no alteran el color de estas tinturas, las devuelven el que las es propio cuando han sido enrojecidas previamente por un ácido, cambian en rojo el color amarillo de la tintura de curcuma, y enverdecen el jarabe de violetas.

Estas propiedades no pueden servir mas que para caracterizar los ácidos y las bases solubles, en el caso contrario es indispensable recurrir, como ya hemos indicado anteriormente, á la manera como estos cuerpos se comportan cuando se someten á la acción de la pila voltaica.

Por último, existen tambien algunos cuerpos solubles que no participan de las propiedades que hemos asignado á los ácidos y á las bases, y que reciben el nombre de cuerpos *indiferentes* ó *neutros* á los reactivos colorados.

En la nomenclatura actual se llaman *óxidos* á las combinaciones básicas é indiferentes, y *oxácidos* ó simplemente *ácidos* á las combinaciones ácidas. Así, pues, cuando se quiere designar una combinación binaria y ácida del oxígeno se la da



desde luego el nombre genérico de ácido: el nombre específico se forma con el del cuerpo simple que se encuentra combinado con el oxígeno dándole las terminaciones *ico* ú *oso*, y anteponiendo al nombre específico la preposición *hipo*, cuando se quiere espresar las diferentes proporciones en que el oxígeno entra en la combinación.

Se ha convenido en que la terminación en *ico* indique mas oxígeno que la terminación en *oso*, y que la preposición *hipo* esprese siempre menor proporción de oxígeno que el nombre específico terminado en *ico* y *oso*.

Los compuestos de azufre y oxígeno pueden servir de ejemplo para aclarar la esplicación anterior; en efecto, tomando el nombre latino *sulfur* y añadiéndole la terminación *ico*, formamos el de *ácido sulfúrico*, que sirve para indicar la combinación mas oxigenada que el azufre puede producir. Si á la palabra *sulfúrico* anteponeamos la preposición *hipo*, resulta el nombre de *hiposulfúrico*, que indica el oxácido de azufre mas oxigenado despues del anterior. Cambiando la terminación *ico* por la de *oso* construimos el nombre *sulfuroso* que aplicamos al oxácido que tiene mas oxígeno despues del que precede. Por último, anteponiendo á la palabra *sulfuroso* la preposición *hipo* nos resultará el *ácido hiposulfuroso*, ó sea el oxácido de azufre menos oxigenado.

Aplicando la misma regla á las cuatro primeras combinaciones del cloro con el oxígeno, resultan los nombres de *ácido hipocloroso*, *cloroso*, *hipoclorico* y *clórico*, pero habiéndose descubierto posteriormente otra combinación que contiene mas oxígeno que este último, ha sido indispensable, para no alterar las reglas primitivas de la nomenclatura y evitar la confusión y los errores que semejante cambio produciria en la ciencia, dar al nuevo ácido el nombre de *ácido hiperclórico* ó simplemente el de *ácido perclórico*.

Cuando un cuerpo forma con el oxígeno una sola combinación básica ó indiferente, se la designa con el nombre genérico de *óxido* y despues con el del cuerpo que está unido al oxígeno; así, pues, se dice *óxido de aluminio* para indicar la única combinación de este metal con el oxígeno, pero como la esperiencia ha demostrado que un mismo cuerpo puede combinarse con el oxígeno en varias proporciones se hace preceder á la palabra *óxido* las partículas griegas *proto* para el primer grado, *deuto* para el segundo, *trito* para el tercero,



y finalmente *tetra* para el cuarto grado de oxidacion. Al óxido mas oxigenado se le distingue algunas veces con la palabra *peróxido*.

Si las proporciones del oxígeno en estos diferentes grados de oxidacion que experimenta un cuerpo son entre sí como los números 1,  $\frac{3}{2}$ , 2, 3, etc., se anteponen las palabras *sesqui*, *bi*, *tri*, etc., al nombre genérico; asi decimos *protóxido de hierro*, *sesquióxido de hierro*, *protóxido de mercurio* y *bióxido de mercurio*, para designar los óxidos de estos metales cuando las cantidades de oxígeno combinadas con una misma del cuerpo metálico se encuentran en las proporciones indicadas.

Algunos autores, y entre ellos Berzelius, se sirven de la terminacion en *oso* para espresar el óxido menos oxigenado, y de la terminacion en *ico* para el mayor grado de oxigenacion, llamando, por ejemplo, *óxido manganoso* al protóxido de manganeso, y *óxido mangánico* al sesquióxido: esta nomenclatura, semejante en un todo á la adoptada para los ácidos, presenta los mismos inconvenientes que aquella, por la dificultad con que se presta á la formacion de los nombres que han de servir para designar las nuevas combinaciones básicas que pueden descubrirse en lo sucesivo. Sin embargo, haciendo preceder á la palabra *óxido* las preposiciones *sobre* y *sub* se pueden indicar varias otras combinaciones de este género.

Por último, como un mismo cuerpo puede en unas circunstancias hacer las veces de ácido y en otras las de base, fácilmente se concibe que la definicion de los ácidos y de las bases no puede considerarse de una manera absoluta.

Las sales están formadas por la reunion de dos principios antagonistas ó de propiedades diferentes, de los cuales uno posee caractéres ácidos y el otro básicos, que se neutralizan en todo ó en parte en el momento que entran en combinacion. Cuando ninguno de los principios antagonistas domina, las sales se llaman *neutras á los reactivos colorados*. El estado de neutralidad depende de las fuerzas relativas de los ácidos y de las bases, asi se observa que jamás una base enérgica puede neutralizarse completamente por un ácido débil hasta el punto de no ejercer accion sobre las tinturas vegetales. Del mismo modo que una base débil no puede destruir de una manera completa la reaccion que un ácido enérgico ejerce sobre



estos reactivos, pudiendo por consecuencia suceder que una sal, que se conduce como neutra en contacto con un reactivo colorado, presente una reaccion ácida ó básica con otro reactivo mas sensible.

Las sales en cuya composicion predomina el ácido ó elemento electro-negativo, se llaman *ácidas*, recibiendo por el contrario el nombre de *básicas* aquellas en las que predomina la base ó elemento electro-positivo. Existen tantos géneros de sales cuantos ácidos se conocen. El nombre genérico le toman del ácido cuya terminacion se cambia en *ato* ó en *ito*, segun que la del ácido fuese en *ico* ó en *oso*.

Asi, pues, los ácidos sulfúrico y nítrico dan lugar á la formacion de *sulfatos* y *nitratos*: los ácidos sulfuroso y nitroso producen los *sulfitos* y *nitritos*; y por último los ácidos hiposulfuroso é hiposulfúrico forman los *hiposulfitos* é *hiposulfatos*. El nombre específico se forma designando la base con que el ácido está combinado, de modo que para nombrar la combinacion del ácido sulfúrico con los óxidos de manganeso, se dirá *sulfato de protóxido de manganeso* ó *sulfato manganoso*, *sulfato de sesquióxido de manganeso* ó *sulfato mangánico*.

Cuando la combinacion está en el estado neutro, se nombra el género de la sal que se quiere espresar, y despues el de la base. Si la proporcion del ácido escede á la contenida en la sal neutra, se añade al nombre genérico la preposicion *sobre*, y si la proporcion de base es mayor que la que contiene la sal neutra, se une al nombre genérico la preposicion *sub*. Pero enseñándonos la esperiencia que las diversas proporciones en que un ácido se une á una base y vice-versa, son entre sí como los números 1,  $\frac{3}{2}$ , 2,  $\frac{3}{3}$ , 4, etc., ó lo que es lo mismo, que el ácido de las sales ácidas, y la base de las sales básicas son siempre múltiplos de los de las neutras, podemos dar á los nombres de estos compuestos un valor mas determinado. Asi, en vez de decir *sulfato neutro de potasa*, *sulfato ácido de potasa*, diremos *sulfato de potasa* y *bisulfato de potasa*, lo que espresa con una sola palabra que la cantidad de ácido del segundo es doble de la del primero; del mismo modo se dice *acetato triplúmbico* para espresar la combinacion del ácido acético y del óxido de plomo, que contiene una cantidad tres veces mayor de este último ó de base, que la que se encuentra en el acetato neutro.

Cuando dos sales se combinan entre sí, lo que sucede con



bastante frecuencia, forman compuestos que reciben el nombre de *sales dobles* ó de *doble base*; en este caso, aplicando la regla establecida, la nombraremos, atendiendo á su rango eléctrico, anteponiendo la base mas electro-negativa despues del ácido, asi diremos, para espresar la sal formada por el sulfato de alumina y el de potasa, *sulfato de alumina y potasa*.

Las bases salificables suelen tambien combinarse entre sí, presentando esta propiedad de una manera muy notable el óxido de cobre y el de aluminio. Para distinguir estos compuestos tomaremos en primer lugar el nombre del metal que hace parte del óxido negativo, y dándole la terminacion de los ácidos diremos *cuprato de protóxido de potasio*, ó *cuprato de potasa*, *aluminato de potasa*, etc.

Aplicando estas mismas reglas á las combinaciones del agua con los ácidos y los óxidos, podremos espresar fácilmente su naturaleza; este líquido es constantemente positivo con respecto á los ácidos, y negativo para los óxidos, y como en uno y otro caso forma verdaderas combinaciones salinas, se da el nombre genérico de *hidratos* á las sales en las que el agua hace el papel de ácido; asi, pues, decimos *hidrato de potasa*, *hidrato de protóxido de hierro* ó *hidrato ferroso*. Los nombres de las sales en las que el agua hace las veces de base, debieran formarse añadiendo al nombre de la base el del ácido, modificado de la manera que hemos indicado al tratar de la nomenclatura de las demas sales; asi debiera decirse *sulfato de agua* ó *sulfato de protóxido de hidrógeno*; pero desgraciadamente se infringen en este caso las reglas de la nomenclatura designando estos compuestos con los nombres de *ácido sulfúrico hidratado*, *ácido fosfórico hidratado*, etc. Se ha observado tambien que una misma cantidad de ácido puede combinarse con varias proporciones de agua: asi, pues, el ácido sulfúrico se combina con cantidades de agua que tienen entre sí la relacion de los números 1, 2, 3. Estas combinaciones se designan con los nombres de *ácido sulfúrico protohidratado* ó *monohidratado*, *ácido sulfúrico bihidratado* y *ácido sulfúrico trihidratado*.

Compuestos  
binarios no  
oxigenados.

Las combinaciones de los metales entre sí se llaman *aleaciones*, cuyos nombres se forman poniendo siempre delante el metal mas negativo; asi para nombrar la combinacion de plomo y de estaño, se dirá *aleacion de plomo y de estaño*. Cuan-



do el mercurio es uno de los metales que constituyen la aleacion, recibe el compuesto el nombre de *amalgama*.

Cuando la combinacion se verifica entre un metalóide y un metal, se forma el nombre genérico con el del comburente ó elemento negativo dándole la terminacion en *uro*, asi la combinacion del cloro con el manganeso se llama *cloruro de manganeso*, y la del azufre con el hierro, *sulfuro de hierro*. Cuando estos cuerpos son susceptibles de combinarse en varias proporciones, ó bien se les hace preceder de las preposiciones *proto*, *deuto*, *trito*, etc., ó siguiendo la marcha indicada por Berzelius, se concluye el nombre específico con las terminaciones *ico* ú *oso*; de modo que en las combinaciones del cloro con el hierro se dirá *proto-cloruro de hierro*, *deuto-cloruro de hierro*, ó *cloruro ferroso* y *cloruro férrico*. Si las proporciones del elemento negativo en las diferentes combinaciones que puede formar con un mismo cuerpo positivo, guardan entre sí las mismas relaciones que hemos dicho para el oxígeno con los óxidos, es decir, que son como los números 1,  $\frac{2}{3}$ , 2, 3, etc., se le hace preceder al nombre genérico las mismas palabras de *sesqui*, *bi*, *tri*, etc.

La nomenclatura de los compuestos que forman los metaloides, al combinarse entre sí, sigue la misma regla que la de los metaloides con los metales; asi decimos *cloruro de hidrógeno*, *sulfuro de hidrógeno*, *proto-cloruro de azufre*; pero existiendo entre los metaloides algunos como el cloro, azufre, iodo, etc., que combinándose con el hidrógeno dan lugar á compuestos ácidos, se ha creido conveniente establecer para ellos una regla particular de nomenclatura, designándolos con el nombre genérico de *hidrácidos*, porque se creyó en un principio que en esta clase de compuestos hacia el hidrógeno un papel análogo al del oxígeno en los oxácidos, error grave que ha desaparecido tan luego como se ha observado que *el hidrógeno en estos compuestos es constantemente electro-positivo*. Sin embargo de esto, todavía se conserva la nomenclatura de los hidrácidos, y en vez de decir cloruro y sulfuro de hidrógeno, se dice ácido clorhídrico y sulfhídrico, cuyos nombres han sustituido á los de ácido clorhídrico é hidrosulfúrico, aun mas defectuosos que los primeros, porque se separan completamente de la regla general, segun la cual debe empezarse el nombre del compuesto por el de el elemento electro-negativo.

Todavía existe otra escepcion de la regla general para las



combinaciones gaseosas de los metaloides con el hidrógeno; cuando se trata de dar nombre á una de estas combinaciones, se pone delante el del gas, y despues el del otro cuerpo con la terminacion en *ado*; asi, pues, los carburos de hidrógeno reciben el nombre de *hidrógenos carbonados*, las combinaciones gaseosas del fósforo con el hidrógeno, ó los fosfuros de hidrógeno, se llaman *hidrógenos fosforados*. Esta nomenclatura escepcional es sobradamente molesta, porque dependiendo el estado de los cuerpos de la temperatura y de la presion, seria indispensable para ser consecuentes dar á un mismo cuerpo diferentes nombres, segun las circunstancias en que se le considerase.

Varias combinaciones del azufre y del cloro con los metaloides, presentan una completa analogía con las correspondientes del oxígeno, analogías que no se conocian en la época en que se fundó la nomenclatura actual. Existen, pues, sulfuros y cloruros ácidos á los cuales se ha convenido llamar *sulfúcidos y clorúcidos* y sulfuros y cloruros básicos que se designan con los nombres de *sulfobases y clorobases*. Los primeros pueden combinarse con los segundos dando lugar á la formacion de verdaderas sales, que se conocen con los nombres de *sulfosales y clorosales*. Asi, pues, combinándose el azufre con el carbono, y el cloro con el mercurio, dan lugar al sulfuro de carbono y al cloruro de mercurio, cuyas propiedades ácidas corresponden á las de los ácidos carbónico y clórico, llamándose por esta razon el uno *ácido sulfocarbónico*, y el otro *ácido cloromercúrico*; y del mismo modo que los ácidos carbónico y clórico se combinan con los óxidos metálicos para formar carbonatos y cloratos, los ácidos sulfocarbónico y cloromercúrico se combinan con los sulfuros y cloruros básicos para formar los *sulfocarbonatos y cloromercuriatos*. Asi se dice, *sulfocarbonato de monosulfuro de potasio* ó impropriamente *sulfocarbonato de potasa* cuando se quiere expresar la combinacion del ácido sulfocarbónico con el monosulfuro de potasio, y *cloromercuriato de cloruro de potasio* para indicar la combinacion del ácido cloromercúrico con el cloruro de potasio.

Todos estos nombres tienen el inconveniente de hacer dudar á los principiantes sobre la verdadera composicion de los cuerpos que representan, pudiendo creer á primera vista que el oxígeno forma parte de estos compuestos, siendo por esta



razon harto sensible que se hayan establecido semejantes excepciones en nuestro sistema actual de nomenclatura.

Vemos, pues, por la esposicion de los principios en que se funda la nomenclatura de los cuerpos inorgánicos, que esta no está ya en armonía con la ciencia, y que el descubrimiento de ciertos cuerpos hace indispensable una reforma en esta parte tan interesante de la química.

#### SIGNOS Y FÓRMULAS QUIMICAS Y MINERALÓGICAS.

Al presentar la lista de los cuerpos simples conocidos en la actualidad, hemos colocado al lado de cada uno el símbolo ó signo que sirve para representarle. Estos símbolos, ademas de recordar la naturaleza de los cuerpos á que se refieren, sirven para indicar las cantidades ponderales de las sustancias que entran en una combinacion, ó sea sus proporciones relativas. En esto consiste el método de formular introducido por Berzelius, y que tantas ventajas ha proporcionado á la ciencia. En efecto, si queremos espresar las proporciones en que el oxígeno y el radical están combinados en los óxidos y en los oxácidos, no habrá mas que poner delante de la letra O, que sirve para designar el oxígeno, el signo equivalente del cuerpo con quien está unido; asi, pues, las fórmulas NO, CaO, PbO, representan los protóxidos de nitrógeno, de calcio y de plomo. Del mismo modo NO<sup>2</sup> respresenta el bióxido de nitrógeno, pues que la cifra 2 colocada como esponente de la letra O, indica que en este compuesto se encuentra una cantidad doble de oxígeno que en el protóxido. Por la misma razon, CO<sup>2</sup> representa el ácido carbónico que contiene para la misma cantidad de carbono, dos veces mas oxígeno que el óxido de carbono. Por lo que respecta á la sales, se escribe desde luego el signo del ácido, y despues el de la base, separado por una coma ó un punto; sirvan de ejemplos el nitrato de cal y el bisulfato de potasa, cuyas fórmulas son NO<sup>5</sup>, CaO y 2 SO<sup>5</sup>, KO: la cifra 2 colocada como coeficiente de SO<sup>5</sup>, significa que la cantidad de ácido contenida en el compuesto es doble de la que contiene el sulfato neutro de potasa, cuya fórmula es SO<sup>5</sup>, KO. Por la misma razon, siempre que la sal sea básica ó contenga varias proporciones de base, será necesario colocar como coeficiente del signo que represente esta última, la cifra que indique estas proporciones; asi, pues, la

Signos y fórmulas químicas.



fórmula  $2 \text{PbO}, \text{NO}^5$  representa un nitrato básico de plomo, que contiene para la misma cantidad de ácido nítrico ó azóico un peso doble de óxido de plomo, del contenido en el azoato ó nitrato neutro, cuya fórmula es  $\text{PbO}, \text{NO}^5$ .

La fórmula se llama empírica, cuando solo espresa el número de átomos, pero no la manera como están combinados, en cuyo caso recibe el nombre de racional; así  $\text{SO}^4\text{K}$  es la fórmula empírica del sulfato de potasa, y su fórmula racional es  $\text{SO}^5, \text{KO}$ .

Cuando en una fórmula entran dos ó mas sales, se separan unas de otras con punto y coma ó con el signo  $+$  ó de adición.

Como el oxígeno es un elemento que entra en casi todas las combinaciones, han convenido los químicos, siguiendo la opinion de Berzelius, simplificar las fórmulas remplazando el signo O con puntos colocados sobre la letra que representa el otro elemento de la combinación; así, pues, las fórmulas  $\text{PbO}, \text{SO}^2, \text{SO}^3$  han sido remplazadas por  $\text{pb}, \overset{\cdot}{\text{S}}, \overset{\cdot}{\text{S}}$ , que son mucho mas sencillas.

Por la misma razon, siempre que se combinan dos átomos de radical con 1, 3, 5 átomos de oxígeno, se ha convenido en rayar la inicial destinada á representar los dos átomos y de este modo resulta la fórmula mas clara. La raya se coloca en el tercio inferior de la letra; así, pues, S y Pb significan átomos sencillos de azufre y plomo, en tanto que  $\text{S}$  y  $\text{Pb}$  representan átomos dobles de los mismos cuerpos.

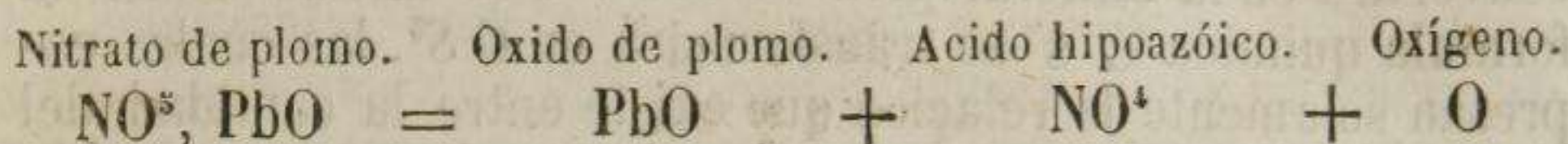
La formulacion química, no solo tiene la ventaja de representar fielmente la composicion de los cuerpos sino que permite tambien presentar fácil y abreviadamente todas las reacciones químicas. Para esto se hace uso de los signos ordinarios del álgebra poniendo los productos en ecuacion: esto es muy fácil si se reflexiona que, dada una cantidad de materia bajo una forma cualquiera, no aumenta ni disminuye nada, sea el que quiera el cambio que en su colocacion experimente. Por consiguiente, si hay muchas sustancias capaces de dar lugar á una reaccion, los productos de esta reaccion representarán otra tanta materia, y solamente sus partes elementales estarán dispuestas de una manera diferente. Esto permite establecer una ecuacion que represente de una parte los productos empleados, y de la otra los productos obtenidos, separando los primeros de los segundos por el signo  $=$  ó de igual-



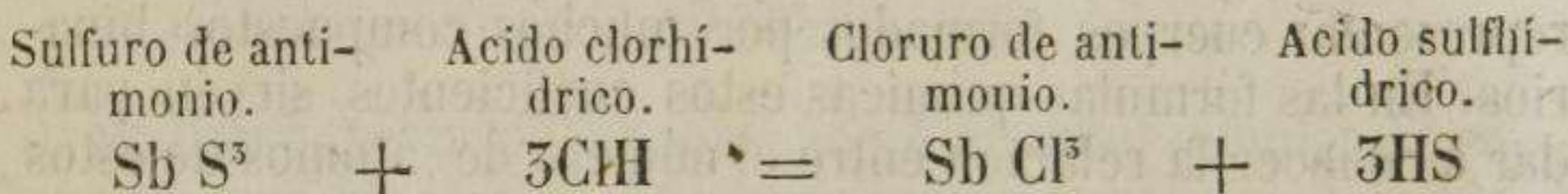
dad. En general las ecuaciones químicas son muy fáciles; para comprenderlas bien no se necesitan mas que unas sencillas nociones de aritmética.

Los ejemplos siguientes darán una idea exacta de esta asercion.

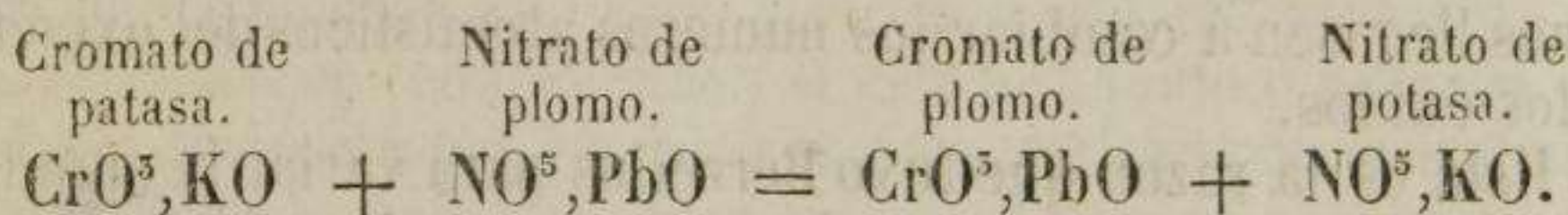
*Descomposicion del nitrato de plomo por el calor.*



*Descomposicion mútua del sulfuro de antimonio y del ácido clorhídrico.*



*Reaccion por la via húmeda del cromato de potasa y el nitrato de plomo.*



Estas fórmulas indican la composicion de los cuerpos de una manera rigurosa y detallada; pero no por eso dejan de ofrecer algunos inconvenientes. Se nota desde luego alguna dificultad en su lectura cuando los dos cuerpos se encuentran en diferentes grados de oxidacion como se observa en la fórmula química  $\text{Pb MO}^2$  en la cual para poder comparar el oxígeno del ácido con el de la base y convencerse de que es un trimolibdato se necesita hacer un pequeño cálculo que aunque nada difícil es embarazoso para el que carece de práctica. Además de esta dificultad existe otra fundada en que no siempre estamos seguros del grado de oxidacion de los cuerpos para fijarle por medio de los puntos de que nos servimos para indicarle.

Las razones que acabamos de esponer sugirieron á Berze-  
liu la idea de sustituir estas fórmulas químicas en la mayor  
parte de los minerales por otras llamadas mineralógicas en



las cuales emplea letra cursiva suprimiendo ademas los signos de oxidacion, y cuando existen dos óxidos de un mismo radical designa al mas oxidado por una letra mayúscula y el que lo está menos por la minúscula correspondiente: asi *F* representa el óxido de hierro al máximo y *f* el óxido al minimum.

Asi, pues, la fórmula química  $\text{Pb } \ddot{\text{O}}^2$  que como hemos dicho anteriormente representa el trimolibdato de plomo se convertirá en la mineralógica  $\text{Pb } \text{MO}^5$ . Del mismo modo la fórmula química  $\text{C } \dot{\text{S}}$  se transformará en  $\text{C } \text{S}^3$ , las cuales expresan solamente la relacion que existe entre la cantidad del oxígeno del ácido con el de la base sin indicar el grado de oxidacion de estos dos elementos.

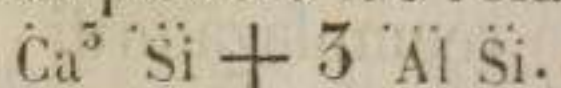
Berzelius ha creído ademas necesario cambiar la significacion de los coeficientes en las fórmulas que se emplean para representar cuerpos formados por muchos compuestos binarios. En las fórmulas químicas estos coeficientes sirven para dar á conocer la relacion entre el número de átomos de estos compuestos; asi la fórmula  $\text{Ca } \dot{\text{Si}}^2 + \text{Mg}^5 \dot{\text{Si}}^4$  indica un átomo de trisilicato de cal con un átomo de bisilicato de magnesia. Desde luego se concibe que esta relacion dejaria de ser la misma tan luego como á consecuencia de nuevas observaciones llegasen á cambiar los números atomísticos del oxígeno en los óxidos.

Esta es la razon que tuvo Berzelius para variar la significacion de los coeficientes en las fórmulas mineralógicas, en las que solo trata de espresar por su medio la relacion que existe entre la cantidad de oxígeno de una de las bases con la que contiene la otra, asi, pues, la combinacion que anteriormente hemos representado por  $\text{Ca } \dot{\text{Si}}^2 + \text{Mg}^5 \dot{\text{Si}}^4$  tomará segun lo dicho la forma  $\text{Ca } \text{Si}^5 + 3 \text{Mg } \text{Si}^2$  la cual indica que el oxígeno de la magnesia es triple del oxígeno de la cal. Construida de esta manera, la fórmula no es otra cosa que la espresion de un hecho suministrado por el análisis, y aun cuando no es mas que una modificacion de la fórmula química, está sin embargo á cubierto de los cambios que esta última pueda experimentar si la observacion llegase á acreditar una variacion en los números atomísticos del oxígeno en los cuerpos oxidados.

La transformacion de las fórmulas químicas en mineralógicas y al contrario, se practica con facilidad, basta para lo primero contar los puntos que indican el oxígeno, multiplicar-



los por los esponentes y coeficientes, y simplificar despues si es posible las relaciones: sea por ejemplo, la fórmula.....



El primer término equivale á  $Ca^5 Si^5$  ó á  $3Ca Si$ . El segundo equivale á  $Al^9 Si^9$  ó á  $9Al Si$ . Por consiguiente el conjunto es  $3Ca Si + 9Al Si$ , ó bien reduciendo  $Ca Si + 3Al Si$ .

Para transformar por el contrario la fórmula mineralógica en química, es preciso multiplicar primero los esponentes por los coeficientes, restablecer despues los puntos en cada óxido, y los esponentes que deben multiplicarlos, para obtener las mismas relaciones, y por último restablecer los coeficientes y simplificarla si es posible.

#### FUERZA DE COMBINACION; TEORIA ELECTRO-QUÍMICA ANALISIS Y SINTÉSIS.

Se llama fuerza de combinacion ó afinidad química la que tiende á unir los átomos de naturaleza diferente, para formar un cuerpo cuyas propiedades son diferentes de las de los elementos que entran en su composicion. Esta fuerza no puede las mas veces ejercerse con libertad, al menos que las moléculas de los cuerpos no estén perfectamente en contacto, lo cual se consigue reduciéndolas al estado líquido ó gaseoso.

Fuerza combinacion

Las *combinaciones químicas* se caracterizan por una modificación notable de los cuerpos entre quienes se verifican, es decir, por un cambio mas ó menos completo de su color, olor y sabor, acompañado generalmente de un desprendimiento de calor, de luz y de electricidad. En las *mezclas*, por el contrario, no experimentan los cuerpos modificación alguna sensible, no hay cambio de temperatura ni desprendimiento de luz, y si la mezcla se ha verificado entre dos cuerpos sólidos se distinguen á la simple vista ó por medio del microscopio las sustancias mezcladas, pudiendo las mas veces separarlas por procedimientos mecánicos, tales como la agitacion en un líquido, el uso de algun disolvente, etc.

La fuerza de combinacion no se ejerce con igual energía entre todos los cuerpos, lo cual se prueba perfectamente observando que, cuando se calienta una mezcla de hierro y de sulfuro de mercurio ó cinabrio, el primero se apodera del azufre que entra en la composicion del segundo, dejando libre al mercurio el cual se volatiliza.



Este fenómeno es el que se conoce con el nombre de *sustitucion*, en razon á que uno de los cuerpos ha reemplazado ó sustituido al otro. Si nos referimos al cuerpo reemplazado diremos que el elemento mas enérgico ha reducido ó puesto en libertad al mas débil, cuyo fenómeno se designa con el nombre de *reduccion*. Esta facultad que tienen los cuerpos elementales de reducirse ó de sustituirse mutuamente es la que llamaban los antiguos *afinidad electiva*.

La fuerza de combinacion puede ser modificada; 1.º por la cantidad de un cuerpo puesto en presencia de otro; 2.º por la cantidad relativa de los cuerpos entre quienes se verifica la combinacion; 3.º por el estado de combinacion en que puedan ya estar empeñados los cuerpos; 4.º por la cohesion; 5.º por el calórico; 6.º por la luz; 7.º por la densidad de los cuerpos; 8.º por la presion; 9.º por el estado electrico; 10.º por el contacto.

Teoria elec-  
tro-química.

La fuerza de combinacion de que acabamos de tratar parece ser una consecuencia del estado eléctrico peculiar á las moléculas de los cuerpos. En efecto, los fenómenos que acompañan á la combinacion química tienen gran analogía con los que se producen cuando las dos electricidades de nombre contrario se combinan. Siempre que se someten los cuerpos compuestos á la influencia de dos corrientes eléctricas de nombre contrario se descomponen reduciéndose á sus elementos, uno de los cuales se dirige, como ya sabemos, al polo positivo, mientras el otro es trasportado al polo negativo. Tambien se ha demostrado que en el momento en que se verifica una combinacion, hay constantemente desprendimiento de electricidad y casi siempre de calor y luz. Estos fenómenos prueban de un modo indudable que el desarrollo de las fuerzas químicas coincide siempre con otro de fuerzas eléctricas, y que atribuyendo estos fenómenos á las últimas, pueden explicarse de una manera satisfactoria.

En esta teoría, que se conoce con el nombre de teoría *electro-química*, se supone que las moléculas de los cuerpos tienen una electricidad que les es peculiar y de la que no pueden separarse jamás, estando ademas rodeadas de una atmósfera de electricidad de nombre contrario. Admitiendo esta hipótesis, es evidente que cuando se aproximan dos moléculas dotadas de electricidades diferentes, al combinarse sus atmósferas para neutralizarse producirán calor, etc., y pasado este



primer momento, las mismas moléculas se atraerán recíprocamente permaneciendo unidas, en tanto que no intervenga otra fuerza eléctrica superior que las haga cambiar de estado.

Resulta de lo dicho, que en toda combinación química las moléculas de uno de los cuerpos actúan de la misma manera que si estuviesen dotadas de electricidades positivas; y las del otro como si el fluido negativo las fuese inherente. Las primeras reciben el nombre de *elementos electro-positivos*, mientras que las segundas se conocen con el de *elementos electro-negativos*. Tan luego como se los separa con el auxilio de fuerzas eléctricas superiores, la pila galvánica, por ejemplo, los últimos se dirigen al polo positivo, al paso que los elementos electro-positivos se dirigen al polo negativo.

Dado un cuerpo se le puede en muchos casos descomponer por medio de otros cuerpos y fuerzas suficientes. Este modo de operar recibe el nombre de *análisis*, llamándose *síntesis* á las operaciones comunes que tienen por objeto reunir cuerpos simples para formar un compuesto.

Análisis  
síntesis.

El análisis será cualitativo cuando solamente tenga por objeto dar á conocer la diferente naturaleza de cada uno de los factores de un compuesto, y se llamará cuantitativo, si además del resultado anterior se aíslan estos factores para conocer sus proporciones. Tomemos, por ejemplo, el agua. Si se hace pasar este líquido reducido al estado de vapor por fragmentos de hierro, se obtiene por una parte gas hidrógeno, y por otra óxido de hierro, de lo cual se deduce que el agua está compuesta de oxígeno y de hidrógeno; este será, pues, un análisis cualitativo. Supongamos ahora que se trate de determinar la cantidad relativa de los componentes ó verificar el análisis cuantitativo, para lo cual hemos pesado el hierro antes y después del experimento; supongamos que la diferencia entre estos dos pesos sea diez gramos, y que el peso del agua que hemos hecho atravesar por el tubo sea 11,248 gramos; resulta, pues, de un modo evidente que el hidrógeno desprendido debe pesar 1,248 gramos, cuyo peso, entre otros medios, podrá obtenerse inmediatamente empleando la balanza.

En cuanto á la síntesis, bastará asegurarse que añadiendo al peso del volumen obtenido de hidrógeno, la cantidad de oxígeno necesaria para verificar su combustión y haciendo pasar la chispa eléctrica, resulta la cantidad de agua que se sometió á la experiencia.



Se ve, pues, con razon que el análisis es el arte de descomponer los cuerpos y la síntesis el de recomponerlos, constituyendo estas dos operaciones fundamentales la parte mas delicada de la química. Todo cuerpo que, de un modo cualquiera, da medio de verificar la separacion de las partes constituyentes de un compuesto, se llama *agente*: asi, pues, en el ejemplo anterior el hierro y el calor son los agentes del análisis practicado. Pero si en vez de tratar de aislar los principios que forman un compuesto, se quiere solo hallar su presencia, nos servimos entonces de cuerpos que por sus reacciones sobre cada uno de los principios, hagan aparecer algunas de sus propiedades distintivas que nos den á conocer su diferente naturaleza. A los cuerpos usados con este objeto se les da el nombre de *reactivos*.

### *Análisis cualitativa.*

Esta operacion importante para conocer los minerales puede verificarse: 1.º mecánicamente; 2.º por la via seca; 3.º por la via húmeda. Los instrumentos necesarios para analizar los minerales por estos tres medios son poco numerosos y en lo general fáciles de manejar, sobretodo despues de haber adquirido alguna práctica.

Análisis mecánico.

El análisis mecánico consiste en reducir un mineral cristalino ó de estructura granular á polvo grueso, con el objeto de aislar sus diferentes partes, bien sea por el apartado á mano ó por medio del lavado, aprovechando la diferencia de densidad relativa de las diversas partes del mineral, pudiendo por este medio separar los cristales de diferente naturaleza y estudiar su forma y sus caracteres generales.

Este análisis mecánico ha servido á Mr. Cordier para separar las diversas sustancias que entran en la composicion de los basaltos, utilizándole en su interesante trabajo relativo á la naturaleza y á la clasificacion de las rocas.

Análisis por la via seca ó por el fuego.

El análisis por el fuego tiene por objeto observar los cambios que experimentan los minerales cuando se les espone á una temperatura mas ó menos elevada. Dos son los medios que podemos emplear para conseguir este objeto; 1.º calcinando ó tostando los minerales para asegurarnos si contienen ó no sustancias volátiles; 2.º observando si son fusibles, y



estudiando cuidadosamente los fenómenos que se observan durante la fusión y los resultados que esta nos proporciona.

Las principales sustancias volátiles que contienen los minerales son el *agua*, el *oxígeno*, el *mercurio*, el *azufre*, el *arsénico*, etc. La presencia de estas sustancias puede hacerse sensible por una simple calcinación, la cual puede ejecutarse ó al aire libre ó en tubos abiertos por una de sus estremidades, fig. 24, y terminados por la otra por una esfera que sirve para colocar la sustancia que se quiere ensayar. Después de haber introducido una cierta cantidad del mineral, cuyo peso convendrá determinar previamente se calienta poco á poco el aparato bien sobre carbones encendidos ó aun mejor por medio de una lámpara de alcohol, y en ningún caso de aceite. Poco tiempo basta para que se desprenda el elemento volátil, condensándose con frecuencia en parte sobre las paredes del tubo, de modo que nos es fácil conocer su naturaleza observando el olor y color de la materia volatilizada y los caracteres que corresponden á la que se condensa.

Calcinación  
y torrefac-  
ción.

El grado de calor y el tiempo necesario para producir este efecto varían con la composición del mineral y con su estado de agregación.

Cuando el mineral contiene á la vez oxígeno y agua como se observa en muchos minerales de manganeso, será necesario recoger completamente la última, con el objeto de conocer si hay pérdida de oxígeno y en qué proporción. Para conseguirlo se adapta al tubo de ensayo otro que contenga una cantidad conocida de cloruro de calcio, el cual absorbe toda la cantidad de vapor acuoso que se desprende, pudiendo apreciarla sin más que volver á pesar el cloruro.

El soplete es un aparato de que nos servimos para dirigir una corriente de aire sobre una llama cualquiera, con el objeto de producir una temperatura suficientemente elevada, capaz de fundir un gran número de minerales.

Ensayos por  
el soplete.

El soplete empleado en mineralogía se compone: 1.º de un receptáculo *a*, fig. 25, destinado á condensar la humedad del aliento, que concluiría por alterar el resultado de la operación; 2.º de un surtidor pequeño de platino *bg*, ó una especie de tobera móvil unida á la estremidad del tubo; y 3.º del tubo por el cual se dirige la corriente de aire. Cambiando el surtidor, podemos variar la temperatura: cuanto más delgado sea el dardo luminoso tanto más elevada será esta. Conviene que



la tobera móvil sea de platino, para que no pueda ni oxidarse ni fundirse, y que todas las piezas del aparato puedan desarmarse para facilitar su transporte y limpiarlas en caso necesario.

Combustible.

Ya hemos indicado que podremos servirnos de una llama cualquiera para los ensayos al soplete. Así, pues, los mineralogistas emplean indistintamente una vela de sebo, una bujía ó vela de cera ó finalmente una lámpara de aceite. La primera tiene el inconveniente de correrse produciendo además un humo muy denso. El uso de la bujía es por consecuencia preferible y aun todavía más el de la lámpara de aceite porque desarrolla una temperatura bastante más elevada.

Apoyos.

Para esponer los minerales á la acción del dardo huminoso producido por el soplete, es necesario fijarlos sobre un apoyo. Los antiguos empleaban exclusivamente un trozo de carbon poco poroso sobre cuya superficie practicaban un pequeño agujero, en el cual colocaban el mineral sometido al ensayo. En el día se sustituye el carbon por una pinza de platino, figura 26, ó por un alambre del mismo metal.

El uso de la pinza exige que los fragmentos que se ensayan tengan cierto espesor; no pudiendo tampoco emplearse para las sustancias que decrepitan. En estos casos suele sustituirse la pinza por una cucharilla de platino, ó una lámina muy delgada del mismo metal, en la cual se envuelven los fragmentos del mineral sometido al ensayo.

El hilo de platino propuesto por Gahn satisface todos las condiciones, siendo por esta razón en el día el medio más generalmente empleado. Se toma un hilo de platino de dos pulgadas y media á tres de longitud, el cual se encorva por uno de sus extremos en forma de gancho: para colocar el mineral, se humedece con la lengua la parte encorvada del hilo y se sumerge en un fundente con el objeto de que se adhiera una pequeña cantidad de este, la cual fundida por medio de la lámpara se convierte en una gota que se fija en la curvatura; se humedece en seguida el mineral lo bastante para que se adhiera al fundente ya solidificado, y se calienta todo. De este modo se obtiene una masa aislada que puede examinarse con comodidad no teniendo lugar las ilusiones que suelen observarse cuando se emplea el carbon, las cuales son producidas por el cambio de colores que se desarrolla cuando el mineral fundido se encuentra sobre una superficie negra. En el caso en que no se quiera emplear fundente, se reduce el mineral á



polvo y se le fija en el hilo de platino de la manera ya espuesta.

Este procedimiento llena tan completamente el objeto, que en el mayor número de casos debe preferirse al carbon y muy particularmente siempre que se quiera reducir los óxidos metálicos, y aun con mucha mas razon cuando queremos oxidar los cuerpos sometidos al ensayo: debe tambien advertirse, que no siendo atacado el platino por las sales de fósforo, podemos usarle aun cuando el ensayo exija la presencia de este reactivo.

A los apoyos descritos añadiremos las cápsulas de porcelana inventadas por Vallif y usadas con tan buen éxito por Danger, que las ha perfeccionado notablemente dándolas un grado de coccion menor que el de la porcelana, pero suficiente para resistir á la accion de los ácidos. Estas cápsulas tienen la ventaja de estender, por decirlo asi, el baño de borax que se emplea en el ensayo, contribuyendo con esto á que los colores presenten mas vivacidad. La manera como estos colores se destacan sobre la porcelana permite apreciar mejor las tintas de los diferentes óxidos metálicos, que en los glóbulos obtenidos cuando se emplea el hilo de platino.

Cuando se calienta un cuerpo á la estremidad de la llama en contacto con el aire, se le oxida cada vez mas si es susceptible de ello; por el contrario, calentándole en el interior de la llama, de modo que se halle rodeado de esta por todas partes, el cuerpo se desoxida; estos dos modos de operar se distinguen el primero con el nombre de *fuego de oxidacion*, y el segundo con el de *fuego de reduccion*.

Fuego de oxidacion y de reduccion.

Los fenómenos que presentan los minerales cuando se someten á los ensayos por el soplete pueden reducirse á los siguientes:

Fenómenos que se observan al soplete.

1.º *Pérdida de color y de transparencia*: lo primero se observa en los ocres de hierro y en las arcillas, lo segundo en el espato calizo.

2.º *Aumento de volúmen*: como se observa en la mayor parte de los hidratos y en algunos minerales en cuya composicion entra el ácido bórico, como la turmalina, etc. Este fenómeno suele ir acompañado de efervescencia como se observa en la phreniita, ó de chispas como en el espato fluor.

3.º *Combustion*: la cual puede ser total como se observa en el asfalto y el sucino; ó parcial como en el carbon de pie-



dra; en estos casos debe notarse el color de la llama y el aspecto del residuo.

4.º *Volatilizacion*: la cual puede ser total como se observa en el cloruro amónico, ó parcial como en la galena y en el antimonio gris; en estos casos es necesario notar tambien el olor que tiene el vapor que se desprende, el cual puede ser sulfuroso como en la galena, de ajo ú arsenical como en el cobalto gris y en todos los arseniuros, y finalmente, arsenical y sulfuroso á la vez como en el oropimente.

5.º *Reduccion de los óxidos al estado metálico*.

6.º *Fusion*: la cual puede ó no verificarse, debiendo apreciar en el primer caso, de un modo aproximado el grado de fusibilidad por el tiempo que tarda en pasar al estado líquido, por el tamaño de los fragmentos sometidos al ensayo, y por la temperatura empleada.

Fundentes y reactivos.

Hay minerales que no se funden por sí solos, en cuyo caso es indispensable mezclarlos con otros que se llaman fundentes, los cuales nos sirven ademas para hacernos perceptibles los colores propios de los óxidos metálicos que contienen estos minerales. En otras ocasiones nos servimos de algunos reactivos para reducir los minerales metálicos, ó para sobreoxidarlos. Esta última operacion es estremadamente útil cuando los diversos óxidos de un mismo metal poseen colores diferentes por los cuales podemos distinguirlos.

El cobre, por ejemplo, tratado al soplete produce cuando se encuentra en el estado de protóxido, un vidrio ó un esmalte de color verde esmeralda, análogo á los que producen los minerales de cromo; pero si se hace pasar el protóxido á un grado mayor de oxidacion, se obtiene un esmalte de color rojo de ladrillo que jamás presentan los óxidos de cromo.

Los fundentes y reactivos que mas frecuentemente se usan, son:

1.º *El borax ó borato sódico*.

2.º *El carbonato de la misma base*.

3.º *El fosfato sódico amónico*.

4.º *El nitrato potásico*.

*De el borax*. Este reactivo se emplea para disolver ó fundir un gran número de sustancias. Si la materia sometida al ensayo es pulverulenta se proyecta sobre el borax en el momento que empieza este á aumentar de volúmen; si el mineral está en fragmentos pequeños ó granos, se le fija sobre el



glóbulo que resulta despues de fundir el reactivo, humede-ciéndole lo suficiente para que se adhiera bien.

Debe observarse al emplear este reactivo si la fusion se verifica lenta ó rápidamente, sin movimiento aparente ó con efervescencia; si el vidrio que resulta de la fusion adquiere color al fuego de oxidacion y al de reduccion, y si este color se presenta.

Finalmente debe tambien observarse si el color aumenta por el enfriamiento y si en la misma circunstancia el vidrio conserva ó pierde su transparencia.

El uso del borax está fundado en la tendencia que tiene á formar combinaciones fusibles. Por una parte disuelve las bases, formando con ellas una sal básica y doble, la cual es fusible; y por otra, disuelve los ácidos, entre los cuales se encuentra la sílice, formando tambien con ellos sales fusibles. Los ensayos por el borax deben hacerse segun Danger en las cápsulas de porcelana de que ya hemos hablado, tomando antes la precaucion de calcinar el borax, para separar su agua de cristalización.

*De el carbonato de sosa.* Se emplea indiferentemente, para los ensayos al soplete, el carbonato ó el bicarbonato de sosa, esentos completamente de ácido sulfúrico. El uso de este reactivo tiene por objeto; 1.º reconocer si los cuerpos que se han de combinar con él, son ó no fusibles; 2.º favorecer la reduccion de los óxidos metálicos.

En el primer caso, puede reemplazar al borax, si bien este último reactivo es mucho mas preferible porque varias de las combinaciones que forma el carbonato sódico son infusibles á una temperatura elevada, en tanto que, como ya hemos dicho, casi todas las formadas por el borax son por el contrario fusibles. El carbonato sódico es indispensable para la reduccion de los óxidos metálicos; por su medio se descubren las mas pequeñas cantidades de metal reducido, y que suelen escaparse á las mejores análisis hechas por la via húmeda.

*Del fosfato sódico-amónico.* La accion del fuego sobre este reactivo hace que se desprenda el amoniaco, quedando por consecuencia un fosfato ácido de sosa, cuya accion sobre los minerales que se ensayan por su medio, se debe principalmente al ácido fosfórico libre. El exceso de ácido contenido en este reactivo se apodera de todas las bases, con las cuales



forma sales dobles mas ó menos fusibles, y en las que es necesario observar la transparencia y el color. Este fundente se aplica por consecuencia muy particularmente al reconocimiento de los óxidos metálicos, cuyos colores característicos se hacen mucho mas sensibles por este reactivo que por el borax.

La sal de fósforo, es ademas, un excelente reactivo para los silicatos; por su medio se consigue separar la sílice de sus combinaciones, apareciendo en la sal de fósforo fundida bajo la forma de una masa gelatinosa.

*Nitrato potásico.* El uso de este reactivo es muy limitado, siendo su objeto acabar de verificar la oxidacion de algunas sustancias que por algunos puntos han resistido á la accion de la llama exterior. Debe añadirse el nitro en el momento que se acaba de soplar, se le introduce en el glóbulo sometido al ensayo, en donde se le mantiene por corto tiempo; al cabo del cual la masa fundida aumenta de volúmen y se hace espumosa.

Ensayos por  
la via húmeda.

Para verificar estos ensayos es indispensable disolver los minerales en el agua en los ácidos ó en los álcalis.

Los ensayos por medio del agua, están limitados á las sustancias solubles en ella, tales como la *sal gema*, los *sulfatos de hierro, de cobre, de magnesia*, etc., y suministran casi siempre un carácter muy sobresaliente, que conduce inmediatamente á la determinacion de las especies. Al exámen de la solubilidad va unido el sabor que presenta la disolucion. Hay algunas sustancias que no son solubles inmediatamente en el agua, en cuyo caso es necesario fundirlas con el carbonato de sosa, el cual forma por una parte una sal alcalina soluble en el agua, y por otra un carbonato que se disuelve por medio de los ácidos. Cuando la fusion con el carbonato de sosa no es suficiente para que los minerales puedan ser atacados por el agua ó por los ácidos se reemplaza aquel con la sosa ú óxido de sodio.

Los ensayos por medio de los ácidos tienen por objeto:

- 1.º Asegurarse si el mineral es ó no soluble en ellos.
- 2.º Si la disolucion se verifica con efervescencia ó sin ella.
- 3.º Si se disuelve total ó parcialmente, dejando un residuo térreo ó gelatinoso.

En el primer caso la accion de los ácidos puede ser lenta



ó rápida. El líquido que resulta de la disolución puede tener color ó ser incoloro, fenómenos que conviene observar, indicándolos en las descripciones porque suelen servir por sí solos para determinar una especie mineral. En efecto, una disolución verde pertenece casi siempre á un mineral de cobre, una disolución de color rosado acusa la presencia del cobalto.

Respecto á las sustancias que se disuelven con efervescencia, es necesario distinguir la naturaleza y la intensidad del fenómeno; el cobre nativo, el cobre piritoso y en general los metales nativos, las combinaciones metálicas no oxidadas, como también ciertos óxidos al minimum de oxidación producen, al disolverse en el ácido nítrico, una efervescencia de gas ácido nitroso perfectamente caracterizada por el olor y el color del ácido desprendido. Por este medio puede distinguirse la pezblenda del wolfran. Es también necesario distinguir si la efervescencia va ó no acompañada de olor, y si el gas que se desprende es ó no incoloro. Si la efervescencia carece de estos dos últimos caracteres podemos desde luego suponer que el mineral sometido á la acción del ácido es un carbonato. Debe notarse en este caso y muy especialmente cuando se ensaya la cal carbonatada, la mayor ó menor rapidez con que se verifica la efervescencia, pudiendo distinguir por solo este carácter la dolomia de las demás calces carbonatadas. Hay algunas sustancias que se disuelven parcialmente en los ácidos, dejando un residuo mas ó menos abundante; existen por el contrario varias otras que son completamente atacadas por aquellos, observándose sin embargo en la disolución una masa gelatinosa transparente, que siendo poco abundante tiene bastante analogía con una nube. Esta propiedad pertenece á ciertos *hidrosilicatos*; la parte gelatinosa es debida al hidrato de sílice, que por su estado de división queda flotando en el líquido.

Los minerales que se disuelven parcialmente deben por lo general esta propiedad á mezclas; en ciertos casos la indicación de este residuo es de gran importancia; siendo suficiente por sí sola para distinguir las calces hidráulicas de las grasas; siendo tanto mas hidráulicas cuanto mayor sea la proporción de arcilla que contienen, con tal que sean susceptibles de aumentar de volumen por la extinción.

Los ensayos por los álcalis son poco numerosos, y se emplean rara vez. Sin embargo, pueden utilizarse para separar



ciertos minerales como el cloruro de plata que es perfectamente soluble en el amoniaco cáustico. Una disolucion de potasa puede emplearse tambien en ciertos casos para disolver la sílice en el estado gelatinoso.

Instrumentos necesarios para los ensayos por la via húmeda.

Si las disoluciones en los líquidos de que acabamos de hablar exigen una elevacion de temperatura, deberán ejecutarse en un vidrio de reloj colocado sobre la llama de una bujía, ó aun mejor en un matracito de vidrio, fig. 27, ó simplemente en un tubo recto cerrado por su estremidad inferior: este tubo se mantiene próximo á la llama de la bujía con una pinza de alambre.

Cuando haya necesidad de filtrar, operacion que en general debe procurar evitarse, se hace uso de un embudito muy pequeño de vidrio, poniendo en él un filtro de papel. El embudo se coloca en una especie de anillo que forma la parte superior doblada de un alambre fijado en una tablita de corcho, que sirve á la vez para poner en ella la vasija en que se ha de recibir el líquido filtrado. La filtracion puede escusarse casi siempre sacando el líquido claro por medio de una tira de papel de filtro *a*, fig. 28, que hace entonces el oficio de sifon. Para lavar un precipitado, se pone una vasija con agua destilada sobre la primera y se hace que fluya el líquido por medio de un sifon.

Cuando se trata de evaporar las disoluciones, se emplean capsulitas delgadas de porcelana sumamente pequeñas, y mejor aun de platino, colocadas sobre un sustentáculo de alambre doblado en ángulo recto y terminado en forma de anillo, cuya parte vertical puede adaptarse al candelero, fig. 29. A estos pequeños instrumentos deben añadirse unas cuantas copas pequeñas, algunos vidrios de reloj y por último algunos cilindros pequeños de vidrio para agitar. Un martillo de cortas dimensiones y un mortero pequeño de ágata, para pulverizar los cuerpos duros, podrán tambien ser útiles pero no son de absoluta necesidad. Tambien es preciso proveerse de la série de reactivos de que hemos de hacer uso, los cuales pueden reducirse á los siguientes.

#### *Reactivos líquidos.*

Acido clorhídrico.

Acido nítrico.

— sulfhídrico.

— sulfúrico.



Alcohol.	Infusion de agallas.
Amoniaco.	Potasa caústica.
Agua de cal.	Sosa caústica.
— destilada.	Nitrato argéntico.
Cloruro amónico.	— bórico.
— platínico.	— cobáltico.
Cianuro ferroso potásico.	— plúmbico.
— férrico potásico.	Oxalato amónico.
Sulfhidrato amónico.	Carbonato amónico.
— potásico.	Sulfato amónico.

*Reactivos sólidos.*

Borato sódico.	Lámina de cobre.
Nitrato bórico.	— de hierro.
— potásico.	— de estaño.
Fosfato sódico-amónico.	— de zinc.
Subcarbonato sódico.	Estaño en hojas delgadas.
Limaduras de cobre.	Cloruro estanoso.
	Sulfato ferroso.

Estos reactivos deben estar en el mayor grado de pureza posible, teniendo mucho cuidado de que no se ensucien, ya colocando los tapones sobre cuerpos que puedan adherirse á ellos, ya pasando los tubos de que se hace uso para tomarlos, de un frasco á otro, sin haberlos limpiado bien. Para evitar este último inconveniente cada frasco debe tener su tubo ó cilindro particular, fijo en el mismo tapon cuando este sea de corcho; en cuyo caso debe cuidarse de poner cada tapon en su verdadero lugar, para lo cual convendrá numerarlos. Nunca deben tocarse las disoluciones sometidas al ensayo con los tubos, sino verter simplemente en ellas los reactivos.

Se evitan estos inconvenientes sirviéndose de frascos terminados en punta con una abertura capilar y cubiertos con una especie de caperuza de vidrio, en la cual entran á rosca, fig. 30. Para llenarlos basta elevar un poco la temperatura y sumergirlos por la boca en el líquido; y para servirse de ellos se los toma en la mano, cuyo calor basta para dilatar el aire y hacer caer una gota del reactivo con solo volverlos un poco. Estos frascos no dejan desprender ningun vapor si se cuida de engrasar la caperuza de vidrio por su parte inferior.



ANÁLISIS CUANTITATIVA.—SU NECESIDAD Y MEDIOS GENERALES EMPLEADOS.

Cuando se trata de analizar un cuerpo simple basta siempre el ensayo químico para distinguirlo de todos los demas; pero no sucede lo mismo cuando se trata de un cuerpo compuesto, en razon á que no bastan para caracterizarle el número y la naturaleza de las materias que entran en su composicion, sino que es indispensable averiguar tambien las cantidades relativas. Por ejemplo, nadie confundirá el azúcar con el alcohol, y sin embargo, los dos están compuestos de carbono, oxígeno é hidrógeno, diferenciándose únicamente en las cantidades de estos principios. Una cosa análoga sucede en los minerales; muchos de ellos están formados de los mismos elementos, presentando, sin embargo, diferencias tan marcadas como los dos cuerpos precedentes; de aqui resulta que para caracterizarlos químicamente, es preciso saber separar exactamente las materias, pesar cada una de ellas, y referirlo todo á la unidad para formar la comparacion bajo este punto de vista. Asi es como pueden distinguirse el minio y el litargirio, tan diferentes en lo exterior, aunque compuestos de los mismos elementos, á saber;

Litargirio.	} Oxígeno..... 0,07	Minio.....	} Oxígeno..... 0,10
	} Plomo..... 0,93		} Plomo..... 0,90
	1,00		1,00

El análisis cuantitativo difiere del cualitativo por las muchas precauciones que deben tomarse en su ejecucion, y que pueden despreciarse hasta cierto punto en el análisis cualitativo ó ensayo. Es, pues, preciso pesar exactamente cierta porcion del mineral, comunmente reducido á polvo fino, y tener cuidado que no se pierda nada de él en el curso de las operaciones. Despues de haberle calcinado, si se ha descubierto agua en él, y pesado de nuevo para averiguar la pérdida, que será el peso del líquido, se le trata por el ácido nítrico, ó por el agua regia, ó bien se le funde de antemano con el carbonato sódico, etc.; se recojen despues sucesivamente por medio de la filtracion los precipitados que puedan formarse en la



disolucion, se les lava con cuidado haciendo pasar la suficiente cantidad de agua destilada por los filtros, se secan estos lo mejor posible, se les pesa con la materia que contienen, y se descuenta el peso del papel previamente determinado. Se recoje entonces el líquido filtrado y todas las aguas de locion, y se evaporan convenientemente para producir despues otros nuevos precipitados, con cada uno de los cuales se opera de la misma manera.

Al tratar de los cuerpos mas interesantes daremos á conocer los medios que se emplean para analizarlos.

ESPOSICION Y COMPARACION DE LOS ANALISIS.

Cuando los análisis se hacen para los usos de la vida, no se echa de ver la necesidad de espresar las composiciones de otro modo que por los pesos mismos que suministra el análisis; pero cuando se consideran los cuerpos inorgánicos bajo el punto de vista científico, pronto se advierte, cuando son en gran número, que es imposible compararlos unos con otros espresándose en pesos, en razon á que las proporciones son muy complicadas. Asi es que por espacio de mucho tiempo se ha parado poco la atencion en la composicion química, limitándose á comparar los cuerpos por sus caractéres exteriores, y solo desde que se han descubierto las leyes que rigen á las combinaciones, se ha podido en realidad sacar de ellas todo el partido que era de esperar. He aqui los hechos.

Si se comparan los resultados de un gran número de análisis, se observa inmediatamente que por lo general los compuestos inorgánicos están formados por la combinacion de un pequeño número de cuerpos elementales unidos entre sí en relaciones estremadamente sencillas: este principio se demuestra con suma facilidad, sobre todo en las sustancias gaseosas. Las cinco combinaciones del oxígeno con el nitrógeno pueden servirnos de ejemplo; en efecto, todas ellas contienen 100 partes de nitrógeno para una cantidad de oxígeno que varía en cada compuesto, pero de un modo tal, que las mayores son múltiples de las menores. Asi, pues:

Proporciones múltiples y equivalentes.

- 100 de nitrógeno y... 50 de oxígeno..... Protóxido de nitrógeno.
- 100 de nitrógeno..... 100 de oxígeno..... Bióxido de nitrógeno.
- 100 de nitrógeno..... 150 de oxígeno..... Acido nitroso.

Handwritten notes at the bottom of the page:
100 + 50 = Protóxido
100 + 100 = Bióxido
100 + 150 = Acido nitroso



100 de nitrógeno..... 200 de oxígeno..... Acido hiponítrico.

100 de nitrógeno..... 250 de oxígeno..... Acido nítrico.

Resulta de aqui, que las relaciones en que estos dos cuerpos se combinan, son entre sí como los números 1, 2, 3, 4, 5, de los cuales cada uno es múltiplo por un número entero del mas pequeño.

Suele suceder que la relacion encontrada es la de 1 á  $1\frac{1}{2}$  ó de 2 á 3, pero estos casos raros nos inducen á creer que no conocemos todos los compuestos que pueden formar los cuerpos que se estudian. Se suele ademas observar que en algunas combinaciones el volúmen del compuesto es menor que el de los componentes, en cuyo caso decimos que hay contraccion, pero aun esta misma contraccion se encuentra siempre en una relacion sencilla con el volúmen de uno de ellos, como puede observarse fácilmente en el agua, en el amoniaco y en otros varios compuestos.

La mayor parte de los cuerpos sólidos se encuentran en el mismo caso, como lo prueban los análisis de varios óxidos, sulfuros y cloruros. Esta ley que preside á las combinaciones definidas es la que ha recibido el nombre de *ley de las proporciones múltiplas*.

Establecidos estos principios, réstanos dar á conocer lo que se entiende por *equivalentes químicos*. Llámense asi las cantidades ponderales de los diferentes cuerpos capaces de reemplazarse mutuamente en las combinaciones de un mismo orden. Si tomamos pesos iguales de dos sustancias, y se combinan sucesivamente con varios cuerpos simples, observamos que para formar con estos combinaciones al mínimun, se necesitan cantidades ponderales diferentes. Sean, por ejemplo, el cobre y el plomo:

100 gramos de cobre y.	12,636 de oxígeno,	forman el protóxido.
100. . . . .	25,412 de azufre. . . . .	el protosulfuro.
100. . . . .	55,932 de cloro.. . . .	el protocloruro.
100 gramos de plomo .	7,725 de oxígeno,	forman el protóxido.
100. . . . .	15,54 de azufre. . . . .	el protosulfuro.
100. . . . .	34,194 de cloro.. . . .	el protocloruro.

Si comparamos entre sí estos diversos compuestos se ob-

*cobre oxígeno plomo oxígeno*  
 $100 + 12,636 = 100 + 7,725 = \text{protóxido } \left\{ \begin{array}{l} \text{cobre} \\ \text{plomo} \end{array} \right.$

25272  
1909



serva que las cantidades de oxígeno, azufre y cloro se encuentran en una relacion constante, asi, pues:

$$\frac{12,636}{7,725} = \frac{25,412}{15,54} = \frac{55,932}{34,194}$$

Admitiendo, como lo acredita la esperiencia, la misma proporcionalidad en todos los compuestos definidos, fácilmente se concibe la posibilidad de asignar á cada cuerpo simple una cantidad numérica llamada *número proporcional ó equivalente químico*, el cual sirve para espresar las relaciones de los principios constitutivos de los compuestos. Los números proporcionales varian con la unidad á que se refieren. Los químicos franceses por lo general comparan los equivalentes de los cuerpos con el de el oxígeno, que suponen igual á 100; segun esto es sumamente fácil hallar los equivalentes del cobre, plomo, azufre y cloro. En efecto:

$$12,636 : 100 :: 100 : x = 791,39 \text{ número proporcional del cobre.}$$

$$7,725 : 100 :: 100 : x = 1294,50 \text{ número proporcional del plomo.}$$

$$12,636 : 100 :: 55,932 : x = 442,64 \text{ número proporcional del cloro.}$$

En el caso que quisiéramos servirnos del equivalente del azufre para determinar el del cloro, la proporcion seria la siguiente,  $15,54 : 34,194 :: 201,16 : x = 442,64$ , cuya observacion es de suma importancia, especialmente cuando no se conoce con exactitud la primera combinacion que una sustancia forma con el oxígeno.

Respecto á los equivalentes de los cuerpos compuestos, bastará decir que son iguales á la suma de los equivalentes de los simples que los constituyen. Asi, pues, el sulfuro de plata,  $\text{SAg}$ , y el protóxido de plomo,  $\text{PbO}$ , tendrán por equivalentes, el primero 201,16, equivalente del azufre  $+1551,61$ , equivalente de la plata  $=1552,77$ ; y el segundo  $1294,5 + 100 = 1394,5$ . Fácilmente se concibe, que si se tratase de un sesquióxido, de un bióxido ó de un tritóxido, deberíamos multiplicar el equivalente del oxígeno por  $1\frac{1}{2}$ , 2, 3, etc. Respecto á las sales la regla dada no sufre escepcion alguna, bastará únicamente añadir al peso del equivalente de la base el del ácido. Asi, pues, el equivalente del nitrato de barita  $\text{NO}^5, \text{BaO}$ , será  $177,05 + 500 + 856,88 + 100 = 1633,91$ .

$$x = \frac{10000}{12,636} = 791,39$$



Podemos servirnos tambien del isomorfismo para determinar el equivalente de algunos cuerpos. En efecto, si queremos fijar la fórmula de la alúmina, ó lo que es lo mismo, el número de equivalentes de oxígeno y de aluminio en ella contenidos, bastará tener presente que la alúmina es isomorfa con el sesquióxido de hierro, cuya fórmula es  $\text{Fe}^2\text{O}^3$ , y por consecuencia debemos considerar análoga la composición de estos dos cuerpos, pudiendo representar la del óxido de aluminio por la fórmula  $\text{Al}^2\text{O}^3$ , siéndonos además sumamente fácil deducir el equivalente del aluminio, sin mas que atender al análisis de su óxido.

Del mismo modo en el alumbre comun, que es un doble sulfato de potasa y alúmina, podemos reemplazar el aluminio por el hierro, el manganeso y el cromo, sin que por esto se cambie ni la relacion de los elementos que entran en la composición de esta sal ni su forma cristalina, pudiendo deducir de esto que los alumbres de hierro, manganeso y cromo tienen la misma constitucion atomística. Asi, pues, conociendo la fórmula del uno de los óxidos que están unidos al ácido sulfúrico y al sulfato de potasa para formar el alumbre, deducimos inmediatamente que las fórmulas de los otros tres óxidos son semejantes. Conocidas estas fórmulas podremos, como en el caso anterior, calcular por medio del análisis de estos óxidos el equivalente del metal contenido en cada uno de ellos.

Por último, si queremos convencernos de la utilidad de los equivalentes químicos, bastará observar que nos servimos de ellos para conocer las proporciones en que debemos emplear los cuerpos en las operaciones químicas. En efecto, si queremos saber cuánto carbono será necesario para reducir una cantidad dada de un óxido metálico, suponiendo que se quemé todo el carbono y que pase al estado de óxido, lo conseguiremos fácilmente teniendo presente que el óxido de carbono contiene una proporción de carbono y otra de oxígeno. Si el óxido metálico que se ha de descomponer no contiene mas que una proporción de oxígeno, es claro que no necesitaremos emplear mas que otra de carbono para reducir la del óxido en cuestion.

Se da el nombre de átomo á la partícula mas pequeña de un cuerpo que da origen á una combinacion por simple justaposicion con las partículas de otro cuerpo. Asi, pues, cuando dos cuerpos se combinan, sus átomos no experimentan la me-



nor alteracion, puesto que son indivisibles é impenetrables; pero su reunion da lugar á otros nuevos dotados de propiedades particulares. Si por cualquier medio destruimos un cuerpo compuesto y separamos los elementos que le constituyen, los átomos de estos elementos volverán á presentarse con sus propiedades primitivas, y por consecuencia sin ninguna alteracion.

Varios fenómenos físicos nos inducen á creer que los átomos de los gases están colocados á distancias iguales, y que bajo el mismo volúmen contienen un número igual de ellos; de donde se deduce que el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos es proporcional á su densidad; pudiendo por consecuencia deducir de esta el peso relativo de sus átomos. Por ejemplo, sabiendo que la densidad del oxígeno es 1,105 y la del nitrógeno 0,971, estableceremos la siguiente proporcion:

$$1,105 : 0,971 :: 100 : x$$

cuyo tercer término representa el peso del átomo del oxígeno, que es el que sirve de término de comparacion, y el cuarto, que en el caso presente es 87,8 representará en la teoría atomística el peso del átomo del nitrógeno, ó la mitad del número proporcional del mismo cuerpo en la de los equivalentes, en razon á que el peso atomístico del nitrógeno, así como el del hidrógeno, cloro, bromo y iodo se representa por la mitad del número asignado á sus respectivos equivalentes; de modo que el agua en el sistema atomístico se denota con la fórmula  $H^2O$ , y en el sistema de los equivalentes con la  $HO$ .

Sin embargo, la aplicacion de la ley anterior es muy limitada, porque no todos los cuerpos simples se presentan ordinariamente bajo la forma gaseosa, y para reducir á este estado los que no se encuentran en él, y poder apreciar su densidad de una manera directa, necesitamos emplear temperaturas muy elevadas; pero admitiendo como ley general que las combinaciones de los gases se verifican de modo que los volúmenes de los componentes y el del compuesto que resulta, se encuentran siempre en relaciones estremadamente sencillas, es claro que podremos hacerla extensiva á todas las combinaciones que forman los diferentes cuerpos, suponiéndolos en el estado de vapor, y deducir por analogía el peso de



los átomos de aquellos cuerpos que dan lugar á compuestos gaseosos.

Dulong y Petit han demostrado que es siempre necesaria la misma cantidad de calor para elevar de un grado la temperatura de los pesos atomísticos de todos los cuerpos simples. Si, por ejemplo, se toman 200 de azufre (peso atomístico de esta sustancia) y 1294 de plomo (peso atomístico de este metal) observaremos que para elevar de un grado la temperatura de 200 de azufre serán necesarios

$$200 \times \frac{0,2025}{\text{calor específico del azufre}} = 40,5 \text{ unidades de ca-}$$

lor, y para elevar de un grado la temperatura de 1294 de plomo, se necesitarán

$$1294 \times \frac{0,0514}{\text{calor específico del plomo}} = 40,6 \text{ unidades de calor.}$$

Los dos físicos citados han conseguido demostrar por estos medios, que *multiplicando el calor específico de un cuerpo simple por su peso atomístico resulta una cantidad constante, y por consecuencia que los átomos de todos los cuerpos simples tienen una misma capacidad para el calor.*

Esta ley no puede, sin embargo, adoptarse como absoluta, porque Regnault empleando números mas probables para los pesos atomísticos y mas exactos para las capacidades caloríficas, ha encontrado que el producto á que se refiere el resultado de las observaciones de Dulong y Petit, no es rigosamente el mismo para todos los cuerpos simples, sino que varía para algunos entre 52 y 42; es decir, de cantidades mucho mayores que las que pueden resultar de los errores de observacion. Pero á pesar de todo, si no podemos considerar esta ley como absoluta, es por lo menos muy aproximada á la verdad, siendo tambien aplicable á los pesos proporcionales, puesto que los pesos atomísticos admitidos por la mayor parte de los químicos se confunden frecuentemente con los equivalentes.

Isomería.

Existen algunos cuerpos que presentan exactamente la misma relacion entre el número de átomos de que están constituidos, y por consecuencia una composicion idéntica, y sin



embargo poseen diferentes propiedades. En efecto, el cinabrio natural, compuesto de un átomo de azufre y otro de mercurio, difiere notablemente por su color rojo y por otras propiedades, del que se obtiene en los laboratorios combinando estos dos cuerpos en las mismas proporciones. En este caso decimos que la combinación del mercurio con el azufre ofrece dos estados isoméricos, y llamamos *isomeria* á la ley en virtud de la cual los mismos cuerpos elementales combinados en las mismas proporciones dan lugar á compuestos dotados de propiedades diferentes.

Si se coloca en un tubo de algunas pulgadas de longitud cerrado por un extremo la combinación negra de azufre y de mercurio obtenida por el método dicho, y se eleva la temperatura, el sulfuro de mercurio se volatiliza y condensa en la parte superior del tubo, presentando el mismo aspecto que el cinabrio natural. Esto nos manifiesta de una manera indudable que hay ocasiones en las que se consigue hacer pasar un cuerpo de un estado isomérico al otro.

Hay muchos cuerpos elementales que en ciertas circunstancias, poco conocidas aun, presentan un aspecto exterior ó formas diferentes, las cuales parecen conservar en muchas de sus combinaciones. Sirva de ejemplo el estado tan diferente que presenta el carbono en el diamante y en el carbon vegetal ó animal, diferencia que se encuentra tambien en varios y acaso en todos los cuerpos simples, si bien es cierto que hasta ahora no se ha observado mas que en un corto número de ellos; y aun cuando no han podido los químicos averiguar las causas que producen esta diferencia de propiedades en los cuerpos elementales, han convenido en designar el fenómeno con el nombre de *alotropia*, diciendo que el carbono se encuentra en el diamante y en el carbon de leña en dos estados alotrópicos diferentes.

Alotropia.

Antes de que Berzelius consiguiera regularizar el sistema atomístico no se indicaba, como ya hemos manifestado, la composición de los cuerpos mas que por los pesos que resultaban de los análisis químicos, los cuales espresaban que en una ó en cien partes de un cuerpo, existia tal ó cual cantidad de tal ó cual materia. De aqui resultaba la imposibilidad de formarse una idea clara de tal ó cual sustancia, especialmente de aquellas que estaban compuestas de los mismos elementos en diversas proporciones.

Utilidad del cálculo atomístico y conversion de los análisis en fórmulas.



Lo contrario sucede cuando se calculan estos análisis en el sistema atomístico; en efecto, se encuentra en este caso que el rejalgar está compuesto de un átomo de arsénico y otro de azufre, en tanto que el oropimente está compuesto de dos átomos de arsénico y tres de azufre ó lo que es lo mismo que el primero es un protosulfuro y el segundo un bisulfuro.

Este ejemplo basta para hacer ver la necesidad de presentar la composición de los cuerpos en átomos, y puesto que los análisis no pueden verificarse sino en peso, será necesario en todos los casos saberlos traducir en átomos.

Para verificar esta transformación basta dividir el peso de cada uno de los componentes por el peso atomístico correspondiente, reduciendo después las proporciones á su mas sencilla expresión.

Supongamos que se trata de hallar la fórmula atomística del rejalgar cuyo análisis hemos dado á conocer; para conseguirlo dividiremos las cantidades de azufre y arsénico por los pesos atomísticos de estos dos cuerpos

30,43 (partes de azufre) dividido por 200,75 (peso del átomo)=0,15  
69,57 (partes del arsénico) dividido por 469,40 (peso del átomo)=0,15.

La igualdad de estas dos cantidades nos prueba de una manera indudable que el rejalgar es un sulfuro compuesto, como ya hemos manifestado, de un átomo de azufre y otro de arsénico, cuya fórmula será  $As S$ .

Para el oropimente seguiremos el mismo procedimiento

38,14 (partes de azufre) dividido por 200,75 (peso del átomo)=19  
61,86 (partes de arsénico) dividido por 469,40 (peso del átomo)=13.

De los dos cocientes obtenidos deducimos naturalmente esta proporción  $13:19::2:3$ , la cual nos manifiesta que el oropimente está compuesto de tres átomos de azufre y de dos de arsénico cuya fórmula será  $As^2S^3$

Supongamos ahora que el compuesto sea ternario formado de azufre, cobre y plomo en las proporciones siguientes:

	Pesos.
Azufre. . . . .	0,192
Cobre. . . . .	0,189
Plomo. . . . .	0,619



Para transformar este análisis en la fórmula atomística correspondiente se buscarán en la tabla (pág. 63) los pesos atomísticos del azufre, del cobre y del plomo, á saber; 200,75.....395,60.....1294,645 por los cuales se dividirán los pesos que han resultado del análisis. En este caso hallaremos

$$\frac{0,192}{200,75} = 0,00095 ; \frac{0,189}{395,60} = 0,00047 \quad \frac{0,619}{1294,645} = 0,00047$$

cuyos números están próximamente en la misma relacion que 2..... 1..... 1 ; por consiguiente la sustancia analizada estará compuesta de 2 átomos de azufre, 1 átomo de cobre y 1 átomo de plomo.

De un modo análogo se calculan los compuestos cuaternarios.

Resta, pues, dar á conocer el medio de que podemos servirnos para volver á pasar de la fórmula atomística al análisis en peso.

Conversion  
de las fórmu-  
las en pesos.

Se consigue reuniendo todos los átomos que entran en la composicion del mineral cuyo análisis queremos determinar; y haciendo tantas proporciones como sustancias contenga, se obtiene el número de partes de cada una.

Sea para esto la fórmula del alumbre

	$K \dot{A}l \dot{S}^4 Ag^{24}$
$K$ (1 átomo de potasa)	= 589,916
$\dot{A}l$ (1 átomo de alúmina)	= 642,352
$\dot{S}^4$ (4 átomos de ácido sulfúrico)	= 2004,660
$Ag^{24}$ (24 átomos de agua)	= 2699,496
	5936,404

Despues se establecen las proporciones siguientes:

$$5936,404 : 589,916 :: 100 : x = \frac{589,916 \times 100}{5936,404} = 9,94 \text{ potasa.}$$

$$5936,404 : 642,352 :: 100 : x = \frac{642,352 \times 100}{5936,404} = 10,82 \text{ alúmina.}$$

$$5936,404 : 2004,660 :: 100 : x = \frac{2004,660 \times 100}{5936,404} = 33,77 \text{ ácido sulfúrico.}$$

$$5936,404 : 2699,496 :: 100 : x = \frac{2699,496 \times 100}{5936,404} = 45,47 \text{ agua.}$$

Total. . . . . 100,00

:



## CARACTERES GEOLOGICOS.

Los caracteres geológicos son los que nos dan á conocer la manera como se encuentran los minerales en el globo, sus diversos géneros de asociacion, su distribucion en los continentes y la época de su formacion.

Las especies minerales, ó sus variedades, se encuentran en la superficie del globo unas veces, aunque en pequeño número, formando por sí solas, montañas, cordilleras, capas, masas y filones de mas ó menos estension, otras, se encuentran diseminadas en pequeñas porciones en los grandes depósitos ó tapizando sus hendiduras ó cavidades.

Definicion de las capas.

Se da el nombre de *capas* ó *bancos* á las masas minerales de mas ó menos espesor, cuyas dos caras son sensiblemente paralelas, y que suelen estenderse indefinidamente ya en longitud ya en profundidad. Las capas dispuestas de este modo constituyen las rocas *estratificadas*, fig. 31. Se llaman *planos* de juntura las superficies de una capa, y juntas de estratificacion los espacios vacíos que los separan.

Se llaman fisuras las grietas ó intervalos vacíos accidentales *fff* que atraviesan una capa ó un sistema de capas en el sentido de su espesor.

Cuando las fisuras tienen grandes dimensiones y se estenden á mucha distancia, reciben el nombre de *fallas* las cuales suelen ser el resultado de una dislocacion que, levantando ó bajando uno de los costados de la falla, ha desordenado las capas atravesadas por ella, de modo que ya no se corresponden, es decir, que la misma capa se encuentra por un lado de la falla mas elevada que por el otro como se observa en la fig. 32. El espesor de una capa, de una masa, ó de un sistema de capas recibe el nombre de *potencia*.

Cuando las capas son paralelas entre sí y á la direccion general, como se observa en las figuras anteriores, la estratificacion recibe el nombre de regular, y de irregular en el caso contrario. Pueden ser ademas horizontales ó inclinadas, planas ú onduladas, y por último plegadas en zig-zag como se observa en la fig. 33.

En una capa hay que distinguir la inclinacion y la direccion. Se llama inclinacion de una capa el ángulo que forma con el horizonte. Esta inclinacion varía desde la línea horizon-



tal hasta la vertical, y se mide por medio de la brújula ó aun mejor empleando un eclimetro. Al espresar la inclinacion de una capa es necesario indicar tambien el punto del horizonte hácia el cual se sumerge.

La direccion de una capa es la de una línea situada sobre su mismo plano y perpendicular á su inclinacion. En otros términos, las líneas de inclinacion y de direccion se cortan siempre en ángulo recto: asi cuando se dice que las capas se sumergen de *N* á *S*, es lo mismo que decir que su direccion es de *E* á *O*. Para espresar la direccion y la inclinacion de una capa no se toman en cuenta las sinuosidades que presenta, asi como para indicar la corriente de un rio se hace abstraccion de todas sus revueltas ó rodeos.

Se dice que una roca ó una capa está *subordinada* á un grupo de otras, cuando se encuentra intercalada entre ellas.

Si las capas correspondientes á formaciones diversas están inclinadas en el mismo sentido, y bajo el mismo ángulo, se dice que la *estratificacion es concordante*. En el caso contrario la estratificacion será *discordante* ó *trasgresiva*.

La concordancia en la estratificacion indica siempre que la inclinacion de las capas ha sido producida por la misma causa; en tanto que la discordancia, nos asegura que ha sido debida al concurso de diferentes circunstancias.

Se da el nombre de masas, fig. 34, á unos depósitos limitados, de diversas formas y dimensiones, envueltos en todo ó en parte por sustancias de naturaleza diferente. Cuando estos depósitos tienen la forma lenticular que representa la figura, y se encuentran entre dos capas horizontales ó inclinadas, se les suele distinguir con el nombre de masas estratiformes ó en forma de capas.

Masas.

Si las masas que se encuentran situadas entre las capas son de dimensiones pequeñas, reciben los nombres de riñones y *nidos*, espresiones que hasta cierto punto suelen emplearse como sinónimas.

Se da el nombre de filones á unas masas minerales aplanadas, cuyas dos superficies no son paralelas, y que por consecuencia terminan en un cono á una distancia mas ó menos grande. Estas masas no se estienden paralelamente á las capas de las montañas en que se encuentran, sino que las cortan por el contrario, en un sentido que se aproxima siempre mas ó menos á la direccion vertical, fig. 35, atravesando de este

Filones.



modo en muchas ocasiones, capas de naturaleza diferente. La materia que constituye los filones difiere en todos los casos de la de la roca atravesada por ellos, ó por lo menos presenta caracteres particulares.

La formación de estos filones, cuya sustancia difiere de la de la roca, se atribuye á las hendiduras practicadas en la masa del terreno, algun tiempo despues de su solidificación, y cuyos vacíos se han llenado inmediatamente ó despues de mas ó menos tiempo, bien por la parte superior ó por la inferior.

En los filones hay que distinguir las materias principales que los llenan y las accesorias: estas últimas estan dispuestas irregularmente en la masa de las primeras bajo la forma de cristales, de riñones, de granos, de venas, etc., ó alternando por capas pequeñas con aquellas, ó finalmente, tapizando las paredes de las cavidades. Cuando los filones tienen poco espesor reciben el nombre de *venas*.

Se da el nombre de *ganga* en los filones metalíferos á las partes no metálicas que forman frecuentemente la masa principal del depósito.

Se distingue tambien en un filon su dirección, su inclinación, su potencia, el techo, el muro y la cresta. Los minerales diferentes que envuelven la sustancia metalífera, y la separan de las paredes de la roca, forman las *salbandas* del filon.

La posición de los filones se fija de la misma manera que la de las capas.

Cuando los filones son de basalto, de pórfido, ó en general de rocas de origen ígneo, se les distingue con el nombre de *diques*.

Estado de diseminación.

Se dice que una sustancia está diseminada cuando se encuentra dispersa en varias direcciones, en cristales, en pajitas, en glóbulos, etc., ya sea en las masas minerales simples ó en los depósitos compuestos, de los cuales no forma parte esencial. Es necesario no confundir esta diseminación con la reunión de las sustancias que constituyen masas de gran extensión, que estan uniformemente mezcladas, como en los granitos y muchas otras rocas análogas; en este caso las sustancias son las partes constitutivas esenciales de las rocas, llamadas compuestas, en las cuales pueden encontrarse accidentalmente nidos, cristales, pajitas, etc., de diversas materias en el estado de diseminación.



# DESCRIPCION

## DE LOS CUERPOS INORGANICOS

CUYO CONOCIMIENTO

ES MAS IMPORTANTE PARA LA CONSTRUCCION.

---

OXIGENO.

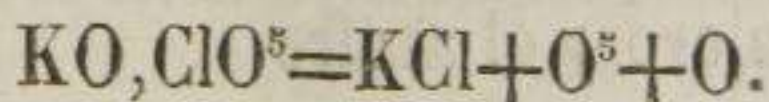
**Sinonimia.**—*Aire vital.*—*Aire desflogisticado.*

Aun cuando este cuerpo no se presenta nunca en la naturaleza en estado libre, está tan universalmente esparcido y hace en ella un papel tan importante, que no podemos menos de indicar sus principales caracteres.

Es un gas permanente, incoloro, inodoro é insípido, su densidad relativa está representada por 1,105 y es el cuerpo mas electro-negativo de cuantos se conocen. Mantiene y activa la combustion de los cuerpos; y la vida de los animales situados en un volúmen dado de oxígeno se prolonga por mas tiempo que en un volúmen igual de aire atmosférico. Es muy poco soluble en el agua, puesto que se ha observado que 100 partes de este líquido á la temperatura y presion ordinarias disuelven 4,6 de oxígeno.

El oxígeno entra en la composicion del aire atmosférico, se encuentra disuelto en todas las aguas que estan en contacto con el aire, y finalmente, entra en la composicion de casi todos los cuerpos de la naturaleza.

Se prepara en los laboratorios calentando en una retorta de vidrio, ocho ó diez gramos de clorato potásico, el cual se trasforma en oxígeno y cloruro de potasio como se indica en la siguiente fórmula



Caracteres.

Estado.

Preparacion.



HIDROGENO.

**Sinonimia.**—*Gas inflamable.*

Caractères.

Es un gas permanente, incoloro, inodoro é insípido cuando está puro; es el cuerpo mas ligero que se conoce y su densidad relativa está representada por 0,0692. Un litro de gas pesa en circunstancias normales de temperatura y presión 0,gram-0896. El gas hidrógeno es segun esto cerca de 14,5 veces mas ligero que el aire, y su empleo para los globos aereostáticos se funda en esta propiedad. Es el mas refringente de todos los gases, siendo su potencia refractiva cerca de seis veces y media mayor que la del aire: se inflama cuando está en contacto del aire y de un cuerpo que arda con llama.

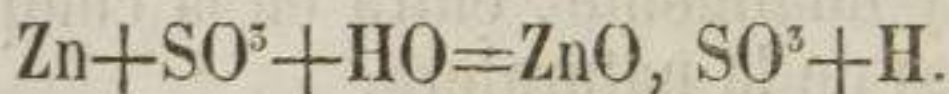
El hidrógeno, aunque inflamable, no sirve ni para la respiracion ni para la combustion, se combina con el oxígeno á la temperatura del calor rojo, y produce por su combustion un calor mucho mayor que ninguno de los otros combustibles. Es poco soluble en el agua, la cual disuelve solamente una centésima parte de su volúmen.

Yacimiento.

El gas hidrógeno se encuentra rara vez en la naturaleza; se desprende con abundancia durante los fenómenos volcánicos, en cuyo caso casi se quema instantáneamente por la elevacion de temperatura y por su contacto con el aire. Casi siempre se encuentra mezclado con los vapores de nafta y con el hidrógeno carbonado que se desprenden de las *Salzas*: por último se desprende tambien del interior de la tierra por las hendiduras que se forman durante los terremotos.

Preparacion.

El hidrógeno se prepara en los laboratorios introduciendo en un frasco de dos bocas granalla de zinc, agua y ácido sulfúrico, cuya reaccion se formula de la manera siguiente:



Usos.

El hidrógeno se emplea en los laboratorios de química para reducir los óxidos al estado metálico; los metales reducidos por este gas son en general bastante puros. El hidrógeno sirve tambien para aislar algunos metales de sus combinaciones con el cloro y el azufre.



AGUA.

**Sinonimia.**—*Oxido de hidrógeno.*

El agua fué considerada por los antiguos como un elemento, hasta que á fines del siglo diez y ocho Lavoissier puso fuera de toda duda la composicion de este cuerpo.

Historia.

El agua es líquida á la temperatura ordinaria, transparente, incolora en masas pequeñas, inodora, insípida y elástica; su densidad está representada por la unidad y es, como ya sabemos, la que sirve de término de comparacion para determinar las densidades relativas de los cuerpos sólidos y líquidos. Un litro de agua á la temperatura de  $+ 4^{\circ}$  pesa 1000 gramos, luego un centímetro cúbico pesará 1 gramo, cuyo peso sirve de unidad en el sistema métrico.

Caractères.

Espuesta el agua á una temperatura baja disminuye de volúmen hasta la de  $4^{\circ}$ , despues se dilata hasta solidificarse, lo cual se verifica á la temperatura de  $0^{\circ}$ . Segun Mairan durante su congelacion aumenta  $\frac{1}{14}$  de su volúmen. Esta es la razon porque el hielo es menos pesado que el agua á la misma temperatura. Al congelarse cristaliza en agujas entrelazadas unas con otras produciendo masas transparentes y continuas, cuya forma cristalina no es fácil averiguar.

Sin embargo, se distinguen á veces formas cristalinas definibles en los pequeños témpanos que se forman en el seno de las aguas cenagosas. Cuando la temperatura del aire es inferior á  $0^{\circ}$ , el agua se separa de él bajo la forma de nieve ó escarcha. Cada copo de nieve es la reunion de un sin número de cristales que se han agrupado y por medio de una lente de bastante aumento puede reconocerse que los cristales elementales son prismas regulares de seis caras, prolongados, que se agrupan en estrellas alrededor de un centro, formando siempre ángulos de  $60^{\circ}$  y de  $120^{\circ}$ . La forma cristalina del hielo corresponde pues al sistema romboédrico.

La fuerza expansiva que el agua desarrolla al congelarse es irresistible, hace reventar los tubos de fundicion de hierro de una pulgada de espesor; y piedras muy resistentes, aunque porosas, se abren con frecuencia durante el invierno, cuando se congela el agua contenida en sus poros. Estas piedras se conocen con el nombre de *piedras heladizas*. Los tubos



de hierro que conducen las aguas á las fuentes que adornan nuestros jardines, si no están profundamente situados ó recubiertos con cuerpos malos conductores del calor, suelen tambien romperse por la fuerza expansiva del hielo, razon por la cual conviene vaciarlos durante el invierno.

El agua bajo la presion de 0,<sup>m</sup>760 entra en ebullicion á la temperatura invariable de 100°. Esta temperatura varia con la presion y con la naturaleza y cantidad de las sustancias disueltas en aquella.

El oxígeno se disuelve en el agua en tanta mas cantidad cuanta mas fuerte sea la presion y mas baja la temperatura: á 10° y á la presion ordinaria disuelve mas de  $\frac{1}{25}$  de su volumen.

El aire atmosférico es menos soluble que el oxígeno, observándose ademas que la proporcion de este último gas existente en el aire disuelto en el agua llega á 32 por 100, lo cual proviene únicamente de que el ázoe es menos soluble que el oxígeno. Cuando el agua está tapada por mucho tiempo ó colocada en algibes pierde una cantidad del oxígeno en ella contenido y adquiere por consecuencia malas propiedades. El aire que las aguas tienen en disolucion comunica á la de los manantiales y fuentes un sabor fresco y agradable. Estas aguas privadas de aire se hacen indigestas y pesadas, como se observa en el agua destilada, cuyo sabor es nauseabundo; pero si se la agita con el aire hasta que se sature de este gas, adquiere buenas propiedades y puede usarse sin inconveniente alguno.

Composicion.

El agua se compone de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno ó en peso de

88,87 oxígeno.
11,13 hidrógeno.
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/>
100,00

Se puede analizar el agua descomponiéndola por la pila de Volta ó haciéndola pasar en estado de vapor por un tubo de porcelana enrojecido, dentro del cual hayamos colocado alambres de hierro bien pulimentados. Se hace comunicar una de las estremidades del tubo con una retorta que tenga una cantidad conocida de agua destilada, en tanto que la estre-



midad opuesta se pone en comunicacion con un serpentín, cuya parte inferior se introduce en un frasco de dos bocas. Dispuesto el aparato de esta manera se enrojece el tubo de porcelana y se calienta el agua de la retorta hasta la ebullicion. Una parte del vapor que atraviesa el tubo se descompone en oxígeno, que se combina con el hierro, y en hidrógeno: este pasa á la campana graduada, mientras que la porcion de vapor no descompuesto se condensa en el serpentín y se deposita en el frasco con quien comunica. La cantidad de oxígeno unida al hierro podremos averiguarla, pesando el metal antes y despues de la operacion; respecto al peso del hidrógeno, le obtendremos fácilmente conociendo el volúmen obtenido y la densidad relativa de este cuerpo.

Por medio de la síntesis podremos tambien asegurarnos de la composicion del agua. Bastará para esto introducir en un eudiómetro 200 volúmenes de hidrógeno con 200 de oxígeno y hacer pasar la chispa eléctrica; una vez verificada la combinacion, se observa que las paredes interiores del aparato están recubiertas de una capa de humedad y que queda un residuo de 100 volúmenes de oxígeno puro que pueden ser absorbidos completamente por el fósforo. Resulta, pues, de este experimento que para formar el agua ha sido necesario que se combinen 200 volúmenes de hidrógeno con 100 de oxígeno.

Finalmente, Dumas ha fijado con exactitud por la síntesis la composicion ponderal del agua, reduciendo un peso conocido de óxido de cobre por el hidrógeno puro y seco; en este caso la composicion del agua se deduce del peso del óxido antes del experimento, del peso del metal reducido, y por último del agua formada durante la operacion. En efecto, si representamos por  $p$  un peso conocido de óxido de cobre y por  $p'$  el peso del cobre reducido,  $p - p'$  representará el peso del oxígeno contenido en el óxido. Si ahora pesamos exactamente el agua producida y de su peso restamos el peso  $p - p'$  del oxígeno, la diferencia entre estas dos cantidades nos dará á conocer la del hidrógeno que se ha unido al oxígeno para formar agua.

El agua se encuentra en la naturaleza en el estado sólido, en el líquido y en el de vapor. Estado.

El agua en el estado sólido forma los hielos perpétuos de los polos al nivel mismo de los mares, y en la cima de las montañas las nieves perpétuas que empiezan á diferentes al- Agua en el estado sólido.



turas segun la latitud, habiéndose observado sobre este punto lo siguiente.

A los 70° de latitud el límite inferior de las nieves perpétuas está poco mas ó menos

	Metros.
á . . . . .	1050
á los 60° á . . . . .	1500
á los 45° á . . . . .	2550
á los 20° á . . . . .	4600
cerca del ecuador á . . . . .	4800

Estas nieves perpétuas constituyen lo que se llaman ventisqueros, los cuales deben dividirse en dos especies: 1.º los que empiezan en los límites indicados y son casi invariables: 2.º los que resultan de las nieves que caen en ciertas épocas en los valles mas bajos, ó de los *aludes* que vienen de los primeros. Estos aludes son los que se consolidan por la infiltracion diaria de las aguas procedentes de la licuacion de algunas de sus partes y se mueven constantemente en la pendiente del terreno, descendiendo hasta 1000 metros por debajo de los mares en nuestros climas, en medio de las praderas y tierras de labor de las montañas. Su masa varia aumentando ó disminuyendo segun el calor y la duracion de los veranos, observándose que algunas veces se disminuye por espacio de muchos años seguidos, aumentándose despues del mismo modo durante algunos otros. Estos ventisqueros accidentales son los que se han visitado con mas frecuencia y los que presentan las circunstancias mas notables.

En nuestros climas se encuentran los ventisqueros en las montañas mas elevadas, siendo muy notables los de los Alpes, ya alrededor del monte blanco, donde se encuentra al ventisquero llamado *mar de hielo* ó ya en San Gotardo, donde existe el ventisquero del Ródano, que es uno de los mas notables, y del cual sale ya este rio bastante caudaloso brotando de una bóveda inmensa de hielo.

Se encuentra tambien hielo en ciertas cavernas que por esta razon se llaman *neveras naturales* y en las que se produce por la evaporacion rápida ocasionada por las corrientes de aire que agitan las aguas que se rezuman en estas cavida-



des, solidificando por consiguiente una parte de ellas. Estas neveras naturales se encuentran en las montañas del Jura.

El agua de los rios que riegan nuestros continentes nacen unas veces de las neveras de que hemos hablado, otras de ciertos lagos alimentados de diversos modos y lo mas frecuente son el resultado de todos los veneros de agua que exudan de las montañas, los cuales se reunen sucesivamente. Existen, sin embargo, arroyos y rios subterráneos que, ocultos en una gran estension de su trayecto, los vemos despues salir inmediatamente de los peñascos en direccion lateral ó vertical.

Agua en el estado líquido.

Los lagos se encuentran á todas alturas en la cima de las montañas y en las llanuras. En el primer caso tienen por lo regular poca estension y sus aguas son bastante puras; en el segundo son mucho mayores y sus aguas contienen frecuentemente sales de diversas especies. Los lagos de las montañas se encuentran en todos los terrenos, pero son mucho mas comunes en las calizas intermedios que en los graníticos y volcánicos.

Los manantiales se encuentran por todas partes al pie de las colinas ó montañas, al través de las cuales se pueden filtrar las aguas situadas en su parte superior; son tanto mas abundantes cuanto mayor es la altura de las montañas y mas frondosa su vejetacion, la cual da lugar á la condensacion de los vapores trasportados por los vientos. En los paises formados por capas horizontales todos los manantiales suelen tener el mismo nivel, lo cual proviene de que las aguas se filtran hasta que se encuentran detenidas por una capa *a b* impermeable, fig. 36.

La misma regla se observa en los pozos. En los terrenos cuyas capas están inclinadas, los manantiales nacen por el lado donde aquellas se sumergen. En los puntos en que el terreno no está sensiblemente dividido en capas, como en las montañas porfíricas y graníticas, nacen los manantiales indistintamente por todos los lados y de todas alturas, siguiendo probablemente las hendiduras. Las aguas de los manantiales son bastante puras, pues solo contienen las materias propias del terreno que han atravesado, teniendo comunmente la temperatura media del pais. Pero hay otros manantiales que presentan caracteres diferentes, y cuyas aguas están cargadas de materias estrañas á los terrenos en donde nacen, ó tienen una temperatura mas ó menos elevada: tales son los que se desig-



nan con los nombres de *manantiales minerales* y *manantiales termales*. Estos últimos han llamado en todos tiempos la atención de los naturalistas habiéndose tratado muchas veces de explicar la temperatura de sus aguas ya por la descomposición de las piritas, ya por la proximidad á los volcanes. En el día el aumento de temperatura que se ha descubierto á medida que se descende al interior de la tierra y que es próximamente 1.º por cada 30<sup>m</sup>, hace naturalmente concluir, que el calor de las aguas termales consiste en que nacen, como las de los pozos artesianos, á una profundidad mas ó menos considerable que puede calcularse en cada localidad.

Fácilmente se concibe que á estas profundidades y á una temperatura conveniente puedan obrar las aguas sobre las rocas y extraer de ellas ciertas sales, por las que se distinguen de las aguas de los manantiales producidos por filtraciones superficiales. Las aguas termales no se encuentran pasados los terrenos secundarios, observándose además que su temperatura en estos terrenos es inferior á la que tienen las de los primitivos; en todos casos son muy pocas las que llegan á 100º.

Pozos absor-  
ventes y ar-  
tesianos.

Las corrientes subterráneas de que hemos hablado en la pag. 109 y que se encuentran á diversas profundidades, han suscitado la idea de conducir á los agujeros practicados con las sondas las aguas exteriores para extraerlas despues, y de aqui el origen de los pozos *absorventes* que en algunos paises no son menos útiles que los mismos pozos *artesianos*.

Estos son unos agujeros verticales por cuyo medio suben en ciertos sitios hasta la superficie, saltando á veces á diversas alturas, las aguas situadas profundamente. La condicion esencial para hacer un pozo artesiano es la existencia de una capa arenosa bastante alta por todas partes, que quede descubierta á una distancia considerable y que esté situada entre dos capas impermeables, de las que se perfora la superior. Es evidente que esta capa, presentándose en la superficie del terreno en *a b*, fig. 37, absorberá continuamente las aguas de lluvia en todo su contorno, llenándose por consiguiente hasta cierto nivel *c d* el espacio comprendido entre las dos capas impermeables; ahora bien, si se atraviesan todos los depósitos que cubren la capa que contiene el agua, saltará esta por el agujero y se elevará al exterior hasta el nivel á que llegue en esta especie de vasija natural. La corriente continuará á la misma altura, si hay suficiente absorcion en la circunferencia exterior de la capa,



y mejor todavía si por algunos puntos *a b*, etc., de su nivel pasa algun rio que pueda suministrar constantemente agua.

Los pozos artesianos traen á la superficie de la tierra aguas, que de otro modo se perderian completamente para ciertas localidades. Se ha propuesto aumentar asi las aguas de ciertos arroyos, lo cual seria muchas veces de una ventaja inmensa; y aun se ha creido que podrian cultivarse ciertos parajes de los desiertos de Egipto, llevando por este medio agua á la superficie del terreno.

El agua que se encuentra en la superficie de la tierra dista mucho, como hemos indicado, de su perfecto grado de pureza: aun el agua de lluvia que es la menos impura contiene en disolucion todas las sustancias que existen en el aire, tales como el oxígeno, el ázoe, el ácido carbónico y en algunas ocasiones indicios de ácido nítrico, de carbonato de amoníaco ó de nitrato de la misma base. Estos últimos cuerpos existen especialmente en las aguas de las tempestades. Las primeras porciones de agua de lluvia que se recojen contienen ademas los cuerpos estraños, y el polvo, que se encuentran en suspension en la atmosfera. Sin embargo, el agua de lluvia recojida con esmero es frecuentemente pura y á propósito para beber, especialmente si se recoge en algibes convenientemente contruidos y durante la primavera y el otoño, pudiendo reemplazar á la destilada en algunas de las operaciones químicas.

El agua de los rios, arroyos, manantiales y pozos es menos pura que la de lluvia, en razon á que contiene cloruros, sulfatos y carbonatos á base de cal, de magnesia y algunas veces de sosa, de potasa y alumina. La composicion de estas aguas varia con la naturaleza de los terrenos por donde pasan.

Generalmente son insípidas y por consecuencia á propósito para beber: disuelven regularmente el jabon, conservan su transparencia aun despues de la ebullicion, dejan muy poco residuo quando se evaporan y cuecen bien las legumbres. Estas aguas son las que llaman *potables* ó *dulces* para distinguir las de las conocidas con el nombre de *crudas*, las cuales careciendo de estas propiedades no pueden utilizarse en los usos domésticos.

Las aguas crudas se dividen en *selenitosas* y *calcáreas*.

Las primeras contienen una cantidad mas ó menos considerable de sulfato de cal, no se enturbian por la ebullicion y



precipitan abundantemente por el oxalato amónico y el cloruro de bario.

Las aguas crudas de la segunda especie contienen carbonato de cal, disuelto á beneficio de un exceso de ácido carbónico; se enturbian por la ebullicion: por el agua del cal y por el contacto prolongado del aire. Estas aguas pueden utilizarse en los usos domésticos: 1.º hirviéndolas por algunos instantes y dejándolas reposar: 2.º agitándolas en contacto del aire: 3.º tratándolas por el agua de cal hasta que no produzcan precipitado por este reactivo.

Las aguas selenitosas pueden utilizarse para jabonar y cocer las legumbres tratándolas por una disolucion de carbonato de sosa. Si se quieren aprovechar únicamente para jabonar, bastará tratarlas por una corta cantidad de jabon; el cual precipita toda la cal en el estado de margarato, de estearato y de oleato cálcicos que son insolubles; separados del agua estos precipitados disuelve perfectamente el jabon sin experimentar descomposicion alguna.

Las aguas de los torrentes que descienden de las montañas graníticas son las que se consideran como las mas puras. Deben sin embargo preferirse para beber las que contienen una corta cantidad de sales calizas. Los esperimentos de Bous-singault han demostrado de una manera evidente que la cal de las aguas potables concurre con la que contienen los alimentos, al desarrollo del sistema óseo.

De todo lo dicho se infiere que las aguas pueden ser potables aun cuando contengan algunas sales en disolucion.

Algunas de estas sales pueden influir en la distribucion de las aguas por las cañerías, ya depositándose en ellas como sucede al carbonato de cal, ya reaccionando sobre la materia de los tubos de fundicion, dando lugar á concreciones ferruginosas, que aumentándose con rapidez disminuyan pronto la cantidad de agua distribuida.

Generalmente se admite que las aguas que tienen 0,5<sup>ra</sup> 25 de sales calizas anhidras por litro, producen una incrustacion calcárea en los tubos. La formacion de los tubérculos ferruginosos que disminuyen con tanta rapidez el diámetro interior de los tubos de fundicion y por consecuencia el gasto del líquido, ha llamado mucho la atención desde las equivocaciones cometidas en la distribucion de las aguas en algunas poblaciones, y muy especialmente en la ciudad de Grenoble.



En el dia es bien sabido que estas concreciones tuberculosas están formadas por la oxidacion de los tubos bajo la influencia de sustancias estrañas, y no por el depósito de las sales calizas, como se creia anteriormente.

Está admitido que las aguas que contienen menos de 0<sup>grm</sup>,25 de sales anhidras por litro son las que pueden producir los tubérculos, especialmente si contienen ademas del carbonato de cal una cantidad mas ó menos considerable de cloruro de sodio, cuyas sales son muy apropósito para favorecer la formacion de aquellos. Esta es la razon porque Bouchardat opina que seria prudente en el caso de adoptar el uso de los tubos de fundicion preservarlos con una capa de la cal hidráulica indicada por Vicat.

Las incrustaciones calizas por las aguas que pueden producirlas son muy lentas, pero en los trabajos de esta naturaleza debe mirarse al porvenir tanto como al tiempo presente. Convendrá, pues, para evitarlas: 1.º hacer recorrer las aguas lentamente por un acueducto construido de tal modo, que pueda desprenderse el ácido carbónico escedente que tiene en disolucion al carbonato de cal: 2.º recibirlas antes de distribuirlas en un gran depósito en donde se debilite su propiedad incrustrante.

Las concreciones calizas se verifican tambien en los generadores y calderas de las máquinas de vapor, cuyas paredes se recubren de sales calizas cuya dureza es una de las causas que mas contribuyen á la destruccion de estos aparatos, puesto que frecuentemente hay necesidad de emplear el martillo para separarlas. Se evita este inconveniente introduciendo en el agua ralladuras de patatas ó una cantidad de arcilla, cloruro amónico ó carbonato de sosa, si bien Fresenius prefiere la sosa al carbonato de la misma base. Estos cuerpos y principalmente el último impiden la adhesion del residuo de la evaporacion del agua facilitando ademas la separacion de este. En un gran número de casos, se podrán separar las sales calizas y magnesianas del agua antes de llenar las calderas, precipitando estas sales á una temperatura elevada por una cantidad suficiente de carbonato sódico ó mejor aun por el óxido de sodio.

El tener aguas potables de buena calidad es una de las primeras necesidades de la vida. Si hay precision de servirse ó de usar las de los rios, turbias en muchas ocasiones por con-

Filtracion y depuracion de las aguas.



tener diferentes materias en suspension, ó las de los charcos que suelen tener un olor fétido, es absolutamente indispensable purificarlas por la filtracion y clarificacion.

Las aguas de los rios son en lo general mas puras que las de los manantiales: esta ventaja en la pureza, considerada la cuestion químicamente, está por otra parte compensada por la falta de limpieza: las materias que alteran la transparencia de estas aguas pueden separarse por medio del reposo, si bien este procedimiento es sumamente lento, puesto que, segun los experimentos hechos por Mr. Leopoldo en Burdeos necesitan las aguas del Garona por lo menos diez dias de reposo para que recobren su limpieza natural. Resulta, pues, que este procedimiento no puede adoptarse como medio definitivo para clarificar las aguas que se destinan al consumo de las grandes poblaciones.

En el dia se emplean sustancias inertes, tales como las arenas mas ó menos gruesas y el carbon triturado. La idea de aplicar la arena á la clarificacion de las aguas turbias ha sido deducida indudablemente de la notable limpieza que tienen los manantiales de los terrenos arenosos. Una capa de arena fina obra en la filtracion como una reunion de tubos capilares sinuosos, al través de los cuales pueden pasar las moléculas líquidas, mientras que las materias térreas que están en suspension quedan detenidas por tener mayores dimensiones.

Considerado teóricamente el arte del clarificador, parece que está casi completo; pero no sucede asi bajo el punto de vista industrial y económico, especialmente cuando la operacion haya de hacerse en grande escala.

Los aparatos que se emplean en Francia consisten en un gran número de cajas pequeñas y prismáticas, forradas de plomo, abiertas por su parte superior, y en cuyo fondo se coloca una capa de carbon entre otras dos de arena. Si las aguas están muy cargadas de limo se necesita renovar diariamente ó dos veces al dia las capas superiores que contienen las cajas. Cada metro superficial de filtro produce unos 3000 litros de agua clarificada en 24<sup>h</sup>; se necesitan por lo tanto siete metros superficiales ó siete cajas de un metro cúbico por pulgada de fontanero, y 7000 cajas como estas para el servicio de una poblacion cuyo consumo sea de 1000 pulgadas.

Este producto se aumenta cerrando herméticamente las



cajas y haciendo pasar el agua sometida á una fuerte presion al través de la materia filtrante. Esta es una de las mejoras introducidas en los métodos de filtracion, propuesta y realizada por Fonvielle. El filtro de este autor, que existe en el Hotel-Dieu de Paris, consiste en un cilindro de madera herméticamente cerrado y rodeado de aros de hierro de 0<sup>m</sup>04 de espesor, 2<sup>m</sup>,20 de altura y 1<sup>m</sup> de diámetro interior. La capacidad de este cilindro tiene nueve divisiones que contienen las sustancias destinadas á verificar la filtracion, las cuales empezando á contar de arriba abajo son las siguientes: 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> Pedazos de esponja de tamaño variable, 3.<sup>a</sup> arena gruesa ó casquijo, 4.<sup>a</sup> arenisca molida, y asi alternando hasta la 9.<sup>a</sup> Entre todas estas capas á contar de la primera de casquijo hay colocados unos diafragmas de madera y de zinc agujereados. Aun cuando este filtro no tiene mas que un metro de superficie, produce al dia, con 0<sup>m</sup>,88 de presion, 50,000 litros por lo menos de agua clarificada, pudiendo llegar á producir 95 litros por minuto, cantidad que equivale próximamente á 137000 litros en 24<sup>h</sup>, ó cerca de 7 pulgadas de fontanero. Fijándonos solo en la primera cantidad se observa que este método suministra 17 veces mas producto que los otros usados generalmente en el dia.

En las épocas de grandes avenidas es necesario lavar á lo menos una vez cada dia los filtros de un metro de superficie, aun cuando solo clarifiquen en este tiempo 3000 litros de agua. A primera vista parece que clarificando el filtro de Fonvielle una cantidad 17 veces mayor de agua, deberia limpiarse de hora en hora; pero no sucede asi, puesto que siendo mayor la presion á que está sometido el líquido las materias que alteran su transparencia penetran á mayor profundidad; en tanto que los filtros ordinarios obrando solo por su superficie no permiten penetrar al limo mas que á una corta distancia de esta.

Para limpiar el filtro Fouvielle se sirve del choque producido por dos corrientes de agua en sentido inverso, abriendo simultáneamente las llaves de los tubos que ponen en comunicacion la parte superior é inferior del aparato con el depósito que está encima y con el cuerpo de bomba que contiene el agua que le abastece. De este modo se encuentra el filtro atravesado bruscamente por dos corrientes en direcciones opuestas, las cuales separan de la arena las materias terrosas que de otra manera quedarian adheridas á ellas.



Cuando las aguas contienen materias orgánicas en putrefacción no basta filtrarlas por arena, puesto que si bien esta puede devolverlas su transparencia primitiva, no las priva del olor y sabor desagradables que la comunican las sustancias orgánicas, siendo por lo tanto mal sanas. En este caso es indispensable servirse de capas de carbon vegetal alternando con las de arena, aprovechando por este medio la facultad que posee el primero de absorber los gases, y si bien por este medio no se priva completamente al agua de las materias orgánicas, adquiere sin embargo y conserva por algun tiempo las buenas cualidades que exigen las necesidades de la vida. En esta propiedad notable del carbon está fundada la práctica de carbonizar interiormente los toneles en donde se conserva el agua durante los largos viajes marítimos.

El agua que se emplea en los laboratorios debe estar completamente privada de los cuerpos estraños que tienen en disolucion. Estos cuerpos se separan por medio de la destilacion operada en aparatos convenientes y cuya descripcion no es de este lugar.

Las primeras porciones de agua destilada arrastran consigo los cuerpos gaseosos ó volátiles, tales como el oxígeno, el ázoe, el ácido carbónico, el amoniaco y los nitratos y carbonatos de la misma base, por cuya razon no deben recogerse. Los cuerpos fijos ó las sales á base de potasa, sosa, cal, magnesia y alumina, quedan depositados en el fondo del aparato destilatorio.

La destilacion debe suspenderse en el momento en que empiezan á depositarse las sales que el agua tiene en disolucion. Si se prolongase por mas tiempo, la descomposicion y volatilizacion parcial de algunas de estas sales alterarian la pureza del agua ya destilada.

Consideraremos al agua destilada como perfectamente pura, sino da precipitado por los reactivos siguientes.

*Las aguas de cal de barita y el acetato triplúmbico, que indican la presencia del ácido carbónico.*

*El cloruro de bario, que precipita los sulfatos.*

*El nitrato argéntico, que precipita los cloruros.*

*El oxalato amónico, que precipita las sales de cal.*

*El ácido sulfhídrico ó los sulfuros, que atestiguan la presencia de los metales.*

*El bicloruro de mercurio, el cloruro de oro y el sulfato de zinc que precipitan las sustancias orgánicas.*



El agua que conviene emplear para la extincion de la cal, para amasar el yeso y para la fabricacion de los morteros, debe ser la mas pura posible, no debiendo utilizar la del mar ó la salobre, si llegamos á convencernos completamente de que los morteros que resulten del uso de estas aguas poseen cualidades inferiores á los preparados con agua dulce.

Eleccion del agua para los usos de la Arquitectura.

Casi siempre se ha proscripto el uso del agua del mar para la fabricacion de los morteros; sin embargo este principio no debe tomarse en un sentido absoluto. Es evidente que el mortero fabricado con este líquido se seca con mas lentitud y da lugar por mucho tiempo, en la superficie de los muros, á eflorescencias salinas que producen muy mal efecto en las habitaciones; pero estos inconvenientes no tendrán importancia alguna en la fabricacion de murallas y otros revestimientos; y si el agua de mar comunica mayor solidez á los morteros, deberá emplearse con preferencia en estos últimos casos.

Belidor cita algunas obras en las cuales se han empleado con buen éxito morteros fabricados con agua de mar, y otras en las que los resultados están en completa contradiccion con los de las primeras. Mr. Lepere, ingeniero de puentes y caminos, da la preferencia al agua de mar para apagar la cal destinada á la preparacion de las argamasas. Smeaton ha demostrado, en una série de esperimentos hechos por él sobre los morteros con motivo de la construccion del faro de Edystone, que el agua de mar tenia ventajas sobre la dulce para la fabricacion de los morteros. El mismo resultado se ha obtenido en muchas de las obras ejecutadas en Flessingue, y en la construccion de varias fortificaciones bañadas por la mar no se ha empleado para la fabricacion del mortero otra agua que la salada, observándose que estos morteros, han adquirido en muy poco tiempo una dureza tan considerable que las olas que desgastaban los ladrillos respetaban las juntas formando estas otros tantos rodetes al rededor de cada ladrillo del paramento.

Resulta, pues, de todo lo dicho que el uso del agua del mar puede ser ventajoso en algunas circunstancias, no solo por economía sino por lo mucho que contribuye á mejorar cierta clase de construcciones.

El agua en estado de vapor existe en la atmósfera en mayor ó menor cantidad segun las circunstancias. Se desprende

Agua en vapor.



tambien por las hendiduras de las rocas tanto en los volcanes y en las solfataras como al través de ciertos terrenos calizos, elevándose en columnas blancas á veces muy altas y produciendo en ciertos casos un ruido muy fuerte como si saliesen de una caldera de vapor. Estas erupciones de vapor cuya temperatura es ordinariamente la de  $100^{\circ}$  son las que constituyen el fenómeno de las fumarrolas en Toscana.

Agua en combinacion.

En el estado de combinacion se encuentra el agua en muchos cuerpos naturales llamados por esta razon hidratos. La limonita y el yeso presentan ejemplos importantes, y son probablemente los minerales que ofrecen mayor cantidad de agua en combinacion en la superficie del globo.

#### AZOE.

#### **Sinonimia.**—*Nitrógeno.*

Caractères.

El ázoe es un gas permanente, incoloro, sin olor ni sabor; su densidad está representada por 0,9713 y apaga los cuerpos en combustion.

Los animales no pueden vivir en una atmósfera de ázoe y perecen en ella por la falta de oxígeno, gas esencial á su respiracion. Sin embargo, el nitrógeno no ejerce evidentemente ninguna accion deletérea sobre los órganos, pues que las cuatro quintas partes del aire atmosférico están constituidas por aquel gas.

El agua disuelve próximamente 0,025 de su volúmen, ó en otros términos un litro de agua disuelve 0,<sup>m</sup>25 cúbicos de gas, ó bien 1<sup>k</sup> de agua disuelve 0,<sup>s</sup>031 de ázoe.

Yacimiento.

Este gas se desprende algunas veces de las hendiduras de la tierra, durante los fenómenos volcánicos y los sacudimientos producidos por los temblores de tierra; atribuyéndose á este fenómeno la asfixia de los animales observada algunas veces en estas grandes convulsiones de la naturaleza.

Preparacion.

Se obtiene este gas en los laboratorios quemando fósforo en contacto del aire dentro de una campana situada en la cuba hidro-neumática, ó mejor aun haciendo pasar una corriente de cloro por amoniaco cáustico disuelto en el agua. En este caso el cloro se combina con el hidrógeno del amoniaco para formar ácido clorhídrico, dejando aislado al nitrógeno, mientras que el amoniaco no descompuesto combinándose con la



otra parte del ácido clorhídrico forma el clorhidrato de amoníaco.

Se emplea el nitrógeno para preparar atmósferas artificiales dentro de las que se ponen en contacto los cuerpos sobre quienes puede ejercer alguna acción el oxígeno del aire.

Usos.

#### AIRE ATMOSFÉRICO.

Los antiguos consideraban al aire atmosférico como un elemento, hasta que Lavoisier en 1774 dió á conocer la composición de tan interesante cuerpo; si bien Brun y Juan Rey en 1630 habian hecho ya algunos experimentos que conducian á descubrir su naturaleza, los cuales quedaron olvidados hasta que Bayen, contemporáneo de Lavoisier, llamó la atención sobre el aumento de peso que adquirian los metales cuando se les calentaba en contacto del aire.

Historia.

El aire es un fluido elástico, permanente, perfectamente inodoro, insípido, incoloro y cuya densidad espresada por la unidad sirve, como ya hemos manifestado en otro lugar, de término de comparacion para hallar las densidades de los demas gases. Un litro de aire seco, á la temperatura de 0,° y á la presión de 0,<sup>m</sup>760, pesa segun Regnault, 1,<sup>g</sup>293187.

Caractères.

El calor no produce alteracion alguna en el aire atmosférico. Su potencia refractiva está representada por la unidad y con ella se compara la de los demas gases. La electricidad no ejerce acción sobre el aire atmosférico, al menos que no esté húmedo ó contenga alguna sustancia alcalina, pues en ambos casos se forma una pequeña cantidad de ácido nítrico.

La combustion de los cuerpos en el aire resulta de la combinacion del cuerpo combustible ó de sus elementos con el oxígeno contenido en la atmósfera. Los productos de esta combinacion no son ya á propósito para producir la combustion, la cual detendrian completamente sino se reemplazasen por una nueva cantidad de aire cuyo oxígeno sostiene constantemente la combustion comenzada. De aquí resulta la necesidad de establecer en los hogares ó fogones domésticos lo que se conoce con el nombre de *tiro*.

Combustion  
y llama.

Es bien sabido por todos, que la leña se quema difícilmente y de una manera imperfecta cuando los productos de la combustion se elevan con dificultad. Por el contrario si la cor-



riente de aire que se establece es muy rápida, la combustion se verifica con mucha mayor energía. Sobre este principio se funda la construcción de los fuelles comunes y de los que se emplean en los grandes hornos.

Siendo la combustion en el aire el resultado de una combinación de los diferentes cuerpos con el oxígeno, fácilmente se concibe que la combustion se detendrá si se suprime el acceso del aire. El estado de division de ciertos cuerpos ejerce una gran influencia sobre su combustibilidad; así el hierro, el carbono, los sulfuros, etc., que no se queman sino á una temperatura bastante elevada, se inflaman á la ordinaria si se encuentran espuestos al aire en un estado muy grande de division. La inflamacion de estos cuerpos se produce por el desprendimiento de calor que resulta de la condensacion del aire absorbido por sus poros.

La combustion de un cuerpo una vez inflamado continua por la sencilla razon de que la temperatura que resulta de la combustion de una parte de su masa comunica á las inmediatas la necesaria para sostener aquella. Por el contrario, la combustion cesa tan luego como el cuerpo encendido experimenta un enfriamiento tal, que no pueda combinarse con el oxígeno. Así un pedazo de hierro, que arde á la temperatura del calor rojo en el oxígeno puro, se apaga en el aire atmosférico, porque el nitrógeno de este detiene su combustion enfriándole. Del mismo modo, una corriente muy rápida de aire dirigida sobre una vela encendida, apaga la llama rebajando su temperatura; y por último, un trozo de carbon encendido se apaga poco tiempo despues de haberle colocado sobre una lámina de hierro.

Los gases, lo mismo que los cuerpos sólidos, dejan de arder cuando están en contacto con cuerpos que disminuyan su temperatura. Así, una tela metálica muy túpida enfria la llama hasta el punto de impedirla el paso. En este principio está fundada la lámpara de Davy ó de mineros.

En todos los casos la llama se produce siempre por la combustion de un gas ó de un cuerpo que se volatiliza por el calor. La intension de la llama varia con los productos que resultan de la combustion. Cuando estos productos son gaseosos, la llama presenta muy poca intension, como se observa en la del hidrógeno, del óxido de carbono, del alcohol, etc. Pero si durante la combustion se desprende un cuerpo sólido



que pueda enrojecerse por la temperatura, la llama adquiere una intensidad notable. Esto es lo que se observa en la combustion del fósforo y del zine.

Las llamas producidas por la combustion del gas del alumbrado, asi como la de las bujías y lámparas presentan bastante brillantez, por estar compuestas principalmente de hidrógeno carbonado, que quemándose de una manera incompleta deposita una cantidad de carbono que se pone en estado candente.

La presencia del hidrógeno comunica á la llama mayor brillo. Este gas al quemarse produce una temperatura muy elevada á favor de la cual se enrojecen las moléculas de carbono y aumentan notablemente la brillantez de la llama. De todo lo dicho resulta que la luz producida por una llama puede aumentarse notablemente colocando en ella cuerpos sólidos, tales como hilos de platino ó de amianto. Por la misma razon los fragmentos de cal viva comunican á la llama de una mezcla de hidrógeno y de oxígeno una brillantez tal, que la vista apenas puede soportar.

La cantidad de aire que se dirige á la llama influye notablemente en su brillantez: si es muy considerable, la llama es oscura, llegando esta á su mayor grado de claridad en el momento en que está próxima á producir humo. Para regularizar la corriente de aire en las lámparas, es necesario servirse de un tubo que hace las veces de chimenea, y cuya altura podamos variar segun la intensidad de la combustion. La temperatura de una llama no está en relacion con su brillo ó potencia iluminadora: asi la llama del hidrógeno, visible apenas, es una de las que producen mayor cantidad de calor.

El aire atmosférico está formado esencialmente de una mezcla de oxígeno y ázoe, cuyas proporciones son sensiblemente iguales en todos los puntos del globo; contiene ademas una corta cantidad de ácido carbónico, otra variable de vapor acuoso, indicios de vapor de iodo segun Chatin, y finalmente, algunos otros gases ó vapores tales como el hidrógeno carbonado y el amoniaco que provienen de la descomposicion de las sustancias vegetales y animales, si bien en proporciones casi inapreciables. Composicion.

El análisis del aire se compone de dos operaciones que deben ejecutarse separadamente: la primera tiene por objeto



determinar la cantidad de ácido carbónico y agua que se encuentran en él, y la segunda la determinacion del oxígeno y del ázoe que constituyen la mezcla.

La cantidad de ácido carbónico contenida en el aire es muy pequeña, siendo por esta razon muy difícil apreciarla con exactitud. Si solo queremos manifestar su presencia, bastará poner en contacto del aire una disolucion de cal en el agua; poco tiempo se necesita para que, combinándose el ácido carbónico con la cal se formen unas películas blancas cristalinas de carbonato de cal insoluble.

El método empleado por Brunner y Boussingault para averiguar la proporcion de ácido carbónico existente en el aire es sumamente sencillo y susceptible de gran precision. Consiste en hacer pasar, por medio de la aspiracion producida por la salida de un líquido, un volúmen determinado de aire seco por un sistema de tubos absorventes apropósito para retener el ácido carbónico. El aumento de peso de estos tubos representa el peso del ácido carbónico absorbido.

Para regularizar la salida del líquido Boussingault ha añadido al aspirador un frasco de Mariotte. Como absorventes ha empleado pequeños fragmentos de pomez empapados en ácido sulfúrico concentrado para retener el agua que contiene siempre el aire; y otros fragmentos de la misma sustancia empapados en una disolucion de potasa para retener el ácido carbónico. La cantidad de este gas contenido en el aire en circunstancias ordinarias varía entre 0,0003 á 0,0006. De los experimentos hechos por Saussure resulta: 1.º que la cantidad media de ácido carbónico en el campo es generalmente mayor por la noche que por el dia, en la proporcion de 0,34 por 100,00, sucediendo lo contrario en las grandes poblaciones: 2.º que el aire contiene mayor cantidad de este ácido en verano que en invierno: 3.º que las lluvias disolviendo el ácido carbónico disminuyen su proporcion, desprendiéndose despues á medida que la tierra se seca: 4.º que se aumenta sensiblemente por los vientos acompañados de heladas fuertes, los cuales contribuyen notablemente á la desecacion de la superficie de la tierra: 5.º que existe en mayor cantidad sobre las montañas que sobre las llanuras no variando sensiblemente entre el dia y la noche: 6.º que la cantidad de ácido carbónico es menor sobre los grandes lagos que en la superficie de la tierra llegando la diferencia á 0,5 por 100,00 partes de



aire: 7.º que la cantidad de ácido carbónico aumenta considerablemente en los sitios habitados.

La presencia del vapor acuoso en el aire se comprueba fácilmente, ó por medio de un cuerpo frío y bien seco, sobre cuya superficie se condense el vapor, ó sirviéndonos de sustancias higrométricas, tales como el cloruro de calcio, la potasa, etc., las cuales absorbiendo la humedad del aire aumentan de peso y se reducen al estado líquido.

El vapor de agua contenido en el aire está sujeto á grandes variaciones. Su proporción depende en general de la temperatura del aire y de las masas de agua que se evaporan en ciertas localidades. Esta proporción se determina haciendo pasar un volúmen conocido de aire por un tubo que contenga hilos de amianto impregnados de ácido sulfúrico concentrado, y cuyo peso hayamos determinado de antemano. El aumento de peso que experimente el tubo que contiene el ácido sulfúrico, nos dará á conocer la cantidad de vapor acuoso contenido en el volúmen de aire sometido á la experiencia; puesto que dicho ácido no puede absorber ni el oxígeno ni el nitrógeno. Esta cantidad en las circunstancias ordinarias varía entre 0,006 y 0,009.

La cantidad de oxígeno y nitrógeno que el aire contiene pueden determinarse, empleando el hidrógeno ó pesando directamente cada uno de estos dos factores.

El primer procedimiento está reducido á introducir en un eudiómetro de Volta 100 volúmenes de aire atmosférico con otros 100 de hidrógeno, y á hacer pasar la chispa eléctrica; si medimos el residuo que queda despues de verificada la combinación, le encontramos compuesto de 137 partes, lo cual prueba de una manera inequívoca que las 63 partes que han sido absorbidas se han trasformado en agua; y como este cuerpo está formado de 2 volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, es evidente que dividiendo por 3 el número 63, el cociente nos dará la cantidad de oxígeno contenida en las 100 partes de aire que hemos sometido á la experiencia.

Añadiendo á las 137 partes que constituyen el residuo, un exceso de oxígeno y volviendo á hacer pasar la chispa, habrá una absorción de 87 volúmenes, y si introducimos en el residuo un pedacito de fósforo que absorva el oxígeno escedente nos quedarán 79 de ázoe.

Dumas y Boussingault han obtenido resultados muy apro-



simados á los anteriores, pesando directamente el oxígeno y el ázoe contenidos en el aire atmosférico.

El aparato que estos químicos han empleado consiste en un globo vacío que comunica con un tubo lleno de cobre metálico reducido por el hidrógeno, y cuyo peso debe obtenerse con toda exactitud. Este tubo tiene dos llaves que sirven para hacer un vacío lo mas perfecto posible en su parte interior.

Se calienta el cobre hasta la temperatura roja, y se abre la llave por la que debe pasar el aire, despues de haber abandonado completamente todo el ácido carbónico y el vapor de agua que contiene al atravesar por una série de tubos en forma de U, llenos unos de piedra pomez empapada en ácido sulfúrico, y otros de potasa disuelta ó en fragmentos pequeños.

El aire se precipita en el tubo, y cede inmediatamente todo su oxígeno al cobre: pasados algunos minutos se abre la otra llave del tubo y la del globo de cristal, para que pase á este todo el ázoe aislado. Luego que el globo se haya llenado casi completamente se cierran las llaves, se desmonta el aparato y se pesan separadamente el globo y el tubo con todas las precauciones necesarias: verificada esta operacion, se hace en ambos el vacío y se vuelven á pesar. La diferencia entre estos dos pesos nos dará á conocer el del ázoe. La cantidad de oxígeno estará representada por el aumento de peso que ha adquirido el tubo durante la operacion.

El aparato está representado en la fig. 38. B, representa un globo de cristal de 10 á 15 litros de capacidad, en el cual se hace el vacío y cuyo peso se determina con la mayor exactitud posible.

Este globo comunica con el tubo eudiométrico CC' de vidrio refractario lleno de cobre metálico: este tubo cuyo peso debe tambien determinarse con exactitud, tiene dos llaves *r r'* que sirven para hacer el vacío en su parte interior.

El aire que entra en el tubo por la estremidad *x* para dirigirse al globo de cristal, se ve precisado á pasar antes por un aparato de bolas de Liebig que contiene una disolucion concentrada de potasa: los dos tubos T T están llenos de piedra pomez humedecida con una disolucion de potasa, y los otros dos T''T'' contienen potasa en fragmentos. Estos cinco aparatos estan destinados á absorber el ácido carbónico del aire. El tubo de Liebig L' que le sigue, contiene ácido sulfúrico concentrado y los tubos T'''T''' están llenos de piedra



pomez calcinada y humedecida con ácido sulfúrico. Estos últimos tubos sirven para absorber completamente el agua que el aire pueda contener.

Finalmente, el siguiente procedimiento debido á Mr. Liebig reúne la exactitud y sencillez necesarias, para un fisiólogo que necesite averiguar diariamente y por espacio de mucho tiempo las proporciones de oxígeno y de ácido carbónico contenidas en el aire; para un ingeniero industrial que desee analizar los gases que se desprenden de un hogar, ó para un médico que quiera analizar el aire de un hospital ó asegurarse de la eficacia de la ventilacion. Este método está fundado en la propiedad que tiene la potasa de absorber el ácido carbónico y en la que posee el ácido pyrogálico de absorber el oxígeno. La operacion se verifica de la manera siguiente. Se toma un tubo graduado de 0<sup>m</sup>,30 cúbicos de capacidad dividido en quintos de centímetro y se llena de aire hasta los  $\frac{2}{3}$ , se introduce por medio de una pipeta encorvada  $\frac{1}{40}$  á  $\frac{1}{30}$  de una disolucion hecha con un parte de hidrato de potasa y dos de agua, se agita bien la disolucion con el aire contenido en el tubo, el cual debe estar en la cuba hidrargirio-neumática; y tan luego como se haya verificado la absorcion, se aprecia por medio de la escala el volúmen del aire que queda despues de realizada aquella, y su diferencia respecto al volúmen primitivo nos da á conocer el del ácido carbónico, siempre que se haya tenido cuidado de secar previamente el aire sometido al experimento. Una vez determinada por este medio la cantidad de ácido carbónico, se introduce en el tubo por medio de otra pipeta una cantidad, igual á la mitad de la disolucion de potasa, de otra hecha con 1 parte de ácido pyrogálico y 5 ó 6 de agua: se agita varias veces el tubo hasta que se complete la absorcion, y el volúmen del residuo nos representará la cantidad de nitrógeno. Treinta gramos de ácido pyrogálico son suficientes para hacer cincuenta análisis.

Los diferentes análisis ejecutados por estos y otros medios han dado por resultado que el aire contiene término medio.

En volúmen.	{	Oxígeno. . . . .	20,80
		Azoe. . . . .	79,20
			100,00



En peso.....	{	Oxígeno. . . . .	25,10
		Azoe. . . . .	76,90
			100,00

Las proporciones de estos dos gases son con corta diferencia las mismas, cualquiera que sea la localidad y la altura en donde se haya tomado el aire sometido á la esperiencia, siempre que no esté aislado. Esto es por lo menos lo que resulta de los análisis ejecutados por Gay Llussac, y de los practicados recientemente en Paris por Dumas y Boussingault y repetidos en Berna, Ginebra, Bruselas y Copenhague. Sin embargo, segun las observaciones del profesor Martins y Mr. Bravais hechas sobre el Faulhorn la direccion del viento parece que influye notablemente en la composicion del aire, notándose que los cambios verificados en la primera, coinciden con una variacion sensible en la cantidad de oxígeno. Por otra parte Lewi ha demostrado recientemente que el aire recogido lo mas próximo posible á la superficie del agua en el mar del norte contiene 22,6 por 100 de oxígeno, en tanto que el recogido en la costa contiene 23,0: diferencia que Lewi atribuye á la mayor solubilidad del oxígeno en el agua, y á la cantidad de este gas que necesitan los animales marítimos para su respiracion; á medida que estos animales se apoderan del oxígeno disuelto, la superficie de la mar que está en contacto con la atmósfera separa de esta una nueva cantidad de aquel gas.

La investigacion de las sustancias gaseosas que se encuentran accidentalmente mezcladas con el aire, y que proceden de la putrefaccion de las materias animales, debe llamar la atencion de los químicos, en razon á que, por pequeña que sea su cantidad, ejercen una influencia perjudicial sobre la economía animal. En efecto, la insalubridad del aire en las inmediaciones de las aguas estancadas, en los arrozales y en todos los sitios pantanosos, no nos permite dudar de la existencia en el aire de cuerpos estraños que alteran notablemente sus propiedades, si bien hasta ahora, han sido infructuosas todas las tentativas hechas por los químicos para averiguar la naturaleza de estos miasmas, aun cuando se conocen los medios de destruir sus malos efectos.

Saussure fué el primero que encontró en el aire una sus-



tancia carbonada diferente del ácido carbónico: para conseguirlo mezcló aire atmosférico privado de ácido carbónico con un tercio de hidrógeno y sometió la mezcla á la acción de la electricidad; verificada por este medio la combustion de la sustancia carbonada, ensayó el gas resultante por el agua de cal, y obtuvo un precipitado de carbonato de protóxido de calcio.

Estos experimentos han sido confirmados posteriormente por Boussingault. Este químico ha encontrado además una sustancia hidrogenada, cuya cantidad de hidrógeno aprecia, haciendo pasar una corriente de aire perfectamente seco y privado de ácido carbónico por un tubo de vidrio lleno de óxido de cobre enrojecido. El hidrógeno de estas sustancias se apodera del oxígeno del óxido de cobre para formar agua, que se condensa en un tubo lleno de amianto empapado en ácido sulfúrico. El aumento de peso que el tubo adquiere después de la operación, nos da á conocer la cantidad de agua formada, y por consecuencia la del hidrógeno contenido en el aire.

Algunos químicos suponen que este principio hidrogenado y carbonado á la vez, no es otra cosa que el carburo tetrahídrico que con tanta abundancia se desprende en algunos puntos de la superficie de la tierra, y aun pudiera admitirse con otros que una parte del agua y del ácido carbónico que se obtienen por los medios analíticos de que acabamos de hablar, se debe á la combustion de los cuerpos sólidos, cuya presencia en el aire se demuestra tan fácilmente y que no son retenidos por los tubos absorbentes.

#### CAUSAS DE LA INSALUBRIDAD DEL AIRE Y MEDIOS DE EVITARLAS.

Las causas de la insalubridad del aire limitado pueden reducirse á las siguientes: 1.<sup>a</sup> la respiración de los hombres y de los animales: 2.<sup>a</sup> la combustion del carbono y otras materias combustibles: 3.<sup>a</sup> los miasmas y gases deletéreos.

Es bien sabido que en el acto de la respiración una parte del aire se trasforma en ácido carbónico el cual comunica al aire espirado sus propiedades deletéreas. De los experimentos hechos por Dumas resulta que un hombre en una hora y por solo el efecto de la respiración trasforma en ácido carbónico todo el oxígeno contenido en 90 litros de aire, espeliendo 333

Del aire viciado por la respiración y la combustion.

*Ejemplo del igrometro para apreciar la cantidad de vapor de agua contenido en el aire.*

*Del termómetro nuevo el...*



litros de este, que contienen proximately 0,04 de ácido carbónico; por consecuencia cada individuo necesita poco mas ó menos un tercio de metro cúbico de aire por hora, para que el espirado no vuelva á pasar otra vez por los pulmones.

La traspiracion cutánea y pulmonar del hombre contribuyen notablemente á viciar el aire que le rodea. Los vapores emitidos en estas dos funciones acompañados de materias animales que comunican al aire un olor desagradable, se disuelven en él y dan lugar á una de las causas mas poderosas de la insalubridad de este fluido. En efecto, la observacion acredita que la dificultad en respirar que se nota en el aire de las habitaciones donde se reunen muchos individuos, no depende, en un gran número de casos, de la proporcion de ácido carbónico acumulado en ellas. Segun esto convendrá tomar para cada individuo por hora el volúmen de aire necesario para disolver los productos de la traspiracion. De los experimentos hechos por Seguin resulta que la cantidad total de vapor de agua producida por un hombre en 24<sup>h</sup> varia entre 800 á 1000 gramos, números que casi concuerdan con los obtenidos posteriormente por Dumas. Tomando un término medio podemos fijar en 58 gramos por hora la cantidad de vapor emitido por cada individuo. Suponiendo que el aire esté á la temperatura de 15°,5 saturado de vapor de agua, como mas ordinariamente sucede, será necesario para disolver los vapores producidos un volúmen de aire representado por  $2.58:15,028=5^m,84$ . Asi, pues, la cantidad de aire que se debe suministrar por individuo y por hora puede fijarse en 6<sup>me</sup>.

La exactitud de este número ha sido comprobada por Pelet por diferentes experimentos.

Ya hemos indicado que el aire de las habitaciones puede tambien alterarse por la combustion de las materias animales y vegetales de que nos servimos para alumbrarlas y calentarlas. La siguiente tabla contiene los pesos de las materias quemadas en una hora y los volúmenes de aire necesarios, suponiendo que solo se consuma en la combustion un tercio del oxígeno contenido en aquel.



Sustancias empleadas.	Cantidad de combustible que se consume por 1 <sup>h</sup> .	Volúmen de aire del cual se supone que solo se absorva $\frac{1}{3}$ de oxígeno.
Velas de sebo de 6 en libra.	11 gramos...	0 <sup>m</sup> ,522
Velas de cera...	11...	0 <sup>m</sup> ,522
Una lámpara de aceite de mecha gruesa. . . . .	42. . . . .	1 <sup>m</sup> ,266

Vemos, pues, que los resultados precedentes nos suministran el medio de calcular la cantidad de aire que es necesario renovar por cada hora en un sitio habitado cuando se conoce el número de personas que contiene y la naturaleza y número de los aparatos empleados para iluminarla.

Cuando las habitaciones tienen una gran elevacion, el aire en ellas contenido puede ser suficiente por cierto tiempo para la respiracion; este tiempo se calcula con facilidad; en efecto, suponiendo que la habitacion tenga 2400<sup>m</sup> cúbicos y existan en ella 50 individuos, tendremos  $2400:6:50=8^h$ ; pero cuando el número de personas es muy considerable y tienen que permanecer por mucho tiempo en un mismo sitio, el volúmen de aire en él contenido es casi siempre insuficiente para conservar la respiracion en su estado normal. Conviene, pues, calcular este volúmen con el objeto de poder fijar la época en que debe comenzarse la ventilacion. Esto se consigue de una manera bien fácil: en efecto, sirviéndonos de los mismos datos del ejemplo anterior tendremos  $6 \times 8 \times 50 = 2400$  ó cerca de 50<sup>mc</sup> por individuo por la noche. Pasado este tiempo es ya indispensable la ventilacion. Este aire tendrá una temperatura superior á la del que le rodea. El ácido carbónico á pesar de su mayor densidad será arrastrado por el nitrógeno y por el vapor de agua, elevándose á la parte superior por donde puede facilitársele la salida; en cuyo caso será reemplazado por otro fresco que tendrá las condiciones necesarias para la respiracion.

Cuando se observan la disposicion y los medios que se emplean para ventilar algunas habitaciones donde se reúnen un gran número de individuos, no debe sorprendernos la sensacion y olor desagradables que experimentamos en ellas. En efecto, en un dormitorio de la salitrería (Hospital en Paris) la



cantidad de aire por individuo y por hora es solo  $1^{\text{mc}},5$  en vez de los  $50^{\text{mc}}$  arriba fijados; pudiendo citarse además un dormitorio de una prision en que la cantidad de aire desciende á  $0^{\text{mc}},7$ . En las mismas condiciones se encuentra el anfiteatro de la Sorbona.

Composicion  
del aire en las  
minas.

La composicion del aire en las minas puede variar tambien no solo por el desprendimiento accidental de ciertos gases, sino por un cambio en la proporcion de los elementos que constituyen la atmósfera. Los experimentos hechos por Mr. Moyle en las minas de Cornouailles y por Mr. Felix Leblanc en Bretaña y Bélgica, son de sumo interés y han producido resultados de una importancia notable. De los repetidos ensayos practicados por el primero de estos observadores resulta que 100 partes de aire contienen al minimum, 14,64 de oxígeno, 85,36 de nitrógeno, y 0,15 de ácido carbónico; y al maximum, 18,95 de oxígeno, 80,98 de nitrógeno y 0,065 de ácido carbónico. Leblanc operando sobre el aire de las minas lo mas alterado posible por la respiracion y por la combustion de las lámparas, ha encontrado una proporcion de 3 á 4 por ciento de ácido carbónico y una disminucion de 4 á 5 por ciento en la de gas oxígeno. En una atmósfera de esta naturaleza las lámparas se apagan y la respiracion de los trabajadores es un poco penosa, pero pueden continuar las labores siempre que la alteracion de el aire no esceda de este limite. El mismo Leblanc observó en un rebajo de una mina de carbon de piedra á la cual no habia bajado nadie hacia mucho tiempo que la cantidad de oxígeno contenida en el aire habia descendido á menos de 10 por ciento resultando una atmósfera capaz de producir una asfixia instantánea. Esta notable alteracion producida en el aire sin que exista en él una cantidad de ácido carbónico proporcionada á la disminucion de oxígeno, puede atribuirse á la influencia de las piritas tan abundantes en estas minas, las cuales son susceptibles de absorber el oxígeno; y en tanto que el aire no se agite ó ponga en movimiento, la diferencia aunque pequeña de densidad de dos atmósferas establece una separacion bien marcada en la composicion de dos capas inmediatas. Mr. Chevreul ha hecho notar la influencia que pueden ejercer en atmósferas muy limitadas los sulfuros alcalinos procedentes de la descomposicion de los sulfatos por las materias orgánicas en putrefaccion, observando que la alteracion de esta atmósfera no es debida



tanto á la presencia del hidrógeno sulfurado, cuanto á la desaparicion del gas oxígeno. Por último, Mr. Moyle ha observado que en todos los puntos donde se emplean grandes cantidades de pólvora se forman con frecuencia gases perniciosos, cuya presencia es difícil averiguar en el aire recogido por el método ordinario, es decir vaciando frascos llenos de agua para que esta sea reemplazada por aquel; empero practicando el análisis del agua contenida en los frascos despues de verificada la explosion de la pólvora, se encuentra en ella una cantidad perceptible de ácido sulfuroso.

La combustion del carbono en hogares descubiertos altera notablemente las propiedades del aire con quien se mezclan los productos de aquella, y muy especialmente por el óxido de carbono, el cual es mucho mas perjudicial que el ácido carbónico. En efecto, Leblanc ha observado que un perro de gran talla se asfixia en una atmósfera que contenga 0,04 de ácido carbónico y 0,005 solamente de óxido de carbono, mientras que para producir este efecto hubieran sido necesarias de 0,30 á 0,40 de ácido carbónico puro.

Un kilogramo de carbon, quemado á descubierto hace irrespirable el aire contenido en una habitacion cerrada y de 25<sup>m</sup> cuadrados de capacidad. Estos resultados dan mayor vigor á las consideraciones hechas hace ya tiempo por varios sábios sobre los peligros que traen consigo los métodos empleados comunmente en España para calentar las habitaciones, y el introducido no ha mucho en Inglaterra, que consiste en hacer pasar al recinto calentado los productos de la combustion del carbon. Es necesario por lo tanto tener presente los accidentes que pueden resultar de la presencia del óxido de carbono en el aire, peligros que aun no se han dilucidado lo suficiente sobre todo cuando se encuentra en pequeñas dosis. Se concibe, sin embargo, que los efectos producidos por el carbon variarán sensiblemente con su grado de combustibilidad y con las proporciones relativas de aire y de combustible que se encuentren en contacto en un tiempo dado.

Aplicando á la respiracion de un caballo las consideraciones relativas á la del hombre y partiendo de los esperimentos hechos por Leblanc, se deduce, que la cantidad de aire necesaria por individuo y por hora en una cuadra cerrada, no debe bajar de 18 á 20 metros cúbicos. Comparando el efecto producido por la respiracion del hombre en sitios cerrados con



los producidos por los caballos situados en cuadras tambien cerradas, se ha llegado al resultado indicado sinmas que notar que un caballo produce por la respiracion cerca de tres veces mas ácido carbónico que un hombre. Este dato ha sido admitido por Chevreul despues de haber calculado la capacidad de los pulmones de ambos. Cuando la cuadra no está cerrada puede disminuirse algun tanto la cantidad indicada. De todos modos es de absoluta necesidad la renovacion del aire en las cuadras, puesto que, segun la opinion de veterinarios muy distinguidos, el desarrollo de la enfermedad conocida con el nombre de *muermo* en los caballos se verifica casi siempre en cuadras de poca capacidad, húmedas y poco ventiladas. Estas consideraciones son tanto mas atendibles, cuanto que la esperiencia ha acreditado que desgraciadamente esta enfermedad puede trasmitirse al hombre.

De todo lo dicho resulta la absoluta necesidad de la ventilacion, cuyo objeto, como ya hemos indicado, no es otro que el de renovar el aire de nuestras habitaciones, talleres, hospitales, cárceles, teatros, etc., en cuyos puntos adquiere por la respiracion y por la combustion las malas propiedades que hemos enunciado.

Los medios de practicar esta ventilacion con seguridad y economía, bien sea naturalmente, bien por medio del calor ó de un agente mecánico cualquiera, corresponden á los cursos de mecánica aplicada y de construccion.

Del aire alterado por los miasmas y gases deletéreos.

El aire viciado por los miasmas puede ocasionar gran número de enfermedades las mas veces peligrosas. En efecto, las fiebres eruptivas, tales como la viruela, escarlatina y sarampion pueden trasmitirse por medio del aire, el cual transporta de un punto á otro partículas deletéreas que, aun cuando las percibimos por el órgano del olfato, el análisis químico no puede descubrir con facilidad. Peclet y Dumas afirman que el aire que sale por la parte superior de los aparatos de ventilacion colocados en salas donde se verifican reuniones numerosas, exhala generalmente un olor tan infecto que no se le puede soportar impunemente. Thenard y Dupuytren han demostrado, que agitando el agua destilada en un anfiteatro de diseccion, se obtiene un líquido que deposita copitos de una materia animal y concluye por corromperse. Masscati ha hecho tambien ver que suspendiendo unos globos de vidrio llenos de hielo en la atmósfera de los arrozales de



la Toscana, ó en la de las salas de los hospitales, el agua condensada en su superficie exterior contenia una materia animal susceptible de alterarla en muy poco tiempo, y aun cuando esta observacion tiene tambien lugar en las habitaciones donde se reúnen un gran número de personas en el estado sano, sin embargo, está completamente demostrado que las enfermedades sencillas y fáciles de curar en la ciudad, se hacen frecuentemente mortales y contagiosas en los hospitales.

Varios son los medios que pueden emplearse para destruir ó desnaturalizar estos miasmas, entre los cuales se consideran como de los mas eficaces las fumigaciones con el cloro, con los hipocloritos alcalinos ó con el ácido hipozóico.

Respecto á los gases deletéreos ó emanaciones que se desprenden de los sitios pantanosos y que hacen tan temible la permanencia prolongada en estos puntos, bastará hacer presente que Vitrubio en su arquitectura, libro 1.º, aconsejaba ya que no se edificasen pueblos en sitios próximos á los pantanos, cuyo nivel, siendo inferior al del mar, permite que entren las aguas de este durante una tempestad ó la marea y despues no tienen salida. Silvien, Donat, Boheraave y otros autores, han manifestado con mas ó menos claridad que en los pantanos es donde principalmente se mezclan las aguas del mar con las aguas dulces, las que permaneciendo espuestas á la influencia del sol en el verano, despiden gases muy deletéreos. Asi se observa en las lagunas saladas del mediodia de la Francia, en los pantanos de las costas del mediterráneo, en el reino de Nápoles, en los estados de la Iglesia y en la Toscana, cuyas cercanías aborrecidas y despobladas forman un contraste sorprendente con la animacion, fertilidad y poblacion de otras provincias del interior situadas cerca de lagunas de no menos estension.

Una observacion detenida de estas diversas localidades ha dado á conocer lo que ya se sospechaba, y que se anunció despues sin pruebas directas, es á saber; que la mezcla y permanencia mas ó menos prolongada en el verano de las aguas del mar con las aguas dulces de los pantanos, era la causa principal de las enfermedades tan terribles que se producian en algunos puntos de la Italia, conocidas en el pais con el nombre de *malattie di cativa area*.

Esta verdad, como ya hemos indicado, se anunció sin nin-



guna prueba, y en efecto, no habia razon para afirmar que la insalubridad del aire de los pantanos era producida por la mezcla de las aguas. Para asentar con certeza que estos dos hechos eran consecuencia el uno del otro hubiera sido preciso impedir y renovar alternativamente la mezcla, y asegurarse de este modo que á la separacion de las aguas seguia inmediatamente la salubridad del aire; cuyas cualidades pestilenciales volvian á aparecer tan luego como se reunian aquellas.

Esto es precisamente lo que se practicó en una playa pantanosa situada al Sur de los Apeninos Ligurianos, en la cual existen tres estanques que recojen las aguas de lluvia y las de algunos manantiales poco abundantes. Estos estanques desaguan lentamente en el mar cuyo nivel es un poco inferior durante el reflujo, y superior durante el flujo; de esta disposicion resultaba en algunos casos la mezcla de las aguas y el desprendimiento en verano de los gases deletéreos que diezaban las poblaciones inmediatas.

En 1736 Bernardino Zentrini, matemático de la república de Venecia insistió en la necesidad de construir y se construyó efectivamente en 1741 una esclusa, propuesta ya anteriormente por otros ingenieros, cuyas puertas movibles se cerraban por las aguas del mar elevadas por la marea ó por las tempestades y se abrian por el impulso de las aguas de los pantanos tan luego como su nivel era superior á las del mar. Esta medida produjo el mas completo resultado, desapareciendo en el año inmediato las terribles enfermedades que en los anteriores desolaban aquellas comarcas.

Fenómenos análogos á los indicados anteriormente se observan tambien en algunos puntos, tales como Voltera donde la falta de pantanos se opone á la hipótesis anterior, pero que sin embargo pueden esplicarse bastante bien por la accion de las aguas sobre ciertos terrenos desecados. Los mismos inconvenientes aunque en menor escala presenta la proximidad de una corriente de agua y aun todavía mayores la de un canal; pues á los malos efectos que la humedad produce, hay que añadir los debidos á las diversas emanaciones segun la naturaleza de las sustancias que el agua tiene disueltas ó en suspension. Sucede con frecuencia que las orillas de los grandes rios quedan descubiertas en una estension mas ó menos considerable, y si bien es cierto que los canales no presentan este inconveniente en razon á que el volúmen del agua que condu-



cen permanece casi siempre constante, tambien lo es que esta ventaja se encuentra suficientemente compensada por los acumulamientos á que estan espuestos los canales y que alteran notablemente la composicion de sus aguas.

Estos acumulamientos que llegan á producir montones de lodo de gran espesor, provienen: 1.º de las materias de los depósitos superiores arrastradas al tiempo de abrir las esclusas; 2.º de las materias trasportadas en los barcos, tales como el carbon de piedra y de leña, piedras, yeso, etc., que suelen caerse al descargar aquellos; 3.º de la basura procedente de las cenizas, restos y desperdicios de los alimentos, que los marineros suelen arrojar al agua; 4.º de la destruccion ó degradacion de las paredes del canal, y por último de la veje-tacion submarina.

La impureza de las aguas de un canal proviene de la des-composicion de las materias orgánicas, tanto animales como vejetales que contiene, de los animales muertos que suelen arrojarse á estos sitios ó de los que se ahogan en ellos, del agua de jabon que procede del lavado de la ropa ó del fre-gado de los utensilios de cocina y por último de la fermenta-tacion del lodo depositado en el fondo del canal y que al tiem-po de pasar los bateles ó antes de las tempestades y lluvias, desprende gases de un olor infecto y perjudicial. El lodo que se estraee de los depósitos acumulados es por lo general negro y de un olor fétido á hidrógeno sulfurado, sucediéndole inme-diatamente despues otro *sui generis* insoportable.

Estos inconvenientes se evitan en gran parte prohibiendo arrojar las aguas empleadas en la limpieza de los barcos so-bre la escarpa ó declive de la calzada, ó sobre los muros de revestimiento; no permitiendo hacer uso de los vicheros ni de otros instrumentos que puedan deteriorar las obras de fáabri-ca; y por último impidiendo que en el canal se viertan inmun-dicias, se embalse cañamo y se lave ropa.

De lo dicho anteriormente y de los diferentes escritos que tratan de este asunto se pueden deducir las siguientes conclu-siones.

1.<sup>a</sup> La insalubridad del aire de los sitios pantanosos se produce por la reaccion de los materias orgánicas sobre los sulfatos.

2.<sup>a</sup> Siempre que las aguas del mar se mezclan con las aguas dulces, cambiando, como es consiguiente, las condicio-



nes de la existencia de los animales contenidos en ambas, perecen estos y sus despojos forman una masa enorme de materia orgánica.

3.<sup>a</sup> Si la temperatura es elevada y las aguas están estancadas, se verifica una reaccion que da lugar á la formacion de gases deletéreos entre los que se ha reconocido el hidrógeno sulfurado.

4.<sup>a</sup> Esta reaccion puede verificarse no solamente por la mezcla de las aguas del mar con las aguas dulces, sino tambien cuando los terrenos contienen materias orgánicas, agua y están espuestos á una temperatura elevada. Estos efectos son sobre todo notables durante los calores del estío, época en que se secan los terrenos pantanosos.

5.<sup>a</sup> Nada prueba hasta ahora que sea únicamente el hidrógeno sulfurado el que produce los malos efectos del *mal area*; pero lo que sí está bien averiguado es que la misma reaccion que produce los gases delétereos, cuya existencia admitimos por un momento, es tambien la que produce aquel gas.

6.<sup>a</sup> Los medios que se emplean para desterrar esta plaga que diezma las armadas en Africa, están claramente indicados y son los siguientes:

a. Antes de establecer un apostadero en una localidad, es necesario practicar algunos trabajos artísticos que sean suficientes para evitar la mezcla de las aguas dulces con las saladas.

b. Es necesario evitar la permanencia durante los calores en los terrenos que contienen sulfatos y sustancias orgánicas, cuando las lluvias los han humedecido. Estos terrenos no pueden hacerse salubres sino regándolos con corrientes de agua muy rápidas ó por un cultivo prolongado y bien dirijido.

c. Si es preciso permanecer por algun tiempo en estos sitios infectados, está indicado el uso de las fumigaciones con el cloro ó el riego con una disolucion de sulfato ferroso.

Insalubridad  
de las pobla-  
ciones.

Respecto á la salubridad de las poblaciones los medios que pueden emplearse son preventivos y curativos. Los primeros consisten en disminuir en lo posible las materias orgánicas que penetran en lo interior de la tierra; se cuentan en este número la colocacion de los cementerios y muladares á bastante distancia de las poblaciones, la buena construccion de los pozos donde se depositan las materias fecales y la limpieza de los arroyos procedentes de las fuentes, que suelen correr por



las calles. Los medios curativos son de tres clases y tienen por objeto, el primero hacer llegar el oxígeno del aire y la luz á todos los puntos donde existan materias orgánicas susceptibles de entrar en putrefaccion. Estas materias se quemán lentamente por la influencia de estos dos agentes, trasformándose en agua, en ácido carbónico y en nitrógeno. A esta clase de medios corresponde el ensanche de las calles, paseos, etc., etc. El segundo consiste en abrir pozos en los que el agua se renueve con facilidad y de los cuales se saque este líquido continuamente. En efecto, el agua recibe directamente la acción del oxígeno del aire, sin embargo, en las ciudades populosas la influencia de estos pozos está muy limitada en razón á la infeccion del terreno.

Las plantaciones constituyen el tercer medio, puesto que los árboles no pueden crecer sino absorviendo las materias alterables de el terreno donde se plantan, las cuales dan origen á una infeccion próxima ó remota del aire. Estas plantaciones deben hacerse con inteligencia teniendo en consideracion el número, la distancia y la naturaleza de los árboles.

Por último, la capacidad proporcionada al número de habitantes, la renovacion del aire limitado, la absorcion de los principios estraños que este aire puede contener, constituyen, como ya hemos manifestado, las primeras condiciones de salubridad del interior de nuestras habitaciones.

Réstanos, pues, únicamente tratar de los establecimientos industriales cuyas cercanías son incómodas ó inhabitables, no solo por los olores, sino por los vapores y humos que de ellos se desprenden.

Estos establecimientos se dividen en tres clases, debiendo exigirse para su esplotacion una autorizacion formal. Corresponden á la primera todos aquellos que deben situarse á cierta distancia de las habitaciones particulares, sin que por esto sea indispensable alejarlos del recinto de las ciudades.

Se colocan en la segunda clase las manufacturas y talleres, que no es indispensable alejar de las habitaciones, pero cuyo establecimiento no debe permitirse sino despues de haber adquirido la seguridad de que todas las operaciones se ejecutan por métodos que no incomoden á los propietarios vecinos, ni les causen perjuicios.

En la tercera clase, se ponen los establecimientos que pueden estar sin inconveniente próximos á las habitacio-



nes, quedando siempre sujetos á la vigilancia de la autoridad.

En cuanto á la distancia que los establecimientos de la primera clase deben estar de las habitaciones, no se pueden dar reglas fijas: hay que tener en cuenta para esto un gran número de circunstancias, que exigen un reconocimiento especial del terreno y de los procedimientos de fabricacion. Asi, por ejemplo, si una fábrica esparce vapor ú olor peligrosos, y se halla situada en un punto elevado que domina una llanura estensa, la cual limpian con frecuencia los vientos, y que tiene, hácia el punto donde el viento sopla la mayor parte del año, las casas y establecimientos públicos, la distancia entre estos y la fábrica puede ser pequeña, y debe aumentar al contrario mucho si se halla en una llanura ó en un valle. Aun en este caso debe tenerse muy en cuenta la mayor ó menor altura de las chimeneas.

La tabla que á continuacion insertamos contiene por orden alfabético los principales establecimientos insalubres que corresponden á la 1.<sup>a</sup> clase, con una indicacion abreviada de los inconvenientes que presentan. Los de la 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> se darán á conocer al tratar de cada uno de los cuerpos en particular.

*Establecimientos comprendidos en la primera clase.*

Nombres de los talleres y establecimientos insalubres, incómodos, y peligrosos.

Indicacion abreviada de sus inconvenientes.

Acido nítrico. Agua fuerte (Fabricacion de).

Olor desagradable, incómodo y perjudicial.

Acido sulfúrico. Aceite de vitriolo (Fabricacion de).

Olor desagradable insalubre y perjudicial á la vejetacion.

Afinacion del oro y de la plata por el ácido sulfúrico, cuando los gases que se desprenden pasan á la atmósfera.

Desprendimiento de gases nocivos.

Afinacion de los metales en hornos de copela ó de reverbero.

Humos y vapores insalubres y perjudiciales á la vejetacion.



Almidon estraido por la fermentacion pútrida.	Olor fuerte y desagradable.
Azul de prusia (Fábrica de).	Olor desagradable, insalubre.
Abonos (depósitos de materias fecales ó de animales destinados á servir de).	Olor desagradable é insalubre.
Aceite de linaza (Coccion).	Olor muy desagradable, esposicion á incendios.
Azufre (Fabricacion de flores (Destilacion).	Gran esposicion á incendios, olor desagradable.
Calcinacion de huesos.	Olor muy desagradable que se propaga á gran distancia.
Cáñamo y lino (Embalse de).	Emanaciones insalubres, infeccion de las aguas (fiebres).
Carbon animal (Fabricacion del) cuando no se quema el humo.	Olor muy desagradable á materias animales quemadas y que se propaga á gran distancia.
Carbon de piedra (Purificacion del) en vasijas cerradas.	Humos y olores desagradables.
Cloruros de cal y alcalinos.	Olor desagradable é incómodo.
Cola fuerte.	Mal olor.
Combustion de plantas marinas.	Emanaciones desagradables y nocivas que se propagan á gran distancia.
Cuerdas de instrumentos (Fábricas de).	Sin olor siempre que las aguas procedentes del lavado sean corrientes, lo cual pocas veces tiene lugar.
Cristales (Fábricas de).	Humo y peligro de incendio.
Cueros barnizados (Fábricas de).	Mal olor y esposicion á incendios.



Cochiqueras ó cobertizos para cerdos.	Muy mal olor.
Eter (Fábrica de) y depósitos que pasen de 40 litros.	Esposicion á incendios.
Fieltros barnizados (Fábricas de).	Esposicion á incendios y olor desagradable.
Grasas á fuego descubierto (Fundicion).	Muy mal olor y esposicion á incendios.
Litargirio (Fabricacion de).	Exhalaciones perniciosas.
Masicot.	Id.
Minio.	Id. aunque menos perniciosas que las anteriores.
Mantillo de estiércol.	Muy mal olor.
Mataderos, en las poblaciones que escedan de 10,000 almas.	Esposicion á que los animales se escapen.—Mal olor.
Muladares.	Olor desagradable é insalubre.
Peladeros donde se preparan y cuecen los intestinos y otros restos de animales.	Muy mal olor.
Pólvoras y mistos; cerillas fosfóricas detonantes.	Esplosion y peligro á incendios.
Rojo inglés (Colcotar).	Exhalaciones desagradables y perjudiciales á la vejeta- cion cuando se fabrica con el sulfato de hierro.
Restos de animales (Depósito de).	Olor desagradable.
Sal amoniaco (Fábrica de) extraida por la volatilizacion de las materias animales.	Olor sumamente desagradable si los aparatos no estan bien contruidos.



Sulfatos metálicos (Fabricación de los)	Torrefacción al aire libre.	Exhalaciones desagradables y nocivas á la vejetacion.
Sebo (Fundición de).		Olor desagradable.—Exposición á incendios.
Telas enceradas.		Id.
Tinta de imprenta (Fábrica de).		Id.
Triperías.		Mal olor, necesidad de aguas corrientes.
Turba (Carbonización de la).		Mal olor y humo insoportables.
Barnices.		Olor desagradable y exposición á incendios.

ACIDO NITRICO HIDRATADO,  $\text{NO}^3\text{HO}$ .

**Sinonimia.**—*Agua fuerte.*—*Espiritu de nitro.*

Este cuerpo fue descubierto por Raimundo Lulio en 1225, destilando una mezcla de nitro y arcilla, pero no se conoció su naturaleza hasta que Cavendisch la fijó exactamente en 1684.

Historia.

El ácido nítrico en su mayor grado de concentración es un líquido blanco, muy corrosivo, produce vapores blancos en contacto del aire húmedo y desorganiza la piel tiñéndola de color amarillo; enrojece fuertemente la tintura de tornasol y destruye las materias colorantes incluso el índigo; su densidad relativa á la temperatura de  $18^\circ$  es 1,510; hierve á  $36^\circ$  y adquiere la consistencia de la manteca á  $-50^\circ$ .

Caractères.

El ácido nítrico se descompone con facilidad en un gran número de casos convirtiéndose en agua, nitrógeno y oxígeno, ó en oxígeno y un compuesto menos oxigenado que el ácido azóico. Se descompone así mismo por una temperatura elevada, por la acción de la luz solar y por la mayor parte de los cuerpos combustibles.

Cuando está disuelto en agua, en corta cantidad, puede reconocerse su presencia calentando la disolución con limaduras de cobre; en este caso se desprende bióxido de nitro-



geno, el cual en contacto del aire se convierte en ácido hiponítrico produciendo vapores rojos.

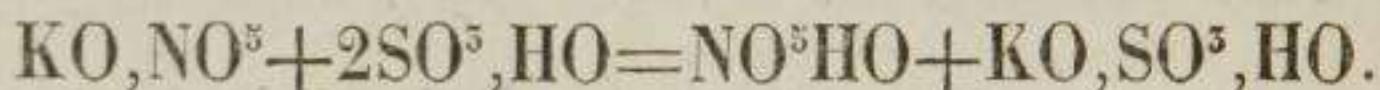
Estado.

El ácido nítrico se produce diariamente por la descomposición de varias sustancias que se encuentran en contacto del aire, dando lugar á la formación de los nitratos de potasa y de cal, tan abundantes en diversos puntos de la superficie de la tierra; pero este fenómeno no tiene lugar sino en circunstancias determinadas, siendo una de ellas la de que el ázoe y el oxígeno se encuentren en el estado naciente, en presencia de una base salificable con la que pueda combinarse el ácido nítrico.

Estas circunstancias se encuentran reunidas en las cabañerizas, apriscos, etc., en cuyos puntos existen á la vez materias animales y vegetales, sustancias alcalinas, humedad y una elevación de temperatura que favorece la reacción.

Preparación.

Se obtiene este cuerpo en los laboratorios destilando en una retorta, á cuyo cuello se adapta un recipiente seis partes de nitrato de potasa y cuatro de ácido sulfúrico del comercio: la reacción se espresa de la manera siguiente:



Usos.

Se emplea en los laboratorios como oxidante, para los ensayos de las monedas, para limpiar los metales y las aleaciones, para grabar sobre acero y cobre, como desinfectante, y finalmente, mezclado con el ácido clorhídrico constituye el *agua regia* tan frecuentemente empleada para disolver el oro, el platino, etc.

#### AMONIACO. $\text{NH}^3$ .

Historia.

Este cuerpo se conocia desde muy antiguo con el nombre de álcali volátil pero se ignoraba su composición, siendo notable que no variase de nombre cuando Berhtollet la dió á conocer.

Caracteres.

El amoniaco es un gas no permanente, incoloro, trasparente, de sabor acre y caústico; su olor es picante y escita las lágrimas; su densidad está representada por 0,597.

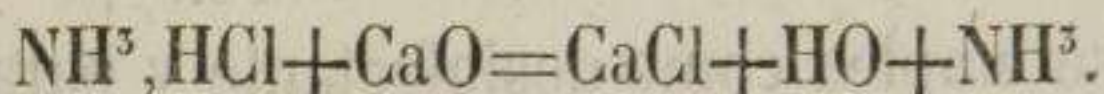
Devuelve el color azul á la tintura de tornasol enrojecida por un ácido y neutraliza los ácidos mas enérgicos. Se descompone por el oxígeno á una temperatura elevada dando por re-



sultado agua, una corta porcion de ácido nítrico y ázoe libre. Varios combustibles, y muy especialmente el cloro, le descomponen tambien; el agua disuelve á la temperatura ordinaria 430 volúmenes de gas amoniaco puro, y en este estado es como se vende en el comercio.

El amoniaco se encuentra en la naturaleza combinado con otros cuerpos; forma parte de los escrementos de los camellos y de la orina; y se desprende con bastante abundancia durante la fermentacion pútrida de las materias animales.

Se obtiene el gas amoniaco en los laboratorios calentando en una retorta una parte de hidrociorato de amoniaco pulverizado y dos de cal viva, cuya reaccion se espresa de la manera siguiente:



Las fábricas de este producto corresponden á la 3.<sup>a</sup> clase.

Se emplea en los laboratorios como reactivo, y en la economía doméstica para limpiar la grasa de nuestros vestidos.

#### + CLORO.

Este cuerpo descubierto por Scheele en el año 1774, se consideró por mucho tiempo como un compuesto de ácido muriático y oxígeno; pero las investigaciones de Gay-Llussac y Thenard, y los ulteriores trabajos de varios otros químicos han demostrado que el ácido muriático oxigenado de los antiguos, podia y debia considerarse como un cuerpo simple.

El cloro es un gas no permanente, de color amarillo verdoso, de olor fuerte y sofocante, de sabor cáustico y de una densidad representada por 2,44. Apaga los cuerpos en combustion y comunica á la llama de una bujía, antes de extinguirla, un color rojizo pálido.

El cloro es soluble en el agua, pero esta disolucion se altera por la radiacion solar descomponiéndose el agua con cuyo hidrógeno se combina el cloro, dando lugar á la formacion del ácido clorhídrico y á un desprendimiento de oxígeno. Debe, pues, conservarse en frascos de color azul ó en frascos ordinarios recubiertos con papel negro.

No hay materia colorante de naturaleza orgánica que resista á la accion descolorante del cloro, y en esta propiedad

Estado.

Preparacion.

Usos.

Historia.

Caracteres.

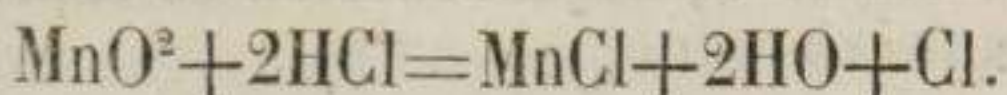


está fundado el uso que de él se hace para el blanqueo de la pasta de papel y de los hilados de algodón y de lino.

La afinidad del cloro para con el hidrógeno explica la acción enérgica que ejerce sobre los miasmas y sobre las materias en putrefacción, cuya fetidez proviene de la presencia del ácido sulfhídrico con cuyo hidrógeno se combina el cloro para producir el ácido clorhídrico.

Estado y preparación.

El cloro se encuentra en la naturaleza combinado con varios cuerpos. Se prepara en los laboratorios mezclando dos equivalentes de ácido clorhídrico con uno de peróxido de manganeso; la reacción se formula de la manera siguiente:



Usos.

El cloro se emplea como desinfectante y para el blanqueo de las telas, pasta de papel, etc., si bien se prefieren para este objeto las combinaciones que forma con la cal y con la potasa.

X ACIDO CLORHIDRICO. HCl.

**Sinonimia.**—*Acido marino.*—*Acido muriático.*—*Espíritu de sal.*

Historia.

Este cuerpo se conoció ya en tiempo de los alquimistas. Glauber fué el primero que le estrajo de la sal marina, pero se ignoraba su verdadera composición hasta que Gay-Lussac y Thenard la dieron á conocer con toda exactitud.

Caracteres.

Es un gas no permanente, incoloro, de olor fuerte y picante; produce vapores blancos en presencia del aire, enrojece fuertemente la tintura de tornasol, apaga los cuerpos en combustión y su densidad relativa está representada por 1,24.

Los metaloides ejercen poca acción sobre el ácido clorhídrico, en tanto que varios metales pueden descomponerle combinándose con el cloro y dejando desprender el hidrógeno. El agua disuelve cerca de 480 volúmenes de ácido clorhídrico.

La presencia del ácido clorhídrico, aun en cantidades pequeñas, se reconoce tratando la disolución por el nitrato argéntico con el cual da un precipitado blanco soluble en el amoniaco.

Vacimiento.

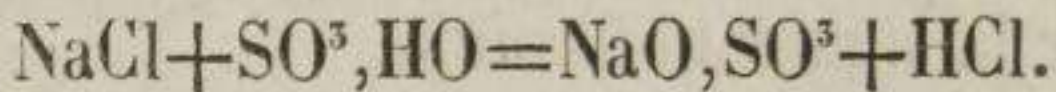
El ácido clorhídrico se desprende frecuentemente con



abundancia en las erupciones volcánicas y muy particularmente en las del Vesubio, condensándose al propio tiempo que los vapores acuosos y formando arroyos y manantiales bastante abundantes en algunos puntos para ser explotados. Ejerce una acción muy notable sobre las rocas volcánicas, las cuales se recubren de una capa de color amarillo sólida unas veces, pulverulenta otras, que no es otra cosa que un cloruro férrico insoluble. La alteración que suele observarse en ciertas rocas y muy particularmente en las de las solfataras del Puzol se atribuye á la acción de este ácido.

Se obtiene este ácido en los laboratorios descomponiendo el cloruro de sodio por el ácido sulfúrico á una temperatura poco elevada, cuya reacción puede formularse de la manera siguiente:

Preparacion.



Las fábricas de este producto corresponden á la 2.<sup>a</sup> clase de los establecimientos insalubres por su olor desagradable é incómodo, si los aparatos no estan bien acondicionados.

Se emplea en la tintorería y para la preparación del cloro y de los cloruros cuyas aplicaciones son tan conocidas.

Usos.

#### → FLUOR.

Ampere fué el primero que consideró el ácido fluorhídrico como un hidrácido, y atendiendo á sus propiedades corrosivas dió á su radical el nombre de *phthoro* que significa destructor.

Historia.

El fluor es un gas de color pardo amarillento oscuro, de olor parecido al de una mezcla de cloro y azúcar quemada, descolora la tintura de añil y no ataca al vidrio.

Este cuerpo se encuentra con bastante abundancia en el reino mineral unido al calcio constituyendo la fluorina ó espato fluor; suele encontrarse tambien, aunque rara vez, combinado con el hierro, cerio, itrio y algunos otros metales.

#### → ACIDO FLUORHIDRICO. HFl.

Este ácido fué descubierto por Scheele y obtenido la primera vez por Gay-Llussac y Thenard.

Historia.



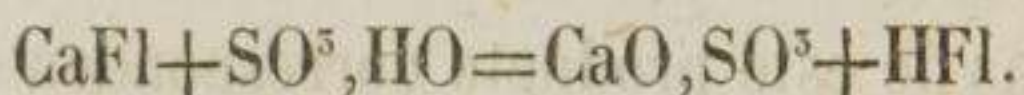
Caracteres.

Es un líquido incoloro, que aun no se ha solidificado, espesa vapores densos en contacto del aire, enrojece fuertemente la tintura de tornasol, destruye la piel produciendo inflamaciones violentas y llagas difíciles de cicatrizar. Su densidad relativa está representada por 1,06 y entra en ebullición á 30°.

La afinidad de este cuerpo para con el agua es tan considerable, que cada gota de ácido que sobre ella se vierte produce un ruido parecido al del hierro candente en las mismas circunstancias.

Preparacion.

Se obtiene el ácido fluorhídrico tratando á una temperatura elevada diez partes de fluoruro de calcio por treinta y cinco de ácido sulfúrico concentrado, colocándolos en una retorta de plomo de dos piezas á la cual se adapta un recipiente del mismo metal que se sumerge en agua fria. La reaccion se representa por la siguiente fórmula.



Usos.

Se emplea el ácido fluorhídrico para grabar sobre el vidrio con cuya sílice forma agua y fluoruro de silicio. Al efecto se cubre la superficie del vidrio con un barniz compuesto de una parte de trementina y cuatro de cera. Se abre despues el dibujo en el barniz con un buril, dejando á descubierto el vidrio, y se coloca este en una caja dispuesta á propósito para recibir los vapores del ácido fluorhídrico desprendidos de una capsulita de plomo que contiene los cuerpos que deben producirle. Pocos minutos son suficientes para que las partes descubiertas del vidrio aparezcan profundamente corroidas por la accion del ácido, en cuyo caso solo resta separar el exceso de barniz que cubre la placa, empleando el alcohol en el cual se disuelve perfectamente. Puede usarse tambien para esta operacion el ácido fluorhídrico diluido, pero en este caso los dibujos son transparentes y por consecuencia menos visibles.

#### AZUFRE.

Caracteres.

Este cuerpo conocido desde la mas remota antigüedad es sólido á la temperatura ordinaria, de color amarillo de limon, insípido, inodoro, deleznable pero algo mas duro que la cal sulfatada, pudiendo representar su dureza por 2,3 y su densidad



relativa, por 2,087. Su fractura es conchoidea, vidriosa, y frecuentemente brillante. Cuando es trasparente posee la doble refraccion. Si se frota con un pedazo de tela de lana, desarrolla un olor perceptible y adquiere la electricidad negativa, la que conserva bastante tiempo en el punto frotado. Es mal conductor del calor, pero por poco que se eleve la temperatura de un cilindro de azufre en alguno de sus puntos, basta casi siempre para que se perciba un pequeño ruido que proviene de la separacion de sus moléculas, debida á la desigual dilatacion que experimenta. Se funde á 110° conservando su color natural, pero si se le calienta gradualmente se observa que entre 140° y 150° adquiere un color amarillo oscuro, á 190° un color anaranjado y una consistencia viscosa, á 290° su color es moreno y llega á espesarse de tal manera que puede invertirse la vasija sin temor de que el azufre se vierta. Si se continúa elevando la temperatura vuelve á adquirir parte de su fluidez, y si en este estado se enfria rápidamente conserva por bastante tiempo una blandura tal, que permite estirarle en hilos largos: finalmente, á la temperatura de 400° entra en ebullicion y se volatiliza condensándose al enfriarse bajo la forma de un polvo fino que se conoce con el nombre de flor de azufre.

El azufre cristaliza en el sistema prismático rectangular recto, encontrándose con bastante frecuencia en cristales octaédricos á base de rombo, bastante agudos y diversamente modificados, en tanto que el cristalizado por fusion en los laboratorios, se presenta bajo la forma de prismas oblicuos de base romboidal pertenecientes al quinto sistema cristalino, siendo muy notable que disolviendo el azufre en el sulfuro de carbono ó en el fósforo, se obtiene cristalizado en octaedros como los que se encuentran en la naturaleza.

Ni el oxígeno ni el aire á la temperatura ordinaria ejercen accion sobre el azufre, pero á 150° arde con una llama azul trasformándose en ácido sulfuroso.

#### *Variedades.*

*Azufre cristalizado.* En octaedros sencillos ó modificados de diversos modos.

*Azufre acicular.* En cristales muy delgados que acaso no



pertenezcan al mismo sistema de cristalización (cráteres de los volcanes).

*Azufre dendrítico.* En cristales agrupados formando masas poco consistentes y de estructura dendrítica.

*Azufre concrecionado.* En estalactitas de color amarillo algo anaranjado que provienen de la fusión del azufre, como se observa en el volcan llamado Vulcano en Sicilia ó en concreciones muy deleznable y cavernosas de color blanco ligeramente amarillento que se forman en las aguas termales que contienen hidrógeno sulfurado, el cual se descompone por la acción del aire atmosférico.

*Azufre compacto.* En riñones diseminados en las margas de los terrenos terciarios: su color es gris ceniciento claro y su estructura térrea y compacta á la vez, se asemejan á primera vista á las calizas terrosas de las cuales se distinguen por su menor densidad y por el lustre y el olor sulfuroso que se nota en ellos cuanto se frotan con un cuerpo duro.

*Azufre pulverulento.* En polvo, fino, depositado por sublimación en ciertas lavas ó encerrado en algunas piedras. En este estado su aspecto es terroso y casi incoloro, asemejándose al que procede de la descomposición del hidrógeno sulfurado.

Vacimiento.

El azufre es muy abundante en la naturaleza y se encuentra en toda clase de terrenos; así que según las observaciones de Humboldt se halla esta sustancia: 1.º en las rocas cuarzosas de los terrenos primitivos subordinadas á los esquistos micáceos (Quito) siendo probable que deba su origen á una sublimación análoga á la que se verifica en los terrenos volcánicos: 2.º en los terrenos intermedios: 3.º en los terrenos de sedimento unido á las margas bituminosas y á las capas de yeso y de cal carbonatada pertenecientes á la formación cretácea: 4.º en las inmediaciones de los volcanes encendidos, como se observa en Sicilia, en donde además de las venas y riñones diseminados en gran número en todo el terreno de sedimento, el azufre forma capas regulares mezcladas con arcilla, sal común, sulfato y carbonato de cal y cuyo espesor suele llegar hasta 10<sup>m</sup> y suministran casi todo el azufre que se consume en las artes. En Islandia forma también depósitos muy extensos del mismo género, presentándose en granos poco adheridos entre sí, que pueden explotarse con una pala lo mismo que la arena. Su cantidad es tan considerable que solo esta isla podría surtir de azufre á todo el mundo, si bien á causa



del calor que se desprende, hay que suspender las labores á uno ó dos metros de profundidad. En España se halla tambien el azufre en cantidad considerable, principalmente en Hellin y en Conil: en el primer punto se encuentra el azufre margo-  
so, muchas veces en geodas y en masas orbiculares, distinguiéndose por su lustre craso que tira al pardo rojo. En Conil se presenta entre cales carbonatadas, ó impregnando las arcillas, siendo una de las localidades que nos ofrecen cristales mas hermosos. Existe tambien nativo en Aragon, Vizcaya y varios otros puntos.

Todos los volcanes en actividad producen azufre desprendiéndose abundantemente de las hendiduras de los cráteres y depositándose sobre las materias que se encuentran en su inmediacion. Por último, las aguas cargadas de hidrógeno sulfurado que surgen de lo interior de la tierra, dejan en su tránsito depósitos de azufre pulverulento ó térreo, debiéndose á circunstancias analógicas los depósitos de azufre que se forman en el fondo de ciertos lagos de Siberia.

El azufre que circula en el comercio se estrae de las tierras, con las que se encuentra mezclado en las inmediaciones de los volcanes, calentándolas en ollas de tierra cocida situadas en un horno de galera; el azufre se funde y separándose por su menor densidad de las sustancias térreas, corre liquido por los tubos laterales que tienen las ollas, pasando á otras segundas vasijas agujereadas en su fondo, y colocadas sobre tinas de madera llenas de agua, dentro de la cual se solidifica el azufre; despues se purifica por medio de la volatilizacion practicada en aparatos á propósito. Los inconvenientes que presenta la sublimacion del azufre se evitan condensando el vapor en vasijas con agua. La purificacion operada en calderas por via de fusion y sedimento asi como la reduccion á cilindros, corresponden á los establecimientos insalubres de la segunda clase.

Estraccion.

El azufre sirve particularmente para la fabricacion de la pólvora y para la preparacion del ácido sulfúrico; se prepara tambien con él el ácido sulfuroso; y por último, puede ser muy útil para contener el incendio de las chimeneas, puesto que basta echar un puñado de azufre para que se desarrolle una gran cantidad de ácido sulfuroso, el cual tiene la propiedad de apagar los cuerpos inflamados y puede por consecuencia contener inmediatamente el incendio.

Usos.



ACIDO SULFUROSO.  $SO^2$ .

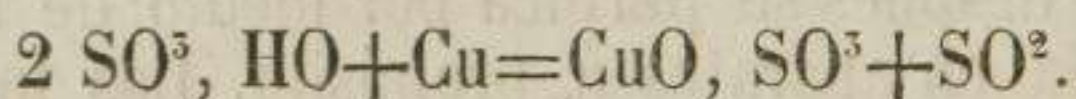
**Historia.** El ácido sulfuroso ha debido ser uno de los primeros que se conocieron, si bien se ignoraba su composición hasta que Lavoissier la dió á conocer con exactitud en 1777 quemando azufre en el gas oxígeno.

**Caractéres.** Es un gas no permanente de un olor particular que escita la tos y oprime el pecho; apaga los cuerpos en combustion, y sofoca á los animales que le respiran. Eurojece en un principio la tintura de tornasol descolorándola despues como á varias otras materias colorantes, y su densidad relativa está representada por 2,254.

El oxígeno y algunos metalóides descomponen al ácido sulfuroso á una temperatura elevada. El agua disuelve 50 volúmenes próximamente de este gas á la temperatura y presión ordinarias, en este estado absorbe el oxígeno del aire y se convierte en ácido sulfúrico, reaccion que se evita conservando la disolucion en vasijas perfectamente tapadas.

**Yacimiento.** El ácido sulfuroso se desprende con bastante frecuencia durante las erupciones volcánicas; se encuentra además disuelto en las aguas de algunas cuevas, tales como las grutas del Vesubio y del Etna.

**Preparacion.** En las artes se obtiene quemando directamente el azufre en el aire, pero en los laboratorios se prepara tratando el cobre ó el mercurio por el ácido sulfúrico, cuya reaccion se fórmula de la manera siguiente:



**Usos.** El ácido sulfuroso se emplea con frecuencia para blanquear la seda, lana, paja y otras materias orgánicas que el cloro puede destruir; sirve además para quitar las manchas de fruta de la ropa blanca, para la preparacion del ácido sulfúrico, y finalmente, en medicina se usa con buen éxito para combatir las enfermedades de la piel.

ACIDO SULFÚRICO MONOHIDRATADO.  $SO^3, HO$ .

**Sinonimia.**—*Aceite de vitriolo.*

**Historia.** El ácido sulfúrico fué descubierto el siglo XV por Basilio Valentino, destilando el sulfato de hierro con arcilla.



A la temperatura ordinaria es un líquido blanco, inodoro, de consistencia oleaginosa y de una densidad representada por 1,843 á la temperatura de 15°; enrojece la tintura de tornasol y desorganiza instantáneamente las materias animales y vegetales.

Caractères.

Atrae la humedad del aire y se ennegrece por la facilidad con que carboniza las materias orgánicas suspendidas en aquel.

El carbono le descompone á una temperatura elevada, trasformándole en gas sulfuroso, desprendiéndose además ácido carbónico ú óxido de carbono, de cuya reaccion podemos servirnos para descolorar el ácido sulfúrico que se ha ennegrecido por su contacto con las materias orgánicas contenidas en el aire.

El ácido sulfúrico mezclado con el agua produce una elevacion de temperatura que escede algunas veces de 100°.

Se reconoce la presencia del ácido sulfúrico en esta disolucion, tratándola por el nitrato ó cloruro báricos, con cuyos reactivos produce un precipitado blanco de sulfato bárico.

Se encuentra generalmente combinado con las bases por las cuales tiene gran afinidad, dando lugar á la formacion de sulfatos, que siendo por lo general solubles, son arrastrados por las aguas. Sin embargo, puede existir en estado de libertad cuando pasa por las rocas graníticas ó sobre las de cal sulfatada, inatacables ambas por el ácido sulfúrico. Baldassari anunció su presencia en las grutas de la montaña volcánica de Zocolino en Toscana, las cuales satisfacen á las condiciones indicadas. Se ha encontrado tambien en varias otras localidades análogas. Las aguas del rio Vinagre, cuyo origen se halla cerca de los cráteres del volcan de Paracé en la América meridional, deben su sabor ácido á una cantidad de ácido sulfúrico disuelto en ellas.

Estado.

El ácido sulfúrico se obtiene quemando en una cámara de plomo ocho partes de azufre y una de nitrato de potasa. La mayor parte del azufre se convierte en ácido sulfuroso á espensas del oxígeno del aire; mientras que la otra combinándose con el oxígeno del ácido nítrico, pasa al estado de ácido sulfúrico que se combina con la potasa del nitro para formar un sulfato.

Preparacion.

Encontrándose el bióxido de nitrógeno, resultante de la descomposicion del ácido nítrico, en contacto con el ácido



sulfuroso y el aire húmedo en la cámara, cede este último, una porción de oxígeno al bióxido de azoe y le convierte en ácido hiponítrico. Una parte de este ácido se descompone por el ácido sulfuroso que se convierte en ácido sulfúrico, el cual uniéndose al agua y á la otra parte del ácido hiponítrico no descompuesta, forma unos cristales blancos que se adhieren á la paredes. Un exceso de agua descompone estos cristales disolviendo el ácido sulfúrico contenido en ellos, dejando desprender el ácido hiponítrico, sobre el cual vuelven á reaccionar el ácido sulfuroso y el aire, produciendo los mismos fenómenos que en un principio.

Usos.

Las aplicaciones del ácido sulfúrico en las artes son tan numerosas que haciendo un resúmen esacto de las cantidades de este ácido consumidas anualmente en los diversos países se puede formar una idea muy aproximada del estado en que se encuentra la industria en cada uno de ellos. En efecto, con el ácido sulfúrico se preparan casi todos los demás ácidos, la sosa artificial, el alumbre, los sulfatos de cobre y hierro, las velas esteáricas, etc., etc.

#### ACIDO SULFHÍDRICO. HS.

**Sinonimia.**—*Gas hepático—Hidrógeno sulfurado.*

Historia y  
caractéres.

Este cuerpo obtenido la primera vez por Cartheuser y después por Scheele, es un gas no permanente, incoloro, de un olor parecido al de los huevos podridos; apaga los cuerpos en combustion y mata los animales que le respiran, siendo suficiente que una atmósfera limitada contenga  $\frac{1}{200}$  para dar la muerte á un caballo. Enrojece débilmente la tintura de tornasol y su densidad relativa está representada por 1,19.

Se descompone parcialmente á una temperatura elevada y arde en presencia del oxígeno y del aire, con una llama azulada, trasformándose con el primero en agua y ácido sulfuroso, y con el segundo en ácido sulfuroso y azufre.

El cloro, el bromo y el yodo le descomponen también apoderándose de su hidrógeno y dejando en libertad el azufre.

El agua disuelve tres veces su volúmen de ácido sulfhídrico á la temperatura de 10°. Esta disolución pierde su transparencia cuando está en contacto del aire, cuyo oxígeno se



combina con el hidrógeno del ácido sulfhídrico, depositándose el azufre bajo la forma de un polvo fino y blanco.

Se reconoce la presencia del ácido sulfhídrico, aun en cantidades muy pequeñas, poniendo en contacto del aire una tira de papel ligeramente humedecida con una disolución de acetato de plomo, la cual adquiere un color negro aun cuando la atmósfera ó el líquido en que se introduzca solo conserve cortísimos restos de este ácido.

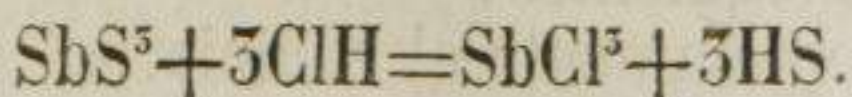
Este gas se encuentra con bastante frecuencia en la naturaleza desprendiéndose durante las erupciones volcánicas y muy principalmente en las solfataras, en las cuales se descompone con facilidad produciendo depósitos muy abundantes de azufre. Suele desprenderse también por las hendiduras que se forman en el suelo durante los terremotos. En algunas localidades se le ve salir á borbotones de ciertas aguas como se observa en las inmediaciones de Grenoble, en cuyo punto se desprende de un terreno esquisto-arcilloso gris asociado á capas calcáreas que no tiene ninguna relacion con las rocas ígneas.

Yacimiento.

Se encuentra también con mucha frecuencia disuelto en las aguas llamadas sulfurosas cuyas propiedades medicinales son debidas al ácido sulfhídrico; tales son en España; las de Carra-traca, Archena, Gravalos, El Molar, etc.; en Francia las de Bagneres, Luchon, Barejes, Aguas buenas, etc. Algunas de estas aguas salen á una temperatura elevada y recojen el hidrógeno sulfurado en el seno de la tierra; otras por el contrario son frias, debiendo probablemente el gas sulfhídrico que contienen á la descomposición de la cal sulfatada por donde atraviesan. Se desprende también con frecuencia de las letrinas y del fondo de algunos pantanos, cuyas aguas contienen materias orgánicas capaces de descomponer los sulfatos disueltos en aquellas. Finalmente, este gas se encuentra algunas veces condensado en los poros de algunas materias minerales: esta es la razón porque ciertas calizas y muy principalmente en las que se encuentran depósitos de azufre, desprenden por la frotación un olor marcado de gas sulfhídrico.

En los laboratorios se prepara el ácido sulfhídrico tratando el sulfuro de antimonio por el ácido clorhídrico, cuya reacción puede representarse por la siguiente fórmula:

Preparación.





Usos.

Se emplea este cuerpo en los laboratorios como reactivo de las sales metálicas, con las cuales forma agua y un sulfuro metálico, propiedad que se utiliza para desinfectar los pozos donde se depositan las materias fecales. Disuelto en las aguas, bien sea libre ó combinado con las bases, forma, como hemos indicado, las aguas minerales sulfurosas, cuyos usos médicos son bien conocidos para combatir las enfermedades de la piel.

### FOSFORO.

Historia.

Este cuerpo fué descubierto en 1659 por Brand y Kunkel, y posteriormente en 1779 Gahan y Scheele dieron á conocer el procedimiento para extraerle de los huesos, en los cuales existe combinado con el oxígeno y la cal formando un fosfato básico de cal.

Caractéres.

Es sólido á la temperatura ordinaria y susceptible de cristalizar en dodecaedros romboidales, insípido y de un olor débilmente aliáceo, su color es amarillo de topacio, es muy flexible cuando está puro y su densidad relativa está representada por 1,77.

Se funde á 43° y entra en ebullicion á 290° trasformándose en un vapor incoloro que se condensa por el enfriamiento. Espuesto al contacto del aire, á la temperatura y presión ordinarias, esparce vapores blancos de ácido hipofosfórico, pero á una temperatura de 40° arde rápidamente en el aire y en el oxígeno puro, trasformándose en ambos casos en ácido fosfórico anhidro y en óxido rojo de fósforo.

Estado.

El fósforo no se encuentra libre en la naturaleza, pero sí combinado con el oxígeno y la cal formando el fosfato de cal.

Preparacion.

Se obtiene en los laboratorios tratando 4 partes de fosfato ácido de cal por 1 de carbon calcinado, á una temperatura elevada, purificando el producto haciéndole pasar despues de fundido dentro del agua hirviendo por una gamuza y reduciéndole despues á cilindros.

Inconvenientes de las fábricas de fósforos.

La esposicion á incendios de las fábricas de fósforo y sobre todo las de cerillas fosfóricas, asi como los malos efectos que las emanaciones de estas fabricaciones producen en los operarios, exigen muchas precauciones de las cuales las mas principales son las siguientes:

1.<sup>a</sup> Aislar completamente el edificio.



2.<sup>a</sup> Situar los almacenes y talleres en el piso bajo y separados unos de otros por una pared divisoria.

3.<sup>a</sup> Conservar el fósforo en botes de hoja de lata sumergidos en un depósito de agua de un volúmen cincuenta veces mayor que el de los botes espresados. En este departamento puede almacenarse sin inconveniente la disolución de goma que se emplea en la preparación de las cerillas fosfóricas.

4.<sup>a</sup> Colocar en otro almacén separado el clorato de potasa la goma, la cola y las materias colorantes contenidas en frascos, barriles ó cajas.

5.<sup>a</sup> No colocar en el taller destinado á preparar la pasta fosfórica mas que los utensilios necesarios al efecto. Sobre el pavimento de este taller deberá establecerse un depósito que contenga por lo menos 250 litros de agua para que pueda servir de baño en caso necesario.

El taller destinado á moler el clorato de potasa y las materias colorantes puede colocarse, sin inconveniente, inmediato al de la preparación de la pasta.

6.<sup>a</sup> Disponer el taller destinado á mojar las cerillas en la pasta de modo que esté separado de los otros, construyéndole de ladrillo y bien ventilado; esta última condición queda satisfecha por medio de dos ventanas que puedan cerrarse cuando convenga por dos puertas de palastro.

7.<sup>a</sup> Construir las estufas destinadas á la desecación de la pasta con bóveda de ladrillos, haciéndolas comunicar por su parte superior con una chimenea sólida y cuya altura sobrepase á la de los edificios inmediatos. Las puertas de estas estufas deberán ser de palastro con marcos de hierro y abrirse hácia la parte exterior. Para iluminar las estufas es suficiente una vidriera con su marco de hierro colocada verticalmente y á dos metros del nivel exterior. Esta vidriera deberá tener un postigo exterior de palastro de la misma dimension, el cual se mantendrá levantado por medio de una cuerda que se pueda quemar con facilidad. Esta disposición tiene por objeto evitar la comunicación con la parte exterior en el caso en que se rompiesen las vidrieras por la inflamación de la pasta, puesto que la llama quemará la cuerda y se cerrará el postigo instantáneamente. Por último, el pavimento de las estufas deberá estar constantemente cubierto con una capa de arena fina de 4 á 5 centímetros de espesor.

El fósforo se emplea en química para analizar el aire at-



mosférico, para preparar el ácido fosfórico y los fosfuros; en medicina se usa como un estimulante energético.

ACIDO FOSFORICO TRIHIDRATADO.  $\text{PhO},^53\text{HO}$ .

Caractères.

Este ácido que puede cristalizar segun Peligot, es inodoro, de sabor ácido y enrojece la tintura de tornasol. El calor le funde y trasforma en una masa de aspecto vidrioso, sin que se consiga hacerle pasar al estado anhidro. Si la temperatura se eleva aun mas, se volatiliza y ataca al vidrio y á la porcelana.

El carbon le descompone produciendo óxido de carbono, ácido carbónico y fósforo, y si la operacion se hace en vasijas de platino, forma con este metal un fosfuro fusible que inutiliza estos aparatos.

El ácido fosfórico trihidratado se distingue de los otros ácidos hidratados de fósforo: 1.º porque no da precipitado por la albúmina: 2.º porque combinado con las bases, da lugar á la formacion de fosfatos que producen un precipitado amarillo cuando se les trata por el nitrato argéntico.

Estado.

El ácido fosfórico se encuentra en la naturaleza formando fosfatos con los óxidos de hierro, manganeso, plomo, calcio, aluminio, magnesio y en el estado de fosfato amónico-magnésico.

Preparacion.

Se obtiene este ácido en los laboratorios calentando moderadamente 30 gramos de fósforo y 200 de ácido nítrico á 20º del areómetro de Beaume, evaporando despues el líquido que resulta en una cápsula de platino.

CARBONO.

Historia.

El carbono se conoce desde la antigüedad mas remota, pero su clasificacion entre los cuerpos simples y su historia química actual solo datan de la época de Lavoisier.

Caractères  
comunes á to-  
das las espe-  
cies.

Es sólido, inodoro, infusible y fijo. El oxígeno se combina con él á una temperatura elevada y da lugar á un óxido y á un ácido. El hidrógeno no ejerce accion directa sobre el carbono á pesar de las numerosas combinaciones que de estos dos cuerpos existen; una cosa análoga se verifica con los demas metalóides, los cuales tampoco se combinan directamente con él.



DIAMANTE.

Los académicos de Florencia primeramente y despues La-voisier, Guyton, Davy y últimamente Dumas han sometido este cuerpo á temperaturas elevadas en contacto del aire atmosférico y del oxígeno puro, probando hasta la evidencia con estos esperimentos que el diamante no es otra cosa que el carbono puro y cristalizado. Composicion.

El diamante es sólido, inodoro é insípido, cristaliza en octaedros, tetraedros y dodecaedros romboidales. Su densidad relativa está representada por 3,55, y su potencia refringente por 3,19: es el cuerpo mas duro de la naturaleza pero muy frágil por la facilidad con que cede á la esfoliacion practicada paralelamente á las caras del octaedro regular. Posee un lustre particular que suele servir de término de comparacion para espresar el de otros minerales: ordinariamente es diáfano, pero suele encontrarse tambien semitrasparente y aun simplemente trasluciente. Unas veces es incoloro, pero otras se presenta teñido de verde, amarillo ó rosa. Adquiere la electricidad positiva por la frotacion. No se funde al soplete, pero pierde el pulimento cuando se somete al fuego de oxidacion. Caractères.

Se encuentra en las Indias Orientales y en el Brasil en un terreno arenáceo y ferruginoso que los naturales llaman *cas-calho*, estando ordinariamente recubiertos de una cascarilla opaca mas ó menos gruesa. Yacimiento.

Se emplea el diamante como objeto de lujo, para rayar otros cuerpos y para cortar el cristal. Luis Berguen en 1476 frotando un diamante con otro descubrió el modo de tallar este cuerpo. Usos.

GRAFITO.

**Sinonimia.**—*Plombagina.*—*Mina de plomo.*—*Carburo de hierro.*

El grafito es sólido, de color gris de plomo ó gris de hierro con brillo metálico, suave al tacto y mancha los dedos, se deja rayar por una punta de acero y cortar por un instrumento cortante, su densidad relativa está representada por 2,2 y se quema con tanta dificultad como el diamante. Caractères.

El grafito se ha considerado por mucho tiempo como un Composicion.



carburo de hierro ; pero el análisis químico ha demostrado que la cantidad de este metal contenida en el grafito , no pasa las mas veces de media centésima , por cuya razon se le considera hoy como una variedad de carbono cristalizado.

### *Variedades.*

*Grafito escamoso.* Compuesto de pequeñas láminas ó escamas mezcladas unas con otras.

*Grafito apizarrado.* Compuesto de hojas ordinariamente curvilíneas y que se separan con dificultad. La estructura apizarrada con que se presenta esta variedad no es propia del grafito sino de la roca con quien está mezclado.

*Grafito compacto.* Variedad extrema del escamoso.

*Grafito terroso.* Negro, sin lustre en la superficie pero que adquiere el brillo metálico por la frotacion ; está frecuentemente mezclado con materias térreas.

Yacimiento.

El grafito se encuentra ó en terrenos de cristalización ó en los depósitos de sedimento inmediatos. Algunas veces está diseminado en los primeros en pequeños nidos ó en laminitas, pero forma tambien en unos y otros montones y filones. Muchas veces está mezclado con las pizarras arcillosas á las que comunica un color negro, un brillo metálico y la propiedad de tizar.

Existe en muchos puntos, pero el mejor lecho de cuantos se conocen , tanto por la estension del depósito, como por la pureza, homogeneidad y compacidad de la materia es el de Borrodale en Cumberland, despues de este deben colocarse los criaderos de Passau en Baviera donde frecuentemente es muy puro , pero de una textura floja. En España se encuentra en los Pirineos y en la provincia de Toledo.

Se puede obtener el grafito artificialmente dejando enfriar con lentitud ciertas fundiciones de hierro sobresaturadas de carbono y disolviéndolas en una mezcla de ácido clorhídrico y nítrico, en cuyos líquidos queda en suspension un cuerpo cristalino de color gris metálico idéntico al grafito natural.

Usos.

El grafito se emplea principalmente para la fabricacion de los lápices llamados de mina de plomo. Las hermosas variedades de Inglaterra son las únicas hasta ahora que, por su compacidad y la adhesion de sus partículas, pueden servir para lapiceros finos , pero estos lápices son raros y siempre muy



caros; todos los demas se componen con grafito reducido á polvo y mezclado con materias á propósito para aglutinarle, los cuales salen muy buenos cuando el grafito empleado en su construccion es muy puro. Los lápices mas comunes contienen materias estrañas y muchas veces sulfuro de antimonio. Despues de los lápices ingleses fabricados con la mina pura, los mejores son los de Passau, algunos de los cuales se hacen del mismo modo; pero carecen de la tenacidad que caracteriza á los primeros.

Se usa tambien el grafito para disminuir el rozamiento de las máquinas de madera; con él se unta el hierro para preservarle de la oxidacion y por último se fabrican crisoles llamados de mina de plomo que son muy refractarios.

#### ANTRACITA.

**Sinonimia.**—*Carbon fósil.*—*Ulla brillante.*

La antracita es sólida, de color negro las mas veces brillante, opaca, deleznable, áspera al tacto y su polvo tiene un olor parecido al del carbon; su densidad relativa varia de 1,6 á 2. Caracteres.

Al soplete se quema con dificultad sin producir llama, humo ni olor perceptible, al menos que no contenga piritas de hierro, cubriéndose ademas de una capa de ceniza blanca.

Difiere de la ulla por no contener betun ni hidrógeno, puesto que está únicamente formada de carbon mezclado con cantidades variables de sílice, cal, alumina y óxido de hierro Composicion.

Las principales variedades son:

*La reniforme.* En riñones mas ó menos voluminosos.

*La poliédrica.* En pedazos de formas diversas que á primera vista presentan cierta regularidad y que son producidas por retraccion.

*La compacta.* En masas sólidas muy brillantes, sonoras, de fractura conchoidea irregular.

*La apizarrada.* En placas separables.

*La granular.* En masas compuestas aparentemente de fragmentos aglutinados.

*La terrosa.* De color mate que no adquiere brillo por la frotacion.



Yacimiento.

La antracita se presenta en masas y en capas en los terrenos de sedimento, pero especialmente en los que están próximos á los de cristalización ó situados en medio de ellos, y pertenecen principalmente á los terrenos devonianos, si bien se encuentra en medio de los Alpes en terrenos mucho mas modernos. Los depósitos se componen de lechos alternados de materias arenáceas ó pizarrosas y de combustibles. Las pizarras contienen restos de vegetales, por lo comun poco caracterizados, que pertenecen á la familia de los helechos y á la de las equisetáceas.

Usos.

La antracita puede emplearse como combustible y produce un calor muy intenso; pero muchas veces es difícil de encender y exige para su combustión hornos por donde pueda pasar una gran cantidad de aire. Se ha usado con buen éxito en las fundiciones que exigen una temperatura elevada; pero no puede servir mas que para trabajos en grande, porque no arde sino cuando está acumulada en grandes cantidades, y aun así, si se saca un pedazo del hogar, aunque esté muy encendido, se apaga en el instante. Tiene además el inconveniente de quebrarse en pedacitos que, acumulándose unos sobre otros, interceptan el paso del aire y dificultan la combustión.

#### ULLA.

**Sinonimia.**—*Carbon de piedra.*—*Carbon de tierra.*—*Ulla grasa.*

Caractères.

Es una sustancia de color negro ya claro, ya oscuro, y á veces irisado, de lustre mas ó menos intenso; es bastante blanda, de poca coherencia y tizna con frecuencia los dedos. Su fractura es laminosa ó mas bien apizarrada. Arde con facilidad y con llama de color amarillo, produciendo un humo negro y un olor bituminoso; durante su combustión aumenta de volumen y se ablanda hasta el punto de adherirse unos trozos con otros dejando por residuo un carbon sólido, duro, poroso, de poca densidad y de un brillo metálico.

Sometida á la destilación produce una mezcla en proporciones variables de hidrógeno carbonado, hidrógeno puro, óxido de carbono, ácido carbónico, ázoe, agua, ácido sulfhídrico, un poco de amoniaco, aceite bituminoso y por residuo el indicado anteriormente y que se conoce con el nombre



de *cok*. La proporcion relativa de estas diversas sustancias varia con la naturaleza de la ulla y con la temperatura á que se somete.

Las calidades y nombres de las ullas varían con las localidades, observándose tambien diferencias sensibles aun en las estraidas de una misma mina; sin embargo, todas ellas se pueden agrupar en tres grandes clases, á saber;

*Ullas secas, ullas grasas y ullas áridas.*

Las primeras se asemejan bastante á la antracita, su color es gris de acero y por consecuencia mas claro que el de la ulla grasa; su fractura es mas bien conchoidea que hojosa, sin embargo de que algunas variedades poseen tambien esta última. Arden con dificultad sin aumentar mucho de volúmen, aglutinándose apenas y dejando un residuo abundante. Suelen contener con frecuencia piritas, en cuyo caso no pueden emplearse en los altos hornos, pero sí y con ventaja en los de reverbero y muy principalmente para la calcinacion de la cal, sobre todo cuando da poca cantidad de cenizas.

*La ulla grasa* es generalmente hojosa, debiendo esta estructura á la sobreposicion de diversas capas, las unas especulares muy brillantes y de fractura conchoidea, las otras deleznales, apizarradas, negras y que manchan los dedos. La parte brillante arde con una llama intensa y produce mucho calor, en tanto que la otra es bastante seca; y como las proporciones de estas dos varian al infinito, resultan variaciones muy notables en las cualidades de esta clase de ulla.

Esta es la que se emplea en las forjas de los albéitares, por cuya razon se conoce en Francia con el nombre de *ulla de mariscales*.

*La ulla árida ó seca* es por lo general mas ligera que la grasa y de un negro menos intenso; se enciende con mucha facilidad y arde con una llama muy larga sin que los trozos varien de forma ni se aglutinen. Sometida á la destilacion produce mucho mas gas, pero deja un residuo negro de poca coherencia que no puede utilizarse como *cok*. Esta es la que se emplea con preferencia para calentar el agua en las bombas de vapor.

Las diferentes variedades de ulla pertenecen á los terrenos de sedimento en los que forman capas alternadas con la arenisca, la pizarra arcillosa y algunas veces la caliza, sin que por esto pueda decirse que todas ellas se encuentren confun-

Yacimiento.



didadas. En efecto, la ulla seca existe en la parte inferior del terreno, y por consecuencia debajo de la ulla grasa. Las ullas grasas llamadas tambien *fuertes* ocupan la parte del terreno situado inmediatamente sobre las ullas secas, presentándose ademas mucho mas desarrolladas que estas; y finalmente, las ullas áridas suelen encontrarse en puntos donde no existe el terreno de ulla, como se observa en las cuencas de algunos rios de Francia, tales como el Saona y el Loira.

El espesor de las capas de ulla varía considerablemente desde algunos centímetros hasta seis ó siete metros; pero estas últimas no son mas que reuniones de capas delgadas separadas por lechos de materias estrañas muy cargadas de carbon.

La ulla abunda en muchos sitios y probablemente se la encontrará en todos los paises cuyo terreno pertenezca á los depósitos de sedimento inferior á medida que se desarrolle la industria en ellos. Solo están privados para siempre de esta materia, los paises formados por los terrenos de cristalización ó por depósitos de sedimento demasiado modernos.

El centro de Alemania presenta bastante cantidad de ulla, encontrándose tambien en grandes cantidades en Asturias y Cataluña, si bien en ninguno de estos depósitos puede competir por su abundancia con los que se esplotan en Inglaterra.

Usos.

La ulla es una de las materias minerales mas preciosas, y la industria la es deudora de la mayor parte de sus progresos en estos últimos tiempos. En efecto, las máquinas de vapor, el alumbrado de gas, las fundiciones y las fábricas de toda especie, consumen una cantidad prodigiosa de ella en los puntos inmediatos á los parajes de donde se estraee y en todos aquellos donde puede trasportarse á poca costa.

#### TURBA.

Caractères.

La turba es de un color moreno mas ó menos oscuro y se forma debajo de las aguas por efecto de la acumulacion y alteracion de diversos vegetales. Es homogénea y compacta en las partes inferiores del depósito, grosera, y llena de restos visibles de diversas plantas en las partes superiores. La densidad relativa varía en las diferentes turbas por el estado de desecacion en que se encuentran y por la proporcion de las materias térreas que las acompañan.



Sometida á la destilacion suministra los mismos productos que la madera, á saber; gases combustibles, ácido piroleñoso, aceites y en muchas ocasiones amoniaco. El carbon que constituye el residuo tiene la misma contestura que la turba, pero es de menor volúmen, observándose que la retraccion llega ordinariamente á los dos tercios.

La turba arde como la madera aunque con mas lentitud á causa de las materias térreas que contiene; produce llama y humo y exhala las mas veces un olor desagradable análogo al de la yerba seca ó al del tabaco.

Las principales variedades son:

*La compacta ó cenagosa.* Especie de mantillo solidificado por la compresion formado por vejetales entrelazados y por la mezcla de materias térreas.

*La fibrosa.* Compuesta de vejetales fibrosos perceptibles.

*La piciforme.* En la que se observan pequeñas ramas carbonizadas que presentan una fractura brillante y resinosa.

La turba se forma por la acumulacion de plantas acuáticas y especialmente por las que se encuentran sumergidas en las lagunas ó pantanos. Esta materia cubre á veces espacios inmensos en las partes bajas de nuestros continentes llenando las hondonadas de los anchos valles cuya escasa pendiente impide el curso de las aguas. Muchas veces se encuentran estos depósitos enteramente cubiertos de agua, pero en algunos parajes están en seco. Es muy abundante en Francia y en Holanda.

Yacimiento.

La turba se emplea como combustible: 1.º en su estado natural, bajo la forma de ladrillos formados con la laya que se emplea en su esplotacion y secados al sol: 2.º despues de sometida á una fuerte presion para disminuir su volúmen: 3.º carbonizada.

Usos.

El carbon de turba suministra un combustible cuya potencia calorífica está representada segun Peetet por los tres cuartos de la del carbon vegetal, asi que se emplea con ventaja para la produccion del vapor y para la calcinacion de la cal carbonatada.

La fabricacion del carbon vegetal asi como el almacenado de todos los carbones minerales de que hemos hablado presenta algunos inconvenientes que creemos indispensable indicar.

Inconvenientes de la carbonizacion de la leña.

La carbonizacion de la leña al aire libre ó en vasijas cerradas pertenece á la segunda clase de los establecimientos pe-



ligrosos, insalubres ó incómodos, cuando se practica en establecimientos permanentes fuera de los bosques.

Los almacenes particulares destinados á la venta del carbon vegetal deben estar cerrados y cubiertos y se colocan entre los establecimientos peligrosos, insalubres é incómodos de la segunda clase. Los destinados á la venta por menor corresponden á los de tercera clase y no debe permitirse almacenar á cada vendedor mas que unos 100 hectólitros.

Estas precauciones estan justificadas por la facilidad con que los diferentes carbonos se inflaman espontáneamente produciendo incendios de consideracion.

#### ACIDO CARBÓNICO. $\text{CO}^2$ .

**Sinonimia.**—*Gas.*—*Aire fijo.*—*Acido mesítico.*—*Acido cretoso.*

Historia.

El ácido carbónico fue descubierto por Van-Helmont al calcinar las piedras calcáreas, pero Lavoissier fué quien en 1776 dió á conocer su naturaleza y determinó la proporción de sus principios constitutivos.

Caracteres.

Es un gas no permanente, incoloro, de sabor ácido, poco perceptible y olor picante; enrojece débilmente la tintura de tornasol, apaga los cuerpos en combustion y asfixia á los animales que le respiran. Su densidad está representada por 1,52.

La electricidad le descompone parcialmente en oxígeno y óxido de carbono; el hidrógeno y carbono á una temperatura elevada le trasforman, el primero en óxido de carbono y agua, y el segundo en óxido de carbono.

El agua disuelve un volúmen igual al suyo á la temperatura y presión ordinarias, pudiendo disolver hasta seis volúmenes aumentando la presión. El ácido carbónico disuelto en el agua se reconoce fácilmente tratándole por el agua de cal ó de barita, con cuyos cuerpos forma carbonatos insolubles.

Yacimiento.

El ácido carbónico es muy abundante en la naturaleza en estado de libertad y en el de combinacion. En el estado libre se encuentra en el aire y disuelto en muchas aguas minerales, pero muy particularmente en las cavernas de los paises volcánicos antiguos y modernos, en algunas cuevas de los terrenos secundarios, y en los pozos y galerías de las minas abandonadas.

Este fenómeno no es tan raro como en un principio se ha-



bia creído, puesto que existen cuevas en algunas poblaciones, en las cuales se desprende este gas en abundancia, causando accidentes por desgracia harto funestos. Estas cuevas se llenan de ácido carbónico en condiciones poco conocidas todavía, y aun cuando no es fácil evitarlo de una manera segura, sin embargo, puede disminuirse el peligro: 1.º practicado dos lumbreras en la direccion norte sur; 2.º colocando un tubo de modo que uno de sus extremos esté situado en la parte inferior de la cueva, y el otro vaya á parar á una chimenea; 3.º recubriendo las hendiduras de las paredes y aun mejor toda su superficie con una capa de mortero hidráulico, y colocando á algunas pulgadas debajo del suelo una capa de arcilla bien apisonada recubierta con otra de tierra apisonada del mismo modo. Los dos primeros medios son suficientes durante el invierno para renovar el aire de la cueva, pero en el estío no producen efecto alguno, razon por la que es indispensable valerse del tercero para evitar en lo posible las filtraciones del gas.

El ácido carbónico penetra en las cuevas poco tiempo despues que se desarrolla en los terrenos inmediatos, observándose que la cantidad aumenta durante las variaciones bruscas de presion, es decir, durante las tempestades. Se ha notado tambien que las cavernas de los terrenos volcánicos se llenan de este gas cuando se aproxima el momento de la erupcion. Este fenómeno produce la muerte de casi todos los animales pequeños que no pueden sustraerse de la influencia del gas, y se esplica con facilidad sin mas que admitir que el ácido carbónico esparcido en el suelo se desprende, ya sea por la presion ejercida por los gases ó vapores que van á producir la erupcion, ó bien por los movimientos atmosféricos que ordinariamente la preceden.

La presencia del gas ácido carbónico en el terreno puede provenir en ciertos casos de la descomposicion de las materias orgánicas que en él existen, si bien no puede atribuirse esta procedencia al ácido carbónico que se desprende de los manantiales de agua que se encuentran en los terrenos graníticos.

Estos fenómenos nos hacen ver la necesidad de asegurarnos si el aire de las cuevas, pozos, ó galerías donde haya de penetrarse es ó no respirable. La simple introduccion de una mecha encendida nos advierte del peligro, debiendo emplear



un medio cualquiera de ventilacion en el caso de que la mecha arda con dificultad ó se apague completamente.

Ocurre con frecuencia la necesidad de penetrar instantáneamente en estos sitios con el objeto de salvar á las personas asfisiadas por el ácido carbónico. No pudiendo emplear en este caso los medios demasiado lentos de que acabamos de hablar, conseguiremos el objeto vertiendo en la cueva, directamente ó por medio de una bomba á propósito, una disolucion de amoníaco, potasa, sosa ó cal con cuyas bases se combina el ácido carbónico casi instantáneamente.

Socorros á los asfisiados.

Los socorros que deben suministrarse á los asfisiados por este gas son los siguientes:

1.º Sacar inmediatamente al enfermo al aire libre y desnudarle.

2.º Sentarle en una silla de brazos ú ordinaria colocándole en una habitacion cuya temperatura sea de 17.ºc. cuidando de sostenerle la cabeza en la posicion vertical.

3.º Se le rociará el cuerpo y principalmente la cara con agua fria, sirviéndose de un jarro y arrojando el líquido con violencia y por mucho tiempo.

4.º Esta operacion se suspenderá de vez en cuando para tratar de restablecer la respiracion.

5.º Aun cuando el asfisiado dé señales de vida no deben cesar las afusiones de agua fria, cuidando únicamente de no echarla sobre la boca desde que empiezen á manifestarse los movimientos de inspiracion.

6.º Si se presenta propension al vómito, se favorecerá este por la titilacion con las barbas de una pluma.

7.º Luego que el asfisiado pueda tragar, se le dará á beber agua acidulada con vinagre.

8.º Luego que se haya restablecido completamente la respiracion, se secará bien al enfermo colocándole inmediatamente en una cama caliente. El tratamiento que debe emplearse despues que se ha conseguido devolver la vida al asfisiado, corresponde á un profesor de medicina á quien conviene siempre avisar en el momento que el accidente se verifica.

Si la asfixia fuese producida por el hidrógeno sulfurado, convendrá rociar al asfisiado con agua clorurada antes de proceder á despojarle de sus vestidos.

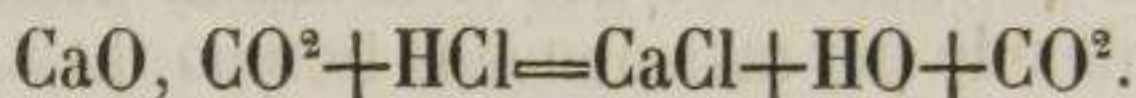
Todos estos socorros pueden administrarse por cualquiera



persona inteligente, pero para obtener el resultado apetecido es necesario administrarlos durante algunas horas sin perder la esperanza, puesto que en muchas ocasiones se ha conseguido devolver la vida á los asfixiados despues de seis ó mas horas de tentativas al parecer inútiles.

Cuando se trata de administrar estos socorros, es absolutamente necesario separar todas las personas inútiles. Cinco ó seis personas son suficientes al objeto, siempre que procedan con actividad, pero sin precipitacion y con órden.

El ácido carbónico se prepara en los laboratorios tratando el carbonato de cal por el ácido clorhídrico, cuya reaccion puede representarse por la siguiente fórmula: Preparacion.



Se emplea este cuerpo para la preparacion de las aguas minerales artificiales, para la fabricacion artificial de los vinos espumosos, y finalmente para la preparacion del albayalde ó carbonato de plomo tan empleado en las artes. Usos.

#### CARBURO TETRAHÍDRICO.— $\text{C}^2\text{H}^4$ .

**Sinonimia.**—*Gas de los pantanos—Hidrógeno proto-carbonado.*

Es un gas insípido, inodoro, incoloro, poco soluble en el agua y de una densidad representada por 0,559. Arde en presencia del aire con una llama azulada y mezclado con el oxígeno ó con el aire detona, tan luego como se hace pasar por la mezcla una chispa eléctrica, convirtiéndose en agua y en ácido carbónico. Caractères.

Se encuentra en el fondo de los pantanos y de las aguas estancadas á cuya superficie sube de vez en cuando en forma de burbujas, debiendo su origen á la descomposicion natural de las materias orgánicas. Yacimiento.

Se desprende tambien en ciertas minas de ulla, que son por lo general las de mejor calidad, y hay capas en que existe en tal cantidad, que basta hacer un agujero para obtener un surtidor violento y continuo, que en algunos parajes tienen siempre encendido los mineros para desembarazarse de él. Se desprende ademas en muchos puntos del interior de la



tierra, ya por las hendiduras de diversas capas sólidas, ya al través de los poros de las materias arenosas, ó finalmente al través del agua de los pantanos que cubren estos terrenos. Algunas veces se desprende solo, pero frecuentemente está mezclado de petróleo mas ó menos espeso y de betun. En otros puntos sale con una gran cantidad de arcilla diluida por el agua, y muchas veces impregnado de sal marina, por lo que se ha dado á estos manantiales el nombre de *salzas*. Algunos de ellos arrojan ó han arrojado una gran cantidad de materias térreas, las cuales acumulándose han formado conos de cuyo vértice salen todavía bastante á menudo, recibiendo entonces estos fenómenos el nombre de *volcanes cenagosos*.

Cuando estos chorros de gas se inflaman accidentalmente, continuan ardiendo por mas ó menos tiempo, hasta que vienen á apagarlos grandes aguaceros ó recias bocanadas de viento. De aqui resulta lo que se llama *fuegos naturales*, *fuentes inflamadas*, etc., que son tan frecuentes en las costas del Asia menor, al pie de los Apeninos, en Sicilia, y muy principalmente al rededor del mar Caspio y del Indostan.

Usos.

En los puntos en que el carburo tetrahídrico se desprende naturalmente del seno de la tierra, se utiliza despues de inflamado para calcinar las piedras calizas, cocer los ladrillos y los objetos de barro, ó para evaporar los líquidos. Los habitantes de estos sitios le utilizan tambien para cocer sus alimentos.

Si el hidrógeno carbonado produce algunas ventajas al hombre, tambien tiene inconvenientes de consideracion; en efecto, ya hemos indicado que este gas se desprende con abundancia de la ulla, llenando las galerías de las minas, en las cuales mezclándose con el aire detona tan luego como se aproxima un cuerpo inflamado, dando lugar á accidentes sumamente desagradables. La dilatacion rápida que se verifica en el aire en el momento de la esplosion, provoca una corriente violenta que arroja á los trabajadores contra los muros ó los suelos de las galerías. Estos accidentes se evitaban antiguamente en parte, empleando un buen sistema de ventilacion. Sin embargo, siempre se acumula el gas en algunos sitios menos ventilados que los otros, no pudiendo entrar en ellos con luz sin las mayores precauciones. La lámpara de seguridad de Davy evita por sí sola estos funestos accidentes. Consiste en una mecha alimentada con aceite y rodeada por todas partes de una tela metálica, cuyas mallas interceptan el paso á la



llama: sobre esta coloca Davy una espiral de platino de cuatro ó cinco centímetros de longitud, la cual tiene la propiedad de continuar enrojecida en algunas mezclas detonantes formadas en ciertas proporciones; de modo que cuando se llega con esta lámpara á un paraje donde hay bastante gas para apagarla, el hilo se pone de repente luminoso y esparce la luz suficiente para que el trabajador pueda retirarse. Luego que llega á un punto donde el gas y el aire atmosférico se hallan en proporciones convenientes, el hilo candente produce una inflamacion en lo interior de la lámpara y el gas inflamado enciende la mecha.

Se prepara este gas en los laboratorios calentando en una retorta pequeña de vidrio una mezcla formada de cuatro partes de acetato de sosa, 40 de potasa y 60 de cal viva. Preparacion.

#### CARBURO DIHÍDRICO. $C^4 H^4$ .

**Sinonimia.**—*Hidrógeno bicarbonado.*

Este cuerpo fué descubierto por los químicos holadese en 1796, los cuales le dieron el nombre de *gas oleificante*. Historia.

Es un gas incoloro, insípido, de olor empireumático, apaga los cuerpos en combustion, y su densidad está representada por 0,97. Arde en contacto del aire cuando se le aproxima una cerilla encendida desprendiendo una llama blanca brillante y trasformándose en agua y en ácido carbónico. Caractéres.

El hidrógeno bicarbonado no se encuentra en la naturaleza: se prepara en los laboratorios mezclando en una retorta de vidrio cuatro partes de ácido sulfúrico monohidratado con una de alcohol. Preparacion.

No tiene aplicacion cuando está puro, pero mezclado con otros gases que, como él, se estraen de la destilacion de las ullas, sirve para el alumbrado llamado de gas. Usos.

#### GENERALIDADES SOBRE EL ALUMBRADO DE GAS.

Los primeros esperimentos sobre el alumbrado de gas se hicieron por Lebum, ingeniero francés en 1785, destilando la leña en vasijas perfectamente cerradas. Este mismo ingeniero demostró que la ulla era mas apropósito para la preparacion de este gas, de cuya observacion no se sacó partido sino Historia.



25 años despues, época en que los ingleses establecieron su primera fábrica.

Estraccion  
del gas de la  
ulla.

Se elije la ulla grasa de llama larga, se reduce á pequeños pedazos y se introduce en retortas cilindricas de hierro y aun mejor de barro por su menor precio y por la mayor cantidad de gas que se produce en ellas, dejando un vacío próximamente igual á la mitad de su capacidad y colocándolas paralelamente en número de dos, tres ó cinco en un mismo hogar. Se adapta á cada retorta un cañon vertical cuyo orificio, tapado con una chapa de palastro, sirve para la introduccion de la ulla; con este conducto comunica el tubo que da salida al gas. La temperatura del horno debe ser constantemente la del rojo de cereza claro, pues si fuera mas elevada, el gas tendria poco brillo en su combustion en razon á que el hidrógeno bicarbonado y los aceites muy volátiles, á quienes se debe principalmente la claridad de la llama, depositan carbon, y se convierten en hidrógeno proto-carbonado, cuya combustion produce una luz menos intensa: por el contrario, si la temperatura fuera mas baja, se formarían muchos aceites volátiles que, no pudiendo permanecer suspendidos en el gas, se condensarian en los aparatos refrigerantes.

El tiempo que dura la destilacion varía con la calidad de la ulla, con su estado higrométrico y con la disposicion de los aparatos, pero puede calcularse en cuatro horas, cuando se opera con carbon de buena calidad, notándose que, si la operacion se conduce bien, pasan al gasómetro 25<sup>mc</sup> de gas por cada 100<sup>k</sup> de carbon. El residuo se compone de un cok ligero y muy á propósito para calentar las habitaciones.

El gas obtenido de este modo se compone en su mayor parte de hidrógeno protocarbonado mezclado con cantidades variables de hidrógeno bicarbonado, de hidrógeno, de óxido de carbono, de ácido carbónico, de ázoe, de materias aceitosas mas ó menos fáciles de condensar, de productos amoniales y sulfurados, y de sustancias empireumáticas ó brea. En tal estado su olor es sumamente desagradable aun despues de quemado, razon por la cual hay necesidad de purificarle, especialmente si se ha de emplear en lo interior de las habitaciones. Con este objeto se dirige el gas al salir de la retorta á un depósito lleno en parte de agua, por un tubo cuya estremidad se sumerge en este líquido, de modo que quede interceptada la comunicacion de las retortas con los aparatos ó gasó-



metros en que se recoje el gas. La mayor parte del agua y de la brea se condensan en este depósito, que tiene un flotador á propósito para mantener constante el nivel del líquido, y dejar correr continuamente el exceso de los productos condensados. El gas atraviesa en seguida por una serie de tubos mas ó menos enfriados, en los cuales se concluye la condensacion del agua y de la brea; luego por cajas que contienen sales metálicas, en particular cloruro de manganeso y sulfato de hierro que descomponen las sales amoniacaes y aislan el ácido sulfhídrico: últimamente, se le hace pasar por otras cajas que contienen cal hidratada, la cual absorve el gas sulfhídrico, el ácido carbónico y otros vapores ácidos. No deben continuarse demasiado estas purificaciones porque el gas quedaria privado mas de lo necesario de los vapores oleosos, disminuyendo de un modo notable la claridad de su llama.

Se recoje el gas en gasómetros de palastro dispuestos sobre cubas de agua revestidas de mortero hidráulico. El peso de estos gasómetros se halla equilibrado en parte por contrapesos, que solo deben dejarles el que se haya calculado para vencer la presión que exige el gas al distribuirse en los diferentes mecheros. Esta presión se compone: 1.º de las resistencias que el gas experimenta al pasar por tubos ordinariamente de gran estension; 2.º del exceso de fuerza elástica que es menester conservar para que salga por los mecheros en cantidad suficiente; 3.º de la presión necesaria para que llegue á los puntos mas elevados y con frecuencia situados á mayor altura que el nivel del gasómetro. Esta última presión es fácil de calcular cuando se conocen la diferencia de alturas  $h$  entre el nivel del gasómetro y el del mechero mas elevado, y la densidad  $d$  del gas con respecto á la del aire: con tales datos la presión será igual al peso de una columna de agua cuya altura estará representada por  $0,001293 hd$ .

Se ha tratado de reemplazar la ulla por las resinas, por los aceites grasos y por mezclas de brea y vapor acuoso puestas en contacto del cok á una temperatura elevada. Estas sustancias no pueden competir con la ulla que por su abundancia se obtiene á un precio muy cómodo, el cual se disminuye notablemente por el aprovechamiento del cok.

Sin embargo, se prepara en algunas fábricas el gas del alumbrado sirviéndose del aceite ó de las resinas. El gas extraído de estos dos cuerpos produce una luz mas brillante



que el estraído de la ulla, á causa de la mayor cantidad de hidrógeno bicarbonado y de varios carburos de hidrógeno volátiles que contiene, careciendo ademas de ácido sulfhídrico, sulfuro de carbono, y amoniaco, que como hemos manifestado, existen ordinariamente en el gas estraído de la ulla cuando no está bien purificado.

Inconvenientes de las fábricas del gas de alumbrado.

Las fábricas del gas del alumbrado estan sumamente expuestas á incendios, no solo por las grandes dimensiones que es necesario dar á los hogares, sino por la combustibilidad misma del hidrógeno carbonado. Si ademas se tiene en cuenta las cantidades de humo y de gases desprendidos en esta clase de establecimientos, se concebirá la necesidad de colocarlos fuera de las poblaciones.

Los peligros que un gasómetro puede ocasionar se han exagerado de una manera estraordinaria. Para que el hidrógeno carbonado contenido en estos aparatos pueda producir esplosion, es indispensable que contenga por lo menos siete veces su volúmen de aire atmosférico, lo cual es imposible en todos casos. Es bien sabido que la cantidad de oxígeno necesaria para que el hidrógeno carbonado detone, depende de la proporcion de los elementos de este gas, y como para quemarse completamente exige un volúmen tres veces mayor de oxígeno, y el aire solo contiene  $\frac{1}{5}$ , resulta, que para que la esplosion pudiera verificarse, sería necesario que pasase al gasómetro una cantidad considerable de aire atmosférico, lo cual es muy eventual.

Las circunstancias varian notablemente cuando el gas se escapa por las hendiduras ó por el mal ajuste de las llaves; en este caso, acumulándose é interponiéndose con el aire en espacios cerrados, resultan mezclas detonantes cuya esplosion se verifica tan luego como se introduce en ellas un cuerpo inflamado. Aun cuando estos accidentes suceden con poca frecuencia, conviene sin embargo precaverlos, cuidando de tapar exactamente las hendiduras y engrasar de vez en cuando las llaves, no solo para facilitar su servicio, sino para que ajusten bien y evitar la oxidacion, con tanta mas razon cuanta que no siendo este gas á propósito para la respiracion, puede, ademas de lo dicho, producir la asfixia y aun la muerte á las personas que durante el sueño no se aperciban de la huida del gas.

Para evitar estos inconvenientes es necesario ademas cui-



dar de que se queme completamente todo el gas que sale por los surtidores. Esto se consigue conservando la llama á una altura de unos 0<sup>m</sup>08 rodeándola además por un tubo de vidrio de diez y seis á veinte centímetros de longitud. Es también indispensable ventilar las habitaciones iluminadas, practicando aberturas en la parte superior por los cuales pueda salir el gas no sometido á la combustion, y abrir las puertas para establecer una corriente de aire en el caso de que la salida del gas fuese en gran cantidad.

Por último, si por descuido ú accidentalmente se inflama-se el gas que se escapa por una hendidura, es necesario taparla con un paño mojado, avisando inmediatamente en todos los casos al constructor del aparato y á la compañía que suministra el gas, para que reparen los desperfectos.

#### ASFALTO.

**Sinonimia.**—*Betun sólido.*—*Betun judáico.*

El asfalto es sólido, de fractura homogénea, conchoidea y brillante, de color negro ó pardo negruzco, inodoro y de una densidad poco superior á la del agua.

Caracteres.

Se funde al fuego y arde con llama, desprendiendo un olor bituminoso. Es insoluble en el agua, y soluble parcialmente en el alcohol, en el éter y en los aceites volátiles.

La mayor parte del asfalto que se encontraba hace algunos años en el comercio, procedía del mar muerto, en cuyas aguas sobrenadan cantidades considerables de esta sustancia que el aire y las olas conducen hasta sus orillas. En Francia se ha encontrado en Seyssel diseminado en una arenisea perteneciente á los terrenos terciarios y en varias otras localidades.

Yacimiento.

Los Egipcios empleaban el asfalto para embalsamar sus cadáveres: en el dia se preparan con él, el color llamado *momia*, barnices negros con que se cubre el hierro para preservarle de la oxidacion, y finalmente, mezclado con arena, se prepara el betun de asfalto destinado al solado de aceras, azoteas, etc., etc.

Usos.

Cerca de los criaderos del asfalto suele encontrarse una caliza porosa impregnada del mismo betun, que se explota por separado, se la deja secar y se pulveriza; se introduce despues en una caldera de hierro puesta al fuego sobre un hornillo, y

Preparacion.



cuando está caliente la caliza se incorpora con ella  $\frac{1}{5}$  de su peso de betun derretido. Se mueve bien el todo hasta que la mezcla sea lo mas íntima posible, y en este estado se saca con cazos y se vierte sobre moldes de palastro, de forma rectangular, enlucidos ligeramente por su parte interior con tierra arcillosa para evitar la adherencia.

Los ladrillos que asi resultan son los que, fundidos de nuevo y mezclados con arena, sirven para los objetos indicados.

Solados de asfalto.

La cantidad de arena que se añade á los labrillos de asfalto que se derriten para esta aplicacion en calderas portátiles, debe ser la suficiente para formar una papilla espesa. Se aplica esta sobre el área preparada para recibirla, que por lo regular es una capa de arena de uno ó dos centímetros de espesor, y otras veces es de mortero ordinario ó hidráulico tendido con la llana. En todo caso el área debe estar seca, y ser tan firme, plana y lisa como sea posible. Se extiende la argamasa por porciones de un metro cuadrado trazadas provisionalmente sobre el área con listones ó reglas de madera, cuya altura sirve para determinar el espesor de la capa de argamasa; en seguida se tamiza por encima arena medianamente gruesa. Por último se apisona, mientras el betun se conserva blando, con unas tablas cuadradas armadas en su parte media con un mango perpendicular. La arena tiene por objeto hacer al betun menos quebradizo y mas duradero.

En la preparacion de este betun puede reemplazarse una parte del asfalto por la brea estraida de la destilacion del carbon de piedra despues de purificada; y la caliza bituminosa por una mezcla de creta pulverizada y de puzolana.

Para purificar la brea basta lavarla repetidas veces para separarla de las sales amoniacales, hirviéndola despues en una caldera cubierta que comunica con un refrigerante, por cuya operacion se separa el agua y la mayor parte del aceite esencial que la brea retiene. Luego que ha adquirido una consistencia casi sólida y algun tanto elástica, lo cual se conoce vertiendo una corta porcion en agua fria, se funde en una caldera de fundicion de hierro descubierta, se añade un peso próximamente igual al suyo de asfalto, y por último la mezcla de creta y de puzolana ó cemento finamente pulverizada y bien seca.

En todos los casos es necesario no añadir al betun aceites ni materias grasas; sin embargo, como suele endurecerse por



su larga esposicion al fuego, conviene añadirle una corta cantidad de brea mineral para que conserve la fluidez necesaria.

Nos podremos asegurar de la buena preparacion del betun observando si su grano es muy fino, si tiene un color negro lustroso como si estuviera pulimentado, si se funde sin levantar burbujas, y por último, si juntando los bordes de los labrillos perfectamente secos y calentados con uniformidad, se adhieren de tal modo que se rompan antes de separarse.

#### ✦ BORO.

Este cuerpo fue obtenido la primera vez por Gay-Llussac y Thenard tratando el ácido bórico por el potasio. Historia.

El boro es sólido, pulverulento, de un color moreno verdoso, insípido é inodoro y mas pesado que el agua. Tiene mucha afinidad para con el oxígeno con el cual se combina á una temperatura elevada para formar el ácido bórico. Caracteres.

#### ✦ ACIDO BORICO. $BO^6$

**Sinonimia.**—*Salsolina.*

El ácido bórico es incoloro, inodoro, de un sabor débilmente ácido y cristaliza en laminitas anacaradas, su densidad está representada por 1,4 y cambia en un color vinoso el azul de la tintura de tornasol. Caractères.

Espuesto á una temperatura elevada deja desprender una cantidad considerable de agua y acaba por fundirse, produciendo un vidrio trasparente é incoloro. Es soluble en el agua y en el alcohol á cuya llama tiñe de color verde.

Se encuentra disuelto en las aguas de algunos lagos de Toscana. En el estado sólido se ha observado tambien en el cráter de Vulcano (Islas de Lipari) mezclado con el azufre, el cual le comunica su color amarillo. Yacimiento.

Se estraee evaporando las aguas que le contienen, y en los laboratorios tratando el borato sódico por un corto exceso de ácido sulfúrico. Preparacion.

Se emplea el ácido bórico para la preparacion del borax ó borato sódico, entra en la composicion de algunos vidrios y en la preparacion de los esmaltes de las porcelanas. Usos.



SILICIO.

Caractéres. Es sólido, pulverulento, de color pardo y sin brillo metálico. Es infusible si se le calienta en vasos cerrados, pero en contacto del aire se inflama y se convierte en ácido silícico.

Preparacion. Se obtiene en los laboratorios descomponiendo el ácido silícico por el potasio á una temperatura elevada, de cuya accion resulta silicio y silicato de potasa; ó aun mejor descomponiendo por el potasio el fluoruro doble de silicio y potasio.

Estado. No se encuentra aislado en la naturaleza pero sí con mucha abundancia combinado con el oxígeno constituyendo la sílice ó ácido silícico.

ACIDO SILICICO.  $\text{SiO}_2$ .

**Sinonimia.**—*Silice anhidra.*

Caractéres. El ácido silícico es sólido, blanco, insípido, inodoro y áspero al tacto. Es infusible al fuego de forja, pero se funde al soplete de gas. Despues de calcinado es insoluble en el agua y en los ácidos, solo el fluorhídrico es el que le trasforma en agua y fluoruro de silicio. La potasa, la sosa y la barita ejercen una accion muy notable sobre el ácido silícico; con las dos primeras forma silicatos solubles y atacables por los ácidos.

Preparacion. Se prepara la sílice en los laboratorios fundiendo en un crisol de platino una parte de cuarzo pulverizado y cuatro de carbonado de potasa, con cuya base se forma un silicato completamente soluble en el agua cuando se ha espuesto por bastante tiempo á una temperatura elevada: se diluye la disolucion en una cantidad mayor de agua y se trata por el ácido clorhídrico, el cual separa la sílice en estado gelatinoso.

Estado. La sílice es muy abundante en la naturaleza. Aislada ó libre constituye el cristal de roca, las arenas cuarzosas, las areniscas, la calcedonia, las agatas, el pedernal, el jaspe, etc. Combinado con la alúmina, potasa, sosa, cal y óxido de hierro forma un crecido número de minerales muy abundantes, pues son los que entran en la constitucion de los granitos, esquistos, etc., etc.; en una palabra, son silíceas todas las rocas á escepcion de las calcáreas.



Las aplicaciones de este cuerpo se indicarán al tratar de las diversas subespecies.

### CUARZO.

El cuarzo es una de las sustancias mas abundantes del reino mineral, y sus diversas variedades presentan caractéres exteriores muy diferentes, que estan ordinariamente en relacion con la naturaleza de su yacimiento. Esta circunstancia nos obliga á dividir el cuarzo en seis subespecies para cada una de las cuales la testura es constante y característica.

Estas subespecies son, *el cuarzo hialino* ó cristal de roca, *el cuarzo compacto* ó cuarcita, *el cuarzo ágata*, *el pedernal* ó piedra de fusil, *el cuarzo terroso*, y *el cuarzo resinito*, á las cuales añadiremos como apéndice el *jaspe*, las *areniscas* y las *arenas* de los terrenos de transporte.

El cuarzo está compuesto esclusivamente de sílice; posee una dureza representada por 7; dá chispas con el eslabon y raya á todos los minerales, esceptuando únicamente doce especies que en su mayor parte corresponden á las de las piedras finas; su densidad relativa varía de 2,5 á 2,8. Es infusible al soplete é insoluble en los ácidos.

Caractéres  
generales.

#### Subespecie 1.ª

#### *Cuarzo hialino.*

Cristaliza en el sistema romboédrico y su forma primitiva es el romboedro obtuso. Las formas con que mas frecuentemente se presenta son la dodecaédrica bipyramidal y la de prismas exágonos terminados en pirámides de seis caras, sencillos ó modificados de diferentes modos. La esfoliacion en este cuerpo no es perceptible; sin embargo, si se le calienta é introduce en agua fria se forman unas hendiduras en el sentido del romboedro primitivo.

Caractéres.

Posee la doble refraccion mirando los objetos al través de las caras que no son paralelas. Se electriza positivamente por la frotacion y conserva poco tiempo la electricidad desarrollada, siendo ademas aislante. Su densidad relativa está representada por 2,6. La fractura de los cristales es vítrea y conchoidea.



La mayor parte de los cristales de cuarzo son incoloros y diáfanos, en cuyo caso se les conoce con el nombre de *crystal de roca*. Suelen presentarse algunas veces de un color blanco lechoso, en cuyo caso son fosforescentes por la frotacion. Existen ademas algunas variedades teñidas de rosa, violeta, amarillo y de gris ahumado.

El cuarzo violado recibe el nombre de *amatista*; su color es debido á una corta cantidad de óxido de manganeso.

El cuarzo ahumado debe su color á una pequeña cantidad de betun interpuesto entre sus moléculas, el cual suele desaparecer por el calor.

El cuarzo amarillo, cuando está tallado, suele confundirse con el topacio, pero se distingue fácilmente por su densidad relativa, la cual en este último mineral está representada por 3,5.

El cuarzo rojo y el moreno amarillento estan teñidos el 1.º por el óxido de hierro y el 2.º por el hidrato de la misma base. Ambas variedades son opacas; llamándose á la primera *cuarzo hematóideo* ó jacinto de Compostela y á la segunda *cuarzo ferruginoso*.

El lustre del cuarzo hialino es vítreo bastante vivo y algunas veces ligeramente graso.

El cuarzo hialino suele asociarse con la mica amarilla la cual refleja la luz en todas direcciones y comunica al cuarzo, cuando se talla en placas y en esferas, un efecto agradable. Esta variedad de cuarzo conocida con el nombre de *venturina* es bastante rara en la naturaleza. La mayor parte de las venturinas del comercio son artificiales y compuestas de pequeños cristales tetraédricos de cobre diseminados en un esmalte de color variable. La venturina de Nantes debe su escintilacion al tejido granuloso del cuarzo que la forma, el cual refleja la luz en todos sentidos.

Yacimiento.

El cuarzo hialino se encuentra en geodas en casi todos los terrenos, aun en los calcáreos, puesto que en las canteras de mármol de Carrara existen entre otros, cristales de cuarzo sumamente notables por su transparencia y forma. Encuéntrase mas frecuentemente esta sustancia en los filones que atraviesan los terrenos antiguos, solo, ó asociado á minerales metalíferos á los cuales sirve de ganga. A pesar de la abundancia con que se encuentra el cuarzo hialino en filones, es aun mas frecuente hallarle formando parte constituyente de las ro-



cas cristalinas, tales como el granito, si bien en este caso su cristalización es confusa; sin embargo, en ciertas rocas y muy particularmente en los pórfidos cuarcíferos suelen encontrarse cristales terminados en sus dos extremidades. Por último, las pudingas y la mayor parte de las areniscas contienen granos de cuarzo hialino que proceden de la destrucción de los filones de esta sustancia y de las rocas antiguas.

En España le tenemos en los Pirineos y en las inmediaciones de la hermita de San Isidro de Madrid, bajo la forma de cantos rodados; el amarillo ó falso topacio, en Hinojosa de Duero; el rojo hematóideo ó jacinto de Compostela, en Santiago de Galicia; el ahumado en la Isla de Mallorca y el cuarzo común en todas partes.

El cuarzo hialino diáfano se empleaba antiguamente como objeto de lujo y con el cual se fabricaban copas, candelabros espejos, etc. Hoy se ha reemplazado con el cristal artificial que presenta mas diafanidad, se talla mas fácilmente y cuesta mucho menos. Sin embargo, suele emplearse todavía en la fabricación de lentes ó anteojos que tienen la ventaja de no rayarse. Cuando se destina á este uso es indispensable tallar las láminas en el sentido perpendicular al eje de cristalización, á causa de que la doble refracción que esta sustancia posee produce una doble imágen mas ó menos distinta que molesta á la vision. Esta doble refracción del cristal de roca se ha utilizado para la construcción de los micrómetros de doble imágen que se emplean en varios instrumentos de óptica.

Usos.

Las variedades teñidas, y cuyos colores son muy intensos, se emplean en la joyería.

#### Subespecie 2.<sup>a</sup>

#### *Cuarzo compacto ó cuarcita.*

El color del cuarzo compacto es gris blanquecino ó amarillento sucio, su fractura es mate, trasluciente en los cortes, y su estructura granuda compuesta de granos de cuarzo hialino unidos por un cemento silíceo. Los granos suelen ser invisibles, en cuyo caso la estructura es compacta ó pasa insensiblemente de una á otra.

Caractéres.

La cuarcita de los Alpes presenta algunas veces una fractura pseudo-regular que se aproxima á la romboidal y no po-

:



cas una estructura apizarrada por la interposicion de láminas de mica ó de talco.

Yacimiento.

Se creia que el cuarzo compacto correspondia á los terrenos primitivos, pero en el dia se admite por muchos geólogos que su formacion es neptuniana apoyándose en la regularidad de sus capas y en su asociacion con otras fosilíferas. La testura cristalina que posee, anómala á los terrenos de sedimento, acaso se deba á una accion posterior que, habiendo soldado los granos de cuarzo hialino al cemento que los unia, ha dado á la roca la estructura homogénea con que la observamos.

Usos.

La cuarcita se emplea para la construccion en los paises de montañas primitivas y de transicion, en las cuales es muy abundante.

### Subespecie 3.<sup>a</sup>

#### *Cuarzo ágata.*

Esta subespecie presenta dos variedades distintas conocidas con los nombres de *ágata basta* y *ágata concrecionada*, que es la de los lapidarios y la que mas nos interesa conocer.

Caractères.

El cuarzo ágata concrecionado se presenta en riñones, nodulos y estalactitas de colores muy variados dispuestos ordinariamente en bandas onduladas concéntricas, en cuyo caso se llama *listado*. Si estas bandas son cortas en número, de mucho espesor y de colores bien pronunciados, como por ejemplo blanco y negro, ó blanco y gris, la ágata se designa con el nombre de *onice* y es la que se emplea ordinariamente para camafeos, porque grabando las figuras sobre el fondo claro, se destacan perfectamente y producen muy buen efecto.

Cuando los colores estan mezclados de una manera irregular, reciben las ágatas el nombre de *jaspeadas* ó *herborizadas*. Las herborizaciones suelen proceder de vegetales y principalmente de confervas engastadas en su parte interior, pero las mas veces son debidas á dendritas formadas por minerales estraños.

Las ágatas de colores claros, tales como el gris de perla, gris ahumado, azulado, etc., y muy traslucientes, se llaman *calcedonias*.

Si tienen un color rojo de sangre, moreno amarillento claro, con nubes onduladas de diferentes tintas, se las conoce



con el nombre de *cornalinas*, en tanto que se llaman *sardónicas* las que poseen un color rojo moreno oscuro, ó rojo anaranjado.

Finalmente, reciben los nombres de *zafirinas*, cuando son muy traslucientes y de color azul celeste repartido con uniformidad; de *crisoprasas*, si son traslucientes y de color verde manzana claro y uniforme; de *heliótopos*, si son poco traslucientes, de color verde de puerro oscuro y manchadas con puntos rojos; de *plasmas*, si son muy traslucientes, de fractura conchoidea y de color verde prado que pasa al de puerro, y por último de *ojos de gato*, si los colores están dispuestos en círculos concéntricos, cuya disposición proviene de la forma redondeada con que se las talla.

La densidad relativa de las ágatas varía entre 2,6 y 2,7, su fractura es hastillosa que pasa á la unida, son muy traslucientes aunque siempre nebulosas y presentan algunas veces venas de muy poca translucencia que las acercan á los jaspes.

Todos los caracteres de las ágatas nos indican que su formación es posterior á la del terreno en donde se encuentran y en el cual forman filones y nódulos mas ó menos considerables. El cuarzo ágata listado se encuentra muy particularmente en las areniscas rojas, constituyendo las almendras de un amigdalóides de grandes dimensiones, cuyos nódulos tienen algunas veces mas de un pie de diámetro. En este caso el centro de los nódulos, que casi siempre está hueco, se encuentra herizado de cristales de cuarzo hialino.

Las canteras de Oberstein son las únicas que se esplotan en la actualidad y de las que se sacan casi todas las ágatas que se emplean en Europa como objeto de adorno y para la fabricación de los morteros que se usan en los laboratorios.

#### Subespecie 4.<sup>a</sup>

#### *Pedernal y piedra de molino.*

El pedernal se presenta en masas tuberculosas irregulares y aplanadas. Su color es negro, gris oscuro, gris ahumado y rubio si bien suele presentar en su superficie manchas blancas debidas á una mezcla de creta y cuarzo terroso. Su fractura es perfectamente conchoidea con hastillas anchas y mal terminadas. La forma de los fragmentos es muy aguda; esta cir-

Yacimiento  
y usos.

Caractères.



cunstancia unida á su tenacidad le hace muy apropósito para emplearle como piedra de chispa. Es menos trasparente que las ágatas y su lustre es mate ó poco brillante. Espuesto á una temperatura elevada se blanquea y disgrega, pero sin desprender agua.

El *pedernal de moler* ó *piedra de molino* se presenta de un color blanco lechoso algunas veces rojizo, opaco y sin brillo. Su estructura es careada cuyos poros unas veces estan vacíos y otras llenos de una arcilla de bastante densidad. La superficie de las cabidades suele presentar indicios de cristalización. La fractura varía con la distancia de las celdillas, siendo unida ó conchoidea cuando hay grandes intervalos entre ellas, y careada en el caso contrario.

Vacimiento.

El pedernal se encuentra en riñones en las calizas jurásicas y en la creta. En unas y otra su formacion es posterior á la del terreno, observándose ademas que el pedernal de las calizas jurásicas está mezclado con cal carbonatada. El de los terrenos cretáceos, aun cuando tambien se presenta en riñones aislados, están dispuestos ordinariamente por bandas ó capas que miradas desde cierta distancia parecen continuas. Son casi puros aun cuando su superficie suele estar recubierta con cal carbonatada.

El pedernal de moler corresponde á los terrenos terciarios y á la parte inferior de las calizas jurásicas.

Usos.

Los pedernales se emplean para la construccion de cimientos y cercas, no solo por su dureza, sino por lo bien que ligan con el mortero. Se utilizan tambien para la fabricacion de las piedras de chispa en cuyo caso es necesario labrarlas en la misma cantera.

Con el pedernal de moler se fabrican las piedras de molino, prefiriéndose el azulado siempre que tenga muchas poros, pero de poca estension, para que el grano pueda sufrir la accion de la muela sin introducirse en sus cavidades.

Eleccion y ensayo de las piedras de molino.

La eleccion de las piedras de molino exige ademas algunas otras precauciones puesto que, la mayor ó menor facilidad con que estas piedras estallan rompiéndose en pedazos que se lanzan á distancias considerables causando con frecuencia la muerte de los trabajadores, depende en el mayor número de casos de su mala calidad; si bien influyen ademas de una manera notable su mala colocacion y la velocidad con que se las hace girar. De aqui resulta la necesidad de examinar con



escrupulosidad estas piedras, ensayándolas previamente por medio de una rotacion acelerada pero practicada de modo que no pueda producir ningun accidente. Deben ademas estar cubiertas lateralmente por dos fajas de hierro fundido cuyo diámetro sea proporcionado al de la piedra y rodeadas en la superficie que mira al operario, de un aparato protector que le ponga á cubierto del choque de los fragmentos que resultan por la fractura de la muela. Esto se consigue fijando en el suelo, por medio de dos fuertes cadenas, una cubierta concéntrica con unos bordes laterales muy anchos y á cuyo aparato llama Mr. Peugeot *coraza de seguridad*, la cual preserva á la vez al operario de los fragmentos pequeños y de la humedad y lodo que la piedra esparce. Este último inconveniente se evita tambien con el uso de blusas impermeables.

**Subespecie 5.<sup>a</sup>**

*Cuarzo terroso.*

Es de color blanco; fractura mate y opaca, y se desmenuza fácilmente por la presion de los dedos, reduciéndose á polvo duro y áspero al tacto.

Caractéres.

Se encuentra este cuerpo, debajo de la capa de cal carbonatada que recubre á los riñones de cuarzo del terreno cretáceo, al través del cual se ha filtrado.

Yacimiento.

La mayor parte de los *trípolis* no son otra cosa que cuarzo terroso, que se presenta en capas producidas por la presion y cuya fractura es apizarrada y mate.

El trípoli se emplea para pulimentar los metales y muy principalmente las placas daguerrianas.

Usos.

**Subespecie 6.<sup>a</sup>**

*Cuarzo resinito.*

El color de esta sustancia es variable aunque el verdadero cuarzo resinito es siempre moreno ó verdoso; algunas veces, sin embargo, suele presentarse blanco lechoso con reflejos irisantes, cuya variedad se distingue con el nombre de *ópalo*. Los que poseen colores oscuros son opacos; los blancos lechosos ú opalinos son ó traslucientes ó transparentes; pero en

Caractéres.



ningun caso presentan indicios de cristalización. Su fractura es anchamente conchoidea y su densidad relativa varía entre 2,1 y 2,5.

Contiene 5 á 12 por 100 de agua, de modo que algunos mineralogistas le consideran como un hidrato de sílice.

Yacimiento  
y usos.

El ópalo y semiópalo se encuentran en nidos ó venas de poca potencia en los terrenos volcánicos ó de pórfido, pudiendo considerarse como el resultado de depósitos de sílice gelatinosa. Se emplean en la joyería.

### *Jaspe.*

Caractères.

El jaspe difiere de las subespecies de cuarzo de que acabamos de hablar, por su completa opacidad, aun cuando se le talle en láminas delgadas. Con frecuencia el jaspe es un pedernal que ha perdido su traslucencia por una alteracion ó por encontrarse mezclado con una cantidad de óxido rojo de hierro ó de hidrato de la misma base. Carece de lustre, pero le adquiere por el pulimento; sus colores, asi como la disposicion de estos, varían extraordinariamente y su fractura es igual, pasando algunas veces á la conchoidea y terrosa.

Sus principales variedades son:

*El jaspe listado*, cuyas bandas, listas ó venas son producidas por el óxido de hierro.

*El jaspe de Egipto*, con zonas irregulares y concéntricas de color moreno oscuro sobre un fondo amarillo oscuro mezcladas algunas veces con dendritas negras.

*El sanguíneo*, de color rojo uniforme unas veces y sembrado otras de puntos rojos.

Corren ademas en el comercio con el nombre de jaspes, unas piedras duras con bandas anchas de color oscuro moreno-rojizas y verdes. La mayor parte de estas piedras se funden al soplete en un esmalte gris, carácter que las separa del cuarzo, pudiendo considerarse como esquistos arcillosos endurecidos posteriormente.

Yacimiento.

El jaspe se encuentra en varios terrenos y muy principalmente en los de transicion. El llamado jaspe de Egipto procede de los terrenos supercretáceos de este pais.

Usos.

Se emplea el jaspe para la fabricacion de tableros de mesa, para pedestales y otros objetos de lujo.

Siempre que las sustancias silíceas, ú otras de naturaleza



diversa se encuentran reducidas á fragmentos angulosos ó redondeados aglutinados entre sí ó por una cantidad mayor ó menor de cemento que proviene por lo general de la trituración de los mismos fragmentos, constituyen las *breehas* y *pu-dingas* que difieren de las areniscas por el tamaño de los granos, y se emplean también para la fabricación de objetos de lujo, cuando sus colores son fuertes y variados, y admiten buen pulimento.

### *Areniscas y arenas de transporte.*

Se dá el nombre de areniscas á unas rocas arenáceas compuestas de granos de cuarzo hialino unidos por justa posición ó por un cemento terroso ó silíceo. En este último caso la roca presenta cierta homogeneidad y forma el tránsito á el cuarzo compacto.

Caractéres.

El color de las areniscas es ordinariamente gris claro, si bien algunas veces estan teñidas de rojo ó moreno por el óxido de hierro. Su fractura es ó granuda ó astillosa segun la finura de su grano y la naturaleza de la pasta. Su dureza es la misma que la del cuarzo, pero su tenacidad es sumamente variable y está en relacion con la naturaleza y abundancia del cemento aglutinante.

Las areniscas que se encuentran en los terrenos secundarios se usan en la construcción, aunque menos que las piedras calizas, aplicando también las variedades sólidas y tenaces á la fabricación de las piedras de afilar y al enlosado de las calles. Las variedades muy porosas, como las que se encuentran entre S. Sebastian y Guetaria, se utilizan para la fabricación de filtros.

Usos.

Los constructores aseguran que la arenisca puede emplearse en todas las posiciones sin inconveniente. Hay, sin embargo, algunas que se dividen en paralelepípedos, otras en columnas prismáticas y no pocas se descomponen por los agentes atmosféricos.

*El cuarzo arenoso ó arena* que se encuentra en los terrenos de transporte se emplea para la fabricación de los morteros. Por su origen estas arenas se dividen: 1.º en arenas de mar ó de rio; 2.º en arenas de escavacion.

Deben preferirse siempre las que no contengan materias



térreas y sobre todo arcillosas, ásperas al tacto, sonoras, de grano igual pero lo mas anguloso posible.

Si hay necesidad de emplear las térreas ó arcillosas conviene lavarlas previamente, asi como apilar en montones de tres decímetros de espesor las que se estraen del mar, con el objeto de que se laven por las aguas de lluvia; sin embargo, los esperimentos del general Treausart sobre la influencia de la sal marina para convertir la cal comun en cal mas ó menos hidráulica, exigen que se repitan las observaciones acerca de si será ó no conveniente lavar las arenas del mar, con tanta mas razon cuanta que se ha observado en algunas puntos que las cualidades de los morteros preparados con arena sin lavar, son las mismas que las de los fabricados con arena lavada.

Las arenas de escavacion, bien provengan de los depósitos formados por las aguas en el seno de la tierra ó bien de restos de montañas arrastrados por las lluvias ó por los torrentes, deben preferirse siempre á las de mar y rio, y sobre todo á las que resultan de la trituracion de las areniscas. En todos casos si las arenas estuviesen muy secas conviene humedecerlas.

Resulta de los esperimentos de Vicat que las arenas cuarzosas no aumentan indistintamente la cohesion de todas las cales. El mismo autor ha hecho esperimentos para determinar la influencia del tamaño de los granos sobre la resistencia de los morteros espuestos al aire y fabricados con la cal apagada por inmersion, y acaso tambien por los otros dos métodos que indicaremos en lo sucesivo, habiendo clasificado las arenas por el órden siguiente de superioridad.

Para las cales eminentemente hidráulicas: 1.º las arenas finas: 2.º las de grano desigual compuestas de una mezcla de arena gruesa y fina ó de esta con casquijo: 3.º la arena gruesa.

Para las cales comunes grasas y muy grasas, 1.º las arenas gruesas: 2.º las arenas mezcladas: 3.º las arenas finas.

Estos resultados de Vicat se aplican tambien á las arenas calcáreas y volcánicas.



## GENERALIDADES DE LOS METALES Y DE LAS ALEACIONES.

### METALES.

Todos los metales son sólidos á la temperatura ordinaria, á escepcion del mercurio que se solidifica á  $-59^{\circ}$ . Su color es ordinariamente el blanco-gris, si se exceptuan el oro, el cobre, y el tántalo que son amarillo-rojizos. La mayor parte son inodoros é insípidos, si bien algunos como el estaño, cobre, plomo y hierro, presentan cuando se les frota, un olor y sabor desagradables; todos, á escepcion del potasio y del sodio, poseen una densidad mayor que el agua destilada, cuya densidad aumenta generalmente por el forjado. Casi todos poseen un brillo que les es característico, el cual pierden cuando se reducen á polvo fino, pero vuelven á recobrarle cuando se les frota con un cuerpo duro.

Caractères físicos.

*Opacidad.* Los metales son en general muy opacos. El oro, sin embargo, reducido á hojas muy delgadas dá paso á una cantidad notable de luz, que presenta un hermoso color verde.

*Cristalizacion.* Todos los metales son susceptibles de cristalizar, pero no es siempre fácil colocarlos en condiciones tales que les permitan tomar formas regulares.

Las formas regulares que pueden presentar los metales son el octaedro, el cubo y sus derivados, encontrándose con frecuencia en este estado los metales nativos tales como el oro, la plata y el cobre.

La estructura cristalina de los metales influye mucho en su tenacidad, siendo muy poco tenaces y aun quebradizos todos aquellos cuya estructura cristalina es muy pronunciada.

*Dureza, elasticidad, sonoridad.* La dureza varía en los metales estraordinariamente; algunos, como el potasio y el sodio, son tan blandos como la cera, otros, como el plomo y el estaño, se dejan rayar por la uña, y finalmente, el antimonio y el hierro presentan una dureza bastante considerable. El carbono, el fósforo y el arsénico aumentan ordinariamente la dureza de los metales.

Los metales son tanto mas elásticos y sonoros cuanto mayor es su dureza.

*Maleabilidad y ductilidad.* Hay algunos metales que sometidos á la accion del mazo ó martillo se reducen con mas ó



menos facilidad á hojas ó láminas, en tanto que otros se pulverizan por el choque; á los primeros se les dá el nombre de *maleables* conociéndose los segundos con el de *quebradizos ágrios ó frágiles*.

Se reducen los metales á láminas, ya batiéndolos á martillo ya pasándolos por el *laminador*. Consiste este aparato en dos cilindros metálicos, colocados horizontalmente uno encima del otro y á los cuales se les hace girar con una velocidad igual. La distancia entre los cilindros puede ser variable, pero fijada una vez conviene conservarla, debiendo ser siempre menor que el grueso de la lámina que ha de pasar por ellos.

Algunos metales pueden estirarse y adelgazarse á la temperatura ordinaria, pero otros requieren para ello una temperatura elevada.

Durante la operacion del laminado adquieren los metales un cambio en su disposicion molecular, cambio que suele alterar notablemente sus propiedades físicas y sobre todó su maleabilidad. Se observa desde luego en ellos mayor dureza y fragilidad; y si se continuase la accion del laminador, las hojas se hendirian y romperian infaliblemente. Se dice en este caso que los metales se *han batido*. Para devolverles su primitiva ductilidad basta calentarlos hasta el rojo y dejarlos enfriar lentamente, cuya operacion recibe en las artes el nombre de *recocido*. Las moléculas bajo la influencia del calor, toman sus posiciones respectivas normales, y el metal puede someterse de nuevo á la accion del laminador.

Los únicos metales que poseen maleabilidad son los que pueden obtenerse puros y en cierto grado de agregacion; porque la presencia de ciertas materias estrañas, aun en pequeñas proporciones, altera considerablemente dicha propiedad.

Los metales conocidos por maleables y ductiles son los siguientes:

Plata.	Oro.
Cadmio.	Paladio.
Cobalto.	Platino.
Cobre.	Plomo.
Estaño.	Potasio.
Hierro.	Sodio.
Mercurio.	Zinc.
Niquel.	



*Propiedad de los metales de pasar por la hilera.* Los metales maleables tienen además la propiedad de dejarse estirar en hilos mas ó menos delgados por medio de la hilera, siempre que posean la tenacidad suficiente para resistir á la *traccion*.

La hilera no es otra cosa que una plancha de acero con varios agujeros circulares de diversos diámetros, cuyos bordes estan desbastados ó alisados. El tirado de los metales á la hilera se practica reduciéndolos previamente á varillas, cuyos diámetros son un poco mayores que el del agujero mayor de la hilera; se adelgazan estas varillas por una de sus extremidades, la cual, despues de presentarla al agujero, se coje con una tenaza y por medio de un torno se tira con fuerza hasta que haya pasado la varilla entera. Esta operacion se repite en cada uno de los agujeros de menor diámetro que siguen al primero hasta tanto que se obtenga un alambre de las dimensiones que convenga.

Lo mismo que en el laminado es preciso de vez en cuando recocer el alambre para disminuir la fragilidad que adquiere por la traccion y poder continuar las operaciones.

La lista siguiente contiene los metales colocados segun el orden de su mayor facilidad para pasar

Por el laminador.

Oro.  
Plata.  
Cobre.  
Estaño.  
Platino.  
Plomo.  
Zinc.  
Hierro.  
Niquel.

Por la hilera.

Oro.  
Plata.  
Platino.  
Hierro.  
Niquel.  
Cobre.  
Zinc.  
Estaño.  
Plomo.

*Tenacidad.* Se aprecia esta propiedad en los metales reduciéndolos á hilos de las mismas dimensiones, fijándolos á un mismo punto y suspendiendo del extremo libre un platillo que se va cargando sucesivamente con pesos mayores. El peso mínimo necesario para verificar la rotura es el que sirve para medir la tenacidad.

La tabla siguiente indica los pesos menores en kilogramos



que son necesarios para romper hilos de dos milímetros de diámetro.

Hierro....	250	Plata...	85	Niquel...	48
Cobre....	157	Oro....	68	Estaño...	16
Platino...	125	Zinc...	50	Plomo....	12

La tenacidad de los metales varía aun para uno mismo, segun su calidad, su estado de pureza y el medio empleado para labrarle. Debe tambien tenerse presente que las barras ó alambres empleados en las construcciones no deben nunca sufrir la carga límite; pues de lo contrario se alterarían pronto bajo el esfuerzo prolongado de la traccion, y al cabo de mas ó menos tiempo se romperían por cargas muy inferiores á las que fácilmente hubieran soportado en los primeros momentos.

*Conductibilidad para el calor.* El estudio de esta propiedad es de mucha importancia para algunas de las aplicaciones de los metales y muy principalmente cuando se les destina á la fabricacion de calderas ó vasos evaporatorios. La cantidad de líquido que se evapora en un tiempo dado depende necesariamente de la facultad conductora del metal que forma el vaso; pues que á igualdad de espesor, vasos del mismo tamaño fabricados con metales diferentes, dejan pasar en el mismo tiempo cantidades de calor tanto mayores cuanto mejor conductor sea el metal.

La siguiente tabla contiene los metales ordenados segun su conductibilidad:

Oro.....	200	Zinc.....	75
Plata.....	195	Estaño.....	61
Cobre.....	180	Plomo.....	56
Hierro.....	75		

Caractères  
químicos.

Hay algunos metales como el potasio y el sódio que absorven el oxígeno á la temperatura ordinaria; otros necesitan para oxidarse una temperatura bastante mas elevada; en tanto que algunos, como el oro, el platino, el paladio, el rodio y el iridio no absorven este gas, cualquiera que sea el grado de calor á que se les esponga, ni se obtienen sus óxidos sino por medios indirectos.

El aire seco obra sobre los metales de la misma manera que el oxígeno, aunque con menor energía. Si está húmedo



verifica la oxidacion con mas rapidez, en cuyo caso los óxidos se presentan hidratados y carbonatados.

El fósforo, azufre, cloro, iodo, bromo y probablemente el fluor, se combinan con todos los metales para formar fosfuros, sulfuros, etc., en tanto que el hidrógeno, carbono, boro, y nitrógeno, solo entran en combinacion con algunos de ellos, dando lugar á la formacion de hidruros, carburos, etc.

Muchos metales pueden descomponer el agua á la temperatura ordinaria, tales son el potasio, sódio, etc.; otros, como el hierro, zinc, estaño, etc., no ejercen accion sobre este liquido sino á una temperatura próxima á la del calor rojo, y por último, hay algunos como el oro y el platino que no la descomponen á ninguna temperatura.

Los ácidos favorecen algunas veces la accion del agua sobre los metales, en cuyo caso su oxígeno se une con el metal para formar un óxido, que se combina con el ácido, en tanto que el hidrógeno se desprende. Hay tambien ácidos, como el nítrico y el sulfúrico concentrados, que ceden á los metales una parte del oxígeno que entra en su composicion.

Los metales se encuentran unas veces en el estado de libertad, y otras, que son las mas, combinados con el oxígeno, azufre, cloro, etc., ó con el oxígeno y un ácido formando sales.

Estado.

Varias son las clasificaciones propuestas por los químicos para estudiar metódicamente los metales, pero la mas generalmente admitida es la de Thénard, fundada en los diferentes grados de afinidad de los metales para con el oxígeno, cuya clasificacion, con las modificaciones introducidas en ella por Regnault, es la que vamos á esponer á continuacion.

Clasificacion.

*Primera seccion.* Metales que absorven el oxígeno á la temperatura mas elevada, descomponen el agua á la temperatura ordinaria apoderándose de su oxígeno, con el cual forman óxidos alcalinos enérgicos, y dejan desprender el hidrógeno.

Están comprendidos en ella:

El *potasio, sódio, lithio, bario, estroncio y calcio.*

*Segunda seccion.* Metales que absorven el oxígeno á una temperatura muy elevada y no descomponen el agua sino entre 100 y 200,° y algunas veces al rojo oscuro.

Están comprendidos en ella:

El *glucinio, aluminio, magnesio, zirconio, thorio, itrio,*



*cerio, lantano, didimio, manganeso, urano, pelopio, niobio, erbio, therbio.*

*Tercera seccion.* Metales que absorven el oxígeno á una temperatura elevada y no descomponen el agua sino al calor rojo ó á la temperatura ordinaria por la influencia de los ácidos.

Corresponden á ella :

El *hierro, nikel, cobalto, zinc, cadmio, cromo, vanadio.*

*Cuarta seccion.* Metales que absorven el oxígeno á una temperatura elevada, descomponen el agua al calor rojo, pero no por la influencia de los ácidos, siendo ademas acidificables por el ácido nítrico, el agua regia y el nitrato de potasa.

Comprende esta seccion :

El *tungsteno, molibdeno, osmio, tántalo, titano, estaño, antimonio.*

*Quinta seccion.* Metales que no descomponen el vapor acuoso sino lentamente y á una temperatura muy elevada; sus óxidos no se reducen por el calor: Forman esta seccion :

El *bismuto, plomo y cobre.*

*Sesta seccion.* Están comprendidos en ella los metales llamados nobles, que no descomponen el agua, y cuyos óxidos son reducibles por el calor. Tales son:

El *mercurio, plata, rhodio, iridio, paladio, ruthenio, platino y oro.*

Regnault, para fundar su clasificacion, ha operado calentando los metales químicamente puros en una corriente de vapor acuoso. No teniendo segun él, el arsénico y el telurio accion manifiesta sobre el agua, coloca estos dos cuerpos entre los metalóides, con los cuales tienen una analogía bastante grande.

Atendiendo á sus aplicaciones podemos tambien dividir los metales en dos grandes secciones.

Corresponden á la primera los metales que se alteran pronto por el contacto del aire, á causa de su mucha afinidad para con el oxígeno, y no pueden por consiguiente emplearse en las artes en el estado metálico. Tales son los siguientes:

Potasio.	Magnesio.	Cerio.
Sodio.	Glucinio.	Lantano.
Litio.	Aluminio.	Didimio.
Bario.	Zirconio.	Erbio.
Estroncio.	Torio.	Terbio.
Calcio.	Itrio.	



La mayor parte de estos metales combinados con los metalóides suministran productos importantes á las artes, como veremos al tratar del potasio, sodio, magnesio, calcio y aluminio.

Corresponden á la segunda seccion los metales que, no teniendo para con el oxígeno una gran afinidad, son muy poco alterables por nuestra atmósfera á la temperatura ordinaria. Tales son los siguientes :

Manganeso.	Cobre.	Antimonio.
Hierro.	Plomo.	Urano.
Cobalto.	Bismuto.	Plata.
Niquel.	Mercurio.	Oro.
Cromo.	Estaño.	Platino.
Tungsteno.	Titano.	Paladio.
Molibdeno.	Tántalo.	Rodio.
Vanadio.	Niobio.	Iridio.
Zinc.	Ilmenio.	Rutenio.
Cadmio.	Pelopio.	Osmio.

Para que los metales comprendidos en esta seccion puedan recibir aplicacion real en las artes, es indispensable que posean cierto grado de maleabilidad y tenacidad, sin cuyas propiedades no seria posible trabajarlos ni darles la forma conveniente.

Esta circunstancia, y la poca abundancia con que se encuentran en la naturaleza las sustancias de las que muchos de ellos se extraen, limitan notablemente el número de los metales que de esta seccion pueden utilizarse con ventaja. El hierro, manganeso, niquel y cobalto presentan, por ejemplo, en el estado metálico propiedades igualmente útiles; pero siendo el hierro mucho mas abundante en la naturaleza y de mas fácil extraccion de los minerales que le contienen, será por lo tanto preferible á los tres restantes, cuando pueda destinársele á los mismos usos. El manganeso, mas oxidable que el hierro, se altera con mas rapidez en el aire, siendo esta una razon mas para preferir el hierro. El niquel y el cobalto son, por el contrario, menos oxidables y poseen ademas una ductilidad y tenacidad comparables con las del hierro, al cual reemplazarian en muchas ocasiones, si pudieran obtenerse á menos precio.



Los metales quebradizos no se emplean en estado metálico; frecuentemente se les combina con los metales maleables, obteniéndose por este medio aleaciones que presentan propiedades físicas particulares.

Los metales que gozan de una maleabilidad suficiente para ser empleados en el estado metálico son :

Manganeso.	Zinc.	Mercurio.	Platino.
Hierro.	Cadmio.	Estaño.	Paladio.
Cobalto.	Cobre.	Plata.	Iridio.
Niquel.	Plomo.	Oro.	

Entre estos hay muchos que no han recibido ninguna aplicación industrial, ya por ser sus minerales raros y de un tratamiento difícil, ya por tener propiedades semejantes á las de otros metales que se obtienen mas fácilmente y con menos gastos.

#### ALEACIONES.

Caractères físicos.

Las aleaciones son unos compuestos, algunas veces definidos, que participan de la mayor parte de las propiedades físicas comunes á los metales que las constituyen. Todas son sólidas á escepcion de la formada por tres partes de potasio y una de sódio, y las amalgamas en las que predomina el mercurio. Son mas duras y menos ductiles que los metales que las componen, y su densidad es unas veces mayor y otras menor que la de los elementos metálicos de que están formadas. Sometidas á la acción del calor, se funden con mas facilidad que el metal menos fusible que entra en su composición. Las aleaciones que contienen metales volátiles, se descomponen en todo ó en parte cuando se las espone á una temperatura elevada; así se observa que las amalgamas pierden enteramente el mercurio que contienen, en tanto que las aleaciones de arsénico, potasio, telurio, etc., solo se descomponen parcialmente. La separación puede tambien verificarse por *licuación*, siempre que los metales que forman la aleación se fundan á diferentes temperaturas. Si el punto de fusión de estos metales es el mismo, ó se aproxima mucho para que puedan separarse por este medio, es indispensable alearlos con otro me-



tal que sea mas fusible que cada uno de ellos, para que, retardando la fusion del uno, deje al otro en libertad.

Esta operacion es la que se practica en la explotacion de los minerales de cobre argentífero, á los cuales se les añade una cantidad de plomo que se combina con la plata, de la cual se separa despues por la copelacion.

El oxígeno y el aire actúan con mas facilidad sobre las aleaciones que sobre los metales aislados, oxidándolas algunas veces al máximum. Este fenómeno debe atribuirse al aumento de afinidad por el oxígeno que resulta de la tendencia que tiene uno de los óxidos á combinarse con el otro. Si uno de los metales es oxidable y el otro no, como sucede en la aleacion de plata y plomo, podemos emplear la oxidacion para separarlos.

Caractères químicos.

Muchas de las aleaciones se encuentran ya formadas en la naturaleza. Para obtenerlas en los laboratorios se funden los metales en un crisol, cuidando de agitar la mezcla y vertiéndola despues en moldes apropiados.

Estado y preparacion.

Las aleaciones tienen aplicaciones frecuentes á las artes, de las cuales nos ocuparemos al tratar de cada aleacion en particular.

Usos.

## † GENERALIDADES DE LOS OXIDOS METALICOS.

Se da el nombre de óxidos metálicos á los compuestos que resultan de la combinacion del oxígeno con los metales. Los antiguos los llamaban *cales metálicas*, y los consideraban como metales desprovistos de flogisto. Su historia comenzada por Lavoissier se ha completado por otros muchos químicos, entre los que merecen citarse Dawy y Berzelius.

Historia.

Los óxidos metálicos se dividen en las cuatro clases siguientes: 1.<sup>a</sup> *óxidos básicos*; 2.<sup>a</sup> *óxidos ácidos* (ácidos metálicos); 3.<sup>a</sup> *óxidos indiferentes*; 4.<sup>a</sup> *óxidos salinos*.

Clasificacion.

Los óxidos básicos pertenecen á los metales de la primera seccion, y se reconocen fácilmente por la propiedad que tienen de enverdecer el jarabe de violetas, de volver el color azul á la tintura de tornasol enrojecida por un ácido y cambiar en rojo el color amarillo del papel de curcuma.

Los óxidos ácidos poseen las propiedades de los ácidos metaloideos; neutralizan las bases con las que forman sales y



cuando son solubles enrojecen la tintura de tornasol, tales son los ácidos crómico, antimónico, etc.

Los óxidos indiferentes son los que no se combinan ni con los ácidos ni con las bases; sirvan de ejemplo los bióxidos de bario, calcio, y manganeso.

Los óxidos salinos son los que resultan de la combinación de dos óxidos de un mismo metal, de los que el mas oxigenado hace veces de ácido y el menos oxigenado de base: sirvan de ejemplo, el óxido de hierro magnético  $\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}^{\text{I}}$ , que puede considerarse como una combinación entre el sesquióxido  $\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}^{\text{II}}$ , que hace veces de ácido, y el protóxido  $\text{FeO}$ , que funciona como base. En el mismo caso se encuentra el minio  $\text{Pb}^{\text{IV}}\text{O}^{\text{II}}$ , compuesto de  $\text{PbO}^{\text{II}}$  ácido plúmbico, y  $\text{PbO}$  protóxido de plomo.

Caractères físicos.

Todos los óxidos son sólidos, quebradizos y sin lustre, cuando están en polvo. Carecen de olor y sabor si se exceptúan el de osmio, los que corresponden á los metales de la segunda seccion y los solubles. Son mas pesados que el agua y menos que el metal que los forma, á no ser que sea el potasio y el sódio.

El calor reduce completamente los óxidos de los metales de la sexta seccion. Ninguno de los otros puede reducirse enteramente, y solo algunos ácidos metálicos como el férrico, mangánico, plúmbico y varios peróxidos como el de manganeso y cobre, pierden una parte de su oxígeno cuando se eleva su temperatura. Casi todos los óxidos metálicos son fijos, y la mayor parte necesitan una temperatura muy elevada para fundirse.

La pila descompone todos los óxidos menos los de los metales térreos, en cuyo caso el oxígeno se desprende por el polo positivo y el metal reducido se dirige al polo negativo. Cuando el metal se puede amalgamar, se facilita notablemente la descomposición del óxido empleando el mercurio, como veremos al tratar de la preparación del potasio.

Caractères químicos.

Algunos protóxidos como los de hierro, cobalto y manganeso, absorven el oxígeno á la temperatura ordinaria cuando están hidratados, otros como los de potasio, bario, etc., solo absorven este gas á una temperatura elevada, existiendo varios otros que, espuestos al contacto del aire, absorven además el ácido carbónico que contiene este fluido.

El hidrógeno reduce á una temperatura elevada los óxidos



de los metales de las cuatro últimas secciones, á escepcion del óxido de manganeso y cromo, convirtiendo además en protóxidos á los peróxidos de las dos primeras y al de manganeso.

Los óxidos reducidos por el hidrógeno abandonan siempre el metal perfectamente puro, siendo este el medio de que nos servimos con preferencia en los laboratorios para preparar los metales.

El carbono descompone, á una temperatura mas ó menos elevada, todos los óxidos metálicos menos los térreos ó de la segunda seccion y los alcalino-térreos. De la accion del carbono sobre los óxidos resulta ácido carbónico ú óxido de carbono, segun la cantidad de carbono empleada y la afinidad del metal para con el oxígeno.

El cloro descompone á la mayor parte de los óxidos metálicos á una temperatura elevada, combinándose con el metal y desalojando el oxígeno.

Si los óxidos que se someten á la accion de este metaloide están disueltos ó simplemente suspendidos en el agua, forma con ellos cloruros metálicos, cloratos ó hipocloritos, segun la concentracion de las disoluciones y la cantidad de cloro empleada.

La accion del bromo y del iodo sobre los óxidos metálicos es idéntica á la que ejerce el cloro sobre estos compuestos.

El fósforo, á una temperatura elevada actua sobre casi todos los óxidos, y produce un fosfato y un fosfuro. Si la accion se verifica en presencia del agua, se forman ademas con los óxidos alcalinos y alcalino-térreos un hipofosfito metálico, y fosfuro de hidrógeno libre que se desprende.

La accion del azufre es parecida á la del fósforo y vá generalmente acompañada de un desprendimiento de calórico y luz. La potasa, sosa, barita y cal forman con este metaloide, á una temperatura poco elevada, polisulfuros é hiposulfitos; pero si el calor es mayor, los hiposulfitos se trasforman en sulfatos.

El agua disuelve los óxidos de los metales de la primera seccion. Los protóxidos de hierro, manganeso y estaño, la descomponen á una temperatura muy elevada, apoderándose de su oxígeno; en tanto que los peróxidos de potasio, sodio, bário, estroncio y calcio, son descompuestos por este líquido, trasformándose en protóxidos y disolviéndose en él.



La mayor parte de los óxidos metálicos pueden combinarse con el agua para formar unos compuestos salinos llamados *hidratos*, en los que el agua hace las veces de ácido, y cuya composición es tal, que la cantidad de oxígeno del agua es igual á la cantidad de oxígeno que tiene el óxido.

Estas combinaciones se verifican generalmente con desprendimiento de calor, como se observa en la hidratación del óxido de calcio, durante la cual se eleva la temperatura hasta 300°.

De la acción de los metales sobre los óxidos puede resultar:

- 1.° Reducción del óxido y oxidación del metal.
- 2.° Oxidación de parte del metal empleado y una aleación.
- 3.° Reducción de una parte del óxido y combinación de la otra parte con el nuevo óxido formado.
- 4.° Transformación del óxido empleado en otro inferior, que ó queda libre, ó se combina con el óxido formado.

Estado.

Pocos son los óxidos metálicos que nos presenta la naturaleza en el estado de libertad, encontrándose por el contrario con bastante abundancia, ó combinados entre sí, ó con los ácidos formando sales.

Preparación.

Varios son los medios que podemos emplear para preparar los óxidos metálicos en los laboratorios; nosotros solo citaremos los mas principales.

1.° Calentando los metales en contacto del oxígeno ó del aire; de este modo se preparan los óxidos de plomo, zinc, cobre, etc.

2.° Tratando los metales por cuerpos que puedan prestarles oxígeno, tales como el ácido nítrico, el nitrato de potasa y el clorato de la misma base.

3.° Calcinando los nitratos y carbonatos, y algunas veces los oxalatos y sulfatos.

4.° Descomponiendo las sales metálicas solubles por la potasa, la sosa ó el amoníaco. Los óxidos preparados por este procedimiento se obtienen casi siempre hidratados.

5.° Haciendo hervir en agua un carbonato soluble con un óxido que forme una sal insoluble con el ácido carbónico.

6.° Tratando algunos óxidos hidratados ó en disolución, por el agua oxigenada en cuyo caso conseguimos sobreoxidarlos.



## GENERALIDADES DE LAS SALES.

Se dá el nombre de *sal* á la combinacion de un ácido con una base salificable. Esta definicion, establecida la primera vez por Lavoissier, no es la mas adecuada, especialmente despues del descubrimiento de los hidrácidos. En efecto, considerando Berzelius que cuando se pone en contacto un hidrácido con un óxido metálico, se forma siempre un cuerpo binario con las mismas propiedades, y aun en muchos casos con las mismas reacciones que las sales, ha dado al nombre de sal una estension mucho mayor, dividiéndolas además en *binarias* y *ternarias*.

Definicion.

El mismo químico ha propuesto llamar sales *haloidas* á los compuestos binarios que resultan de la accion de los hidrácidos sobre las bases, tales son los cloruros, bromuros, sulfuros, ioduros, cianuros, y fluoruros, dando por el contrario el nombre de sales *anfidas* á los compuestos ternarios que resultan de la combinacion de dos cuerpos binarios, como un ácido con un óxido, un sulfuro básico con otro ácido, etc.

Se dice que un ácido ha sido saturado por una base, cuando, puestos en contacto con las precauciones necesarias, pierden ambos sus propiedades características. El compuesto que resulta recibe el nombre de sal *neutra* si no enrojece ni enverdece las tinturas azules de los vegetales, *ácida* si las enrojece, y finalmente, *básica* si cambia en verde el color de estos reactivos.

Fenómenos de saturacion.

De lo dicho se infiere, que para juzgar de la neutralidad de la sales nos servimos de las modificaciones que experimentan las materias colorantes, especialmente la tintura de tornasol y el jarabe de violetas, por la accion de los ácidos y las bases.

Sucedee, sin embargo, que la sal llamada neutra enrojece la tintura, siempre que el ácido es enérgico y la base débil, ó la enverdece en el caso contrario. Asi, pues, el ácido sulfúrico que forma con la potasa, sosa y amoniaco sulfatos neutros á los reactivos colorados, produce sulfatos ácidos á los mismos reactivos, cuando se combina con bases débiles, tales como el peróxido de hierro, el óxido de cobre y el de aluminio.

No pudiendo, pues, servirnos de las tinturas, como se ve por lo que acabamos de decir, para determinar la neutralidad



en la numerosa serie de las sales, se ha convenido en llamar neutras á todas las que tengan una composicion análoga á las sales de potasa que no alteran los colores vejetales. Combinando con las precauciones necesarias el ácido sulfúrico y la potasa, se obtiene una sal neutra, cuya composicion se espresa por la fórmula  $KO, SO^5$ . Ahora bien, todas las sales formadas por el ácido sulfúrico en las que el oxígeno del ácido sea triple del de la base, se deben considerar como neutras, ya sea que enrojezcan ó ya que enverdezcan los colores vejetales. Asi, pues, los sulfatos de cobre y de mercurio, aun cuando enrojezcan la tintura de tornasol, son neutros si se representan por las fórmulas  $CuO, SO^5$  y  $HgO, SO^5$ .

Lo dicho respecto á los sulfatos se aplica de la misma manera á los demas géneros de sales; asi, admitiendo como neutro el nitrato de potasa, cuya fórmula es  $KO, NO^5$ , deberán considerarse tambien como neutras todas las demás sales de este género que ofrezcan una composicion análoga, ó en las que la cantidad de oxígeno de la base sea á la cantidad de oxígeno del ácido ::1:5.

Una vez determinada esta relacion en las sales neutras, será necesario llamar sales ácidas á aquellas en las que la cantidad de ácido sea mayor que la contenida en la sal neutra, llamando por el contrario sales básicas á las que se encuentren en el caso opuesto.

Clasificacion.

Las sales son de una misma *especie* cuando están formadas de las mismas bases y de los mismos ácidos en proporciones idénticas, los *géneros* están formados por la reunion de las especies que tienen un mismo ácido; y por último las *familias* se pueden formar por la reunion de los géneros que tengan entre sí mucha analogía.

Composicion.

Todas las sales de un mismo género, y en el mismo estado de saturacion, están compuestas de tal manera, que la cantidad de oxígeno del ácido y la del oxígeno del óxido están entre sí en una relacion sencilla, de modo que el oxígeno del uno es un múltiplo por un número entero del oxígeno del otro; en efecto, se sabe:

Que el car-	}	Acido carbónico. 100 que contiene 72,32 oxígeno.
bonato de plo-		
mo está forma-		
do de . . . . .		Protóxido de plomo. 106,06 que contiene 36,29 oxígeno.



Que el carbonato de sosa está compuesto de. . . . .

{	Acido carbónico. 100 que contiene 72,32 oxígeno.
	Protóxido de sodio. 141,387 que contiene 36,15 oxígeno.

De donde resulta, que la relacion entre la cantidad de oxígeno del ácido y la de la base, es en los carbonatos la de 2:1.

Haciendo una observacion análoga con los demas géneros de sales, veremos que esta relacion en los sulfatos es la de 3:1, en los nitratos de 5:1, etc., etc.

La mayor parte de las sales son sólidas y susceptibles de cristalizar; su color varía con la naturaleza de la base y la del ácido; asi se observa, que cuando una y otro carecen de color, las sales son incoloras; que si los óxidos y los ácidos le tienen, las sales participan de él, como se observa en las de hierro, cobre, etc., y en las formadas por los ácidos crómico, permangánico, etc. El sabor de las sales es con frecuencia característico y depende unas veces del de la base, como se observa en las de alúmina y plomo, y otras de el del ácido, como puede notarse en los sulfitos, cianuros, etc.

Caracteres físicos.

El calor ejerce sobre las sales una accion que varía con la naturaleza del ácido y de la base; cuando contienen agua de cristalización experimentan fácilmente la *fusión acuosa*, pero si continuamos elevando la temperatura, el agua de cristalización se volatiliza, se desecan y sufren otra nueva fusión llamada *ígneas*. Si el agua está solamente interpuesta, al evaporarse esta por la accion del calor, separa las moléculas de la sal produciendo un ruido que se conoce con el nombre de *crepitation*.

La electricidad voltáica descompone todas las sales con tal que esten disueltas ó humedecidas; el ácido se dirige al polo positivo y la base al negativo, pudiendo tambien suceder, si la pila es fuerte, que se reduzca el óxido metálico por la influencia de la corriente, en cuyo caso el metal reducido pasa al polo negativo, en tanto que el ácido y el oxígeno de la base pasan al polo positivo.

Todas las sales cuya base es la potasa, sosa y amoniaco son solubles; á no ser que contengan un exceso de ácido insoluble; lo son asimismo todas las que tienen un exceso de ácido soluble, y finalmente, son insolubles ó poco solubles en general, las que contienen un exceso de base, á no ser que esta

Caractères químicos.



sea soluble. La temperatura influye notablemente en la cantidad de sal que el agua puede disolver, aumentando esta á medida que aquella es mayor; sin embargo, hay algunas sales, tales como el carbonato de magnesia y el sulfato de sosa, que se encuentran en el caso contrario.

Hay algunas sales muy solubles que, espuestas á la accion del aire, atraen la humedad de este fluido y pasan al estado líquido, en tanto que otras le ceden toda ó parte del agua que contienen, reduciéndose á polvo y perdiendo su transparencia: las primeras se llaman *delicuescentes* y las segundas *eflorescentes*.

Cuando se introduce en una disolucion salina correspondiente á los metales de las cuatro últimas secciones un metal de las mismas, cuya afinidad por el oxígeno sea mayor que la correspondiente al contenido en la disolucion, el metal introducido sustituye en general al de la sal, el cual se precipita con prontitud adhiriéndose al metal precipitante, presentando en algunas ocasiones una forma regular.

La cristalización metálica mas notable es la llamada *árbol de Saturno*, el cual se obtiene llenando casi completamente un frasco de cuello ancho con agua que contenga  $\frac{1}{30}$  en peso de acetato ácido de plomo. Se introduce en esta disolucion una lámina de zinc, suspendida por alambres de laton únididos al corcho que sirve de tapa al frasco, cuidando de que algunos de estos alambres esten mas bajos que la lámina; poco tiempo es necesario para que el zinc y los alambres se recubran de láminas brillantes de plomo, y en tanto número que concluyen por llenar casi enteramente el frasco.

Si el metal precipitante es el mercurio, y el precipitado es la plata, la cristalización que se obtiene está formada por una amalgama de plata, y se conoce con el nombre de *árbol de Diana*.

La accion de los metaloides y de los ácidos sobre las sales, y la de unas sobre otras depende de la naturaleza del ácido y por consecuencia varía para cada uno de los géneros.

Estado y preparacion.

Muchas sales se encuentran formadas en la naturaleza, pero la mayor parte se preparan en nuestros laboratorios, para lo cual se emplean varios procedimientos que pueden reducirse á los cuatro siguientes:

1.º Combinando directamente un óxido con un ácido; 2.º tratando los carbonatos por los ácidos; 3.º tratando en frio ó



á una temperatura algo elevada un metal por un ácido; 4.º por doble descomposicion.

Muchas de las sales tienen aplicaciones inmediatas en las artes y en la medicina; pero no siendo posible tratar de todas ellas en las nociones elementales que nos ocupan, al describir los metales en particular, daremos á conocer las de mayor uso.

Usos.

### CARACTERES DE LOS GENEROS A QUE CORRESPONDEN LAS SALES DE MAYOR USO.

**CLORUROS.** Todos los cloruros son solubles en el agua á excepcion del de plata y el protocloruro de mercurio; resisten á la accion de una temperatura elevada menos los de oro, platino y varios otros de la última seccion, que se descomponen desprendiendo el cloro y dejando aislado el metal; algunos, como los alcalinos, se funden y no pocos se volatilizan.

Tratados por el ácido sulfúrico se descomponen y dejan desprender ácido clorhídrico. El ácido nítrico á una temperatura elevada, verifica tambien la descomposicion de los cloruros, dando lugar á la formacion del agua regia. Puestos en contacto con el peróxido de manganeso y el ácido sulfúrico desprenden cloro, y finalmente, tratada su disolucion por el nitrato argéntico produce un precipitado blanco parecido á la leche cortada, insoluble en el agua, poco soluble en los ácidos y perfectamente soluble en el amoniaco.

**MONOSULFUROS.** Los monosulfuros resisten en general á la accion del fuego cuando son anhidros, algunos sin embargo dejan desprender una parte de azufre, cuando se eleva suficientemente la temperatura, y otros, como los de oro y platino, se reducen al estado metálico.

Los monosulfuros alcalinos son solubles en el agua, su sabor es sulfuroso y presentan una reaccion alcalina; espuestos al aire esparcen un olor á hidrógeno sulfurado, y si están disueltos, adquieren un color amarillo, pasan al estado de polisulfuros y acaban por trasformarse lentamente en hiposulfitos.

Forman con las sales de las cuatro últimas secciones precipitados de colores diversos, que nos sirven con frecuencia de caracteres para reconocer los metales, y finalmente, tratados por los ácidos se descomponen, desprendiendo ácido sulfhídrico sin dejar depósito alguno de azufre.

Los sulfuros de plomo, antimonio y plata, se descompo-



nen por el hierro y otros metales, cuya reaccion proporciona á las artes el medio de extraer los metales de sus respectivos sulfuros.

**FLUORUROS.** Tratados por el ácido sulfúrico concentrado producen vapores ácidos que atacan al vidrio. Los fluoruros solubles no precipitan por el nitrato argéntico.

Calentados con una mezcla de sílice y de ácido sulfúrico, concentrado producen fluoruro de silicio, el cual en contacto del agua deja un depósito de sílice gelatinosa.

**NITRATOS.** Todas las sales pertenecientes á este género son solubles en el agua y se descomponen á una temperatura elevada. Los unos desprenden en un principio oxígeno y se convierten en nitritos, los que á su vez, aumentando el calor, abandonan la base desprendiendo mas oxígeno, nitrógeno, ó bióxido de nitrógeno; otros desprenden oxígeno, ácido hiponítrico ó ácido nítrico hidratado y abandonan la base, la cual se sobreoxida ó reduce, segun sea ó no susceptible de alteracion.

Todos los nitratos deflagran al fuego, desprenden ácido nítrico cuando se tratan por el ácido sulfúrico á la temperatura ordinaria, forman agua régia cuando se calientan con el ácido clorhídrico, y puestos en contacto con el ácido sulfúrico concentrado y limaduras de cobre desprenden bióxido de nitrógeno, que produce vapores rojos en contacto del aire.

Por último, el oxígeno del ácido en los nitratos neutros es quintuplo del de la base.

**SULFATOS.** Todos los sulfatos, á escepcion de los alcalinos y los de magnesia y plomo, se descomponen al fuego, dando por resultado de su descomposicion ácido sulfuroso, oxígeno y mas ó menos cantidad de ácido sulfúrico anhidro que se desprende, en tanto que el óxido puesto á descubierto, ó no experimenta alteracion, ó absorbe el oxígeno y se sobreoxida, ó finalmente, le pierde y se reduce al estado metálico.

El carbon descompone á todos los sulfatos, convirtiendo á los de las dos primeras secciones, menos al de magnesia y alúmina, en monosulfuros si la temperatura se lleva hasta el rojo blanco, y en polisulfuros mezclados con los óxidos, si la temperatura es inferior. Los sulfatos de las cuatro últimas secciones, tratados del mismo modo, producen frecuentemente ácido carbónico, óxido de carbono, ácido sulfuroso, sulfuro de carbono, un sulfuro metálico y algunas veces metal reducido.



Todos los sulfatos son solubles en el agua si se exceptúan los de barita y plomo; tratados por las sales de barita producen un precipitado blanco, insoluble en el agua y en los ácidos nítrico y clorhídrico, el cual, calcinado con el carbon, se trasforma en un sulfuro que desprende hidrógeno sulfurado cuando se pone en contacto con el ácido clorhídrico.

En los sulfatos neutros el oxígeno del ácido es al oxígeno de la base ::3:1.

**CARBONATOS.** Todos los carbonatos son insolubles en el agua, si se exceptúan los de potasa, sosa, lithina y amoniaco; algunos, sin embargo, como los de cal y barita pueden disolverse por un exceso de ácido carbónico.

El calor descompone todos los carbonatos, excepto los de potasa, sosa y lithina; tratados por el ácido clorhídrico se descomponen con una efervescencia mas ó menos rápida, dejando desprender un gas incoloro é inodoro, que recogido en agua de cal tiene la propiedad de formar un precipitado blanco, soluble en un exceso de ácido carbónico.

En los carbonatos neutros la relacion entre el oxígeno del ácido y el de la base es ::2:1.

Los bicarbonatos se distinguen fácilmente de los carbonatos neutros porque no precipitan las sales de magnesia.

**FOSFATOS.** Los fosfatos alcalinos son solubles en el agua, los demas no se disuelven sino á favor de un ácido. Los bifosfatos térreos calentados á una temperatura elevada con el carbon producen fósforo.

Resisten á una temperatura elevada excepto los formados por óxidos reductibles.

Calentados con el potasio en un tubito de vidrio, se transforman en un fosfuro alcalino que descompone el agua produciendo hidrógeno fosforado.

Tratados por el nitrato de plomo producen un precipitado de fosfato de plomo fusible al soplete en un boton que se solidifica por el enfriamiento y adquiere un aspecto cristalino.

**BORATOS.** Los boratos alcalinos son solubles en el agua y presentan constantemente una reaccion alcalina, los demas ó son insolubles ó se disuelven en corta cantidad. Resisten por lo general, á temperaturas muy elevadas y producen por la fusion un vidrio trasparente; sin embargo, como el ácido bórico se volatiliza á la temperatura del rojo blanco, pueden los bo-



ratos perder su ácido, cuando se prolonga por mucho tiempo la acción del fuego.

Los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico descomponen los boratos en presencia del agua, separando el ácido bórico, el cual comunica á la llama de alcohol un color verde.

El ácido bórico se combina con las bases en varias proporciones. Se consideran como neutros aquellos en que el oxígeno de la base está con el del ácido en la relación de 1:6.

**SILICATOS.** Los silicatos alcalinos con exceso de base son los únicos que el agua puede disolver. Los insolubles se descomponen cuando se les funde con tres ó cuatro veces su peso de potasa ó sosa cáusticas en un crisol de plata.

Tratado el residuo por un ácido, evaporándole hasta sequedad y calentándole hasta  $150^{\circ}$  ó  $200^{\circ}$ , abandona la sílice como insoluble.

Los silicatos, cuyas bases son irreductibles por el calor, aguantan una temperatura muy elevada sin descomponerse, si bien generalmente se funden, verificándose este fenómeno con tanta mas facilidad cuanto mayor sea el número de bases que esten unidas al ácido silícico.

Los silicatos son muy abundantes en la naturaleza, puesto que constituyen las rocas de los terrenos primitivos. En general se consideran como neutros aquellos cuyos ácidos contienen tres veces tanto oxígeno como el óxido.

#### POTASIO.

Historia.

Este metal fué descubierto por Dawy en 1807; pero sus propiedades han sido estudiadas por Gay-Llussac y Thenard, que fueron los primeros que dieron á conocer un método sencillo para preparar tan interesante cuerpo.

Caracteres.

El potasio es sólido á la temperatura ordinaria, tiene brillo metálico parecido al de la plata mate; pero espuesto al aire se empaña y adquiere un color gris azulado. Es tan blando como la cera, y su densidad está representada por 0,865.

Se funde á  $58^{\circ}$ , y se volatiliza á una temperatura mas elevada produciendo un vapor verde. Tiene una afinidad tan grande para con el oxígeno, que puesto en contacto del aire atmosférico á la temperatura ordinaria, se oxida inmediatamente. Si el experimento se hace á una temperatura elevada, arde con rapidez y se trasforma en óxido de potasio.



Descompone el agua á la temperatura ordinaria apoderándose de su oxígeno, y produciendo un desarrollo de calor tan considerable, que es capaz de inflamar el hidrógeno á medida que se desprende.

Se obtiene descomponiendo el hidrato de potasa por una pila de 159 pares. Por este procedimiento se obtienen porciones muy pequeñas de potasio: si quisiéramos preparar cantidades mayores, sería necesario reducir la potasa por el hierro ó descomponer el carbonato potásico por el carbon en aparatos convenientemente dispuestos.

Preparacion.

### HIDRATO DE PROTOXIDO DE POTASIO, KO, HO.

Este cuerpo conocido tambien con el nombre de *pedra de cauterio* es sólido, de color blanco, untuoso al tacto y de una densidad mayor que la del agua.

Caracteres.

Altera inmediatamente la piel, destruye casi todas las sustancias animales, como los pelos, la seda, etc., y saponifica los cuerpos grasos.

Se funde á una temperatura inferior á la del rojo, y se volatiliza despues, produciendo vapores blancos.

Atrae con fuerza la humedad del aire, y se liquida combinándose despues con el ácido carbónico contenido en la atmósfera.

Absorve el oxígeno á una temperatura elevada, y se transforma en peróxido, el cual permanece mezclado con un exceso de protóxido.

Estado.

La potasa es muy abundante en la naturaleza. Se encuentra combinada con los vegetales formando las sales orgánicas, que por la calcinacion producen el carbonato de potasa que se estraee de sus cenizas.

Para preparar este cuerpo se disuelve una parte de carbonato de potasa puro en diez ó doce partes de agua, se coloca la disolucion en un perol de hierro, y se eleva la temperatura hasta que el líquido entre en ebullicion, cuidando de añadirle en pequeñas porciones una lechada de cal que contenga un peso de este cuerpo próximamente igual al del carbonato empleado. Luego que se haya verificado la descomposicion completa del carbonato de potasa, se filtra el líquido para separar el carbonato de cal, y se evapora hasta sequedad en una cápsula de plata, elevando despues la temperatura hasta

Preparacion.



que la materia entre en fusion para vaciarla sobre planchas de hierro colado, ú en moldes cilindricos compuestos de dos partes que pueden separarse una de otra, luego que la potasa se haya solidificado.

Preparada la potasa por este procedimiento no puede considerarse como pura, á menos que no lo fuese el carbonato empleado, lo que sucede rara vez.

Para purificar el producto obtenido es necesario tratarle por una cantidad de alcohol á  $55^{\circ}$  que represente próximamente  $\frac{1}{3}$  de la potasa primitiva, el cual solo disuelve el hidrato de potasa, y separa la disolucion de los sulfatos, cloruros y carbonatos que le acompañan.

Se recoje la parte superior del alcohol, que es la mas teñida, se destila hasta reducirla á los dos tercios para aprovechar el alcohol, y se evapora el residuo hasta sequedad, fundiéndole despues y reduciéndole á cilindros, de la manera que hemos indicado. En este caso constituye la potasa llamada alcohólica, ó el hidrato de protóxido de potasio casi completamente puro.

Usos.

El hidrato de potasa no solo es un excelente reactivo, sino que se emplea ademas para la preparacion de varios óxidos, para fabricar el jabon blando, y en medicina como cauterizante.

#### *Caractéres distintivos de las sales de potasa.*

Todas las sales de protóxido de potasio son solubles en el agua, y se reconocen empleando los reactivos siguientes:

*Acido tártrico.* Precipitado blanco cristalino, que es un bitartrato potásico.

*Sulfato de alumina.* Precipitado blanco de forma octaédrica.

*Bicloruro platinico.* Precipitado amarillo de cloruro doble de platino y potasio.

**NITRATO DE POTASA. KO, NO<sup>5</sup>.**

**Sinonimia.**—*Salitre.*—*Nitro.*

Caractéres.

El nitrato de potasa es blanco, inodoro, de sabor fresco y picante.



Cristaliza en prismas estriados de seis caras, terminados en pirámides exaedras, y su densidad relativa está representada por 1,933.

El nitrato de potasa es inalterable al aire, al menos que no contenga este una gran cantidad de vapor acuoso. Se funde á 300° próximamente, y se convierte despues de frio en una masa blanca, compacta, que se conoce con el nombre de cristal mineral. Si se eleva aun mas la temperatura pierde un tercio de oxígeno y se trasforma en nitrito; finalmente, á la temperatura del rojo blanco se descompone tambien el nitrito en nitrógeno y oxígeno; dejando por residuo una mezcla de potasa y peróxido de potasio.

Si se mezclan tres partes de nitro con dos de potasa y una de azufre, resulta una pólvora que detona con violencia, cuando se calienta en una cuchara de proyeccion.

#### † *Varietades.*

*Cristalizado*: en los laboratorios y en las fábricas.

*Acicular*: en pequeños copos cristalinos sobre las arenas, las rocas calcáreas y los muros.

El nitrato de potasa se encuentra en eflorescencias en muchos puntos, y especialmente en medio de las grandes llanuras de nuestros continentes, como en Hungría, etc., en las del mar Caspio, en Persia, en Arabia, etc., y en diversas cavernas de los terrenos calizos y de los depósitos feldespáticos. Casi en todas partes parece resultar de una formacion diaria, pero es difícil determinar la causa de esta. En las paredes de las caballerizas y al rededor de las habitaciones se esplica su origen por la descomposicion de las materias animales que suministran el ázoe; pero en las cavernas naturales, en las llanuras arenosas y en los desiertos, no es suficiente esta esplicacion, y es preciso buscar el ázoe en el aire mismo. Unicamente se sabe, que para esta formacion es indispensable el contacto del aire con materias porosas calíferas y el concurso de la humedad. En España es bastante abundante en las provincias de Asturias; Mancha, Murcia, Aragon y Cataluña.

Muchas veces suele fabricarse con el yeso viejo de las caballerizas y de las cuevas que suelen contener mucho nitrato de cal, descomponiendo dicha sustancia por medio del carbonato de potasa; pero la sal obtenida por este medio es mu-

Yacimiento.



cho mas cara que la que podríamos proporcionarnos en el comercio.

Usos.

El salitre se recoje donde quiera que se encuentra y se emplea la mayor parte para la fabricacion de la pólvora, para la estraccion del ácido nítrico, para la fabricacion del ácido sulfúrico, para la preparacion de los flujos blanco y negro tan usados en los laboratorios; y por último, como fundente despues de reducido al estado de cristal mineral.

✦ CARBONATO DE POTASA NEUTRO,  $KO CO^2$ .

**Sinonimia.**—*Alcali vegetal.*—*Sal de tartaro.*—*Potasa.*

Caractéres.

Esta sal es blanca, ácre, ligeramente cáustica y delicuescente; enverdece el jarabe de violetas y cristaliza en tablas romboidales que contienen dos equivalentes de agua. Se funde al calor rojo, y no se descompone sino por una corriente de vapor acuoso, en cuya caso pierde su ácido carbónico y se transforma en hidrato de potasa.

Estado.

Los vegetales contienen una cantidad de potasa combinada con diversos ácidos orgánicos, tales como el acético, málico, oxálico, tártrico, etc.

Estas sales convenientemente calcinadas se convierten en carbonato de potasa, que forma una gran parte de las cenizas de los vegetales.

Preparacion.

La potasa del comercio se prepara en los paises donde abundan los bosques, para lo cual lexivian las cenizas que resultan de la combustion de la leña, y evaporan la disolucion hasta sequedad; el cuerpo sólido que resulta, llamado *salino*, se calcina fuertemente para destruir alguna materia combustible que aun conserva, y despues de frio se coloca en toneles bien tapados, y se introduce en el comercio con el nombre del pais que la suministra.

Las potasas del comercio contienen cantidades variables de sulfato de potasa, cloruro de potasio, alúmina, sílice, cal y óxido de hierro y de manganeso.

Inconvenientes de las fábricas de potasa.

Las fábricas de potasa preparada de este modo tienen pocos inconvenientes, por cuya razon se colocan entre las de tercera clase; pero si se trata de aprovechar para la fabricacion de este producto el residuo de la destilacion de la melaza, presenta ya inconvenientes notables, que la colocan entre los



establecimientos de la primera ó segunda clase, segun que los gases desprendidos durante la calcinacion salgan por la chimenea antes ó despues de su combustion. Debe por consecuencia recomendarse espresamente que la calcinacion se verifique en vasijas cerradas, que el horno esté construido de tal manera que se quemén completamente los gases antes de salir á la atmósfera, y por último, que la chimenea se eleve á la altura de 35<sup>m</sup> sobre el nivel del suelo.

En los laboratorios se prepara bastante pura, haciendo deflagrar en un perol de hierro enrojecido una parte de bitartrato potásico con dos de nitro, lexiviando el producto y evaporando el líquido hasta sequedad.

Se emplea el carbonato de potasa para la preparacion del salitre, para fabricar el cristal, el azul de Prusia, el jabon blando, etc., etc.

Usos.

+ SODIO.

El sódio tiene un color blanco de plata, es casi tan ductil como la cera, y su densidad relativa está representada por 0,972.

Caractéres.

Se funde á 90° y, aunque menos volátil que el potasio, se reduce á vapor á la temperatura del calor rojo. Descompone el agua, dando lugar á los mismos fenómenos que hemos estudiado al tratar del potasio, con sola la diferencia de que la cantidad de calor desarrollada por la oxidacion del sódio, no es suficiente para inflamar el hidrógeno desprendido.

Sin embargo, disminuyendo los movimientos del sódio por la disolucion de una porcion de goma en el agua, é introduciéndole en una vasija que solo contenga una cortísima cantidad de este líquido, se eleva lo suficiente la temperatura del metal para verificar la inflamacion del hidrógeno.

La accion del oxígeno sobre el sódio es idéntica á la que ejerce sobre el potasio, siendo tambien absolutamente el mismo el método que se emplea para la preparacion de este cuerpo, con sola la diferencia de sustituir al protóxido de potasio, el protóxido de sódio.



HIDRATO DE PROTÓXIDO DE SÓDIO, NaO,HO.

**Sinonimia.**—*Sosa.*—*Alcali mineral.*

Caractères. Los caractères físicos y químicos de este cuerpo, son en un todo semejantes á los del hidrato de potasa.

Preparacion. Se prepara descomponiendo el carbonato de sosa por la cal hidratada, con la cual forma un carbonato insoluble é hidrato de protóxido de sodio, llamado tambien *sosa cáustica por lá cal*. Se purifica por el alcohol, empleando el procedimiento indicado al tratar del hidrato de potasa, y en este estado recibe el nombre de *sosa alcohólica*.

Para distinguir estos dos hidratos basta dejarlos espuestos al aire por algun tiempo, pues aun cuando los dos se liquidan y absorven el ácido carbónico del aire, el carbonato de potasa permanece líquido, en tanto que el de sosa se efloresce y reduce á polvo.

*Caractères distintivos de las sales de sosa.*

Las sales de sosa se parecen mucho á las de potasa, de las cuales se diferencian por no dar precipitado, cuando se tratan por el sulfato de alumina, el cloruro platínico y los ácidos clórico, perclórico y tártrico, y finalmente, por comunicar á la parte exterior de la llama del soplete un color amarillo en vez del violado que la comunican las sales de potasa.

+ CLORURO DE SÓDIO. Na Cl.

**Sinonimia.**—*Sal marina.*—*Sal gema.*—*Sal comun.*

Caractères. Este cuerpo conocido desde la antigüedad mas remota es sólido, inodoro, de sabor salado agradable, su densidad relativa está representada por 2,13. Cristaliza en cubos anhidros, que decrepitan al fuego y atraen la humedad del aire, cuando el higrómetro de Sausure marca 80°.

Se funde á la temperatura del calor rojo y se volatiliza á otra mas elevada produciendo vapores blancos.

El cloruro de sodio es casi tan soluble en el agua fria como en la caliente. Esta propiedad permite separar la sal



marina de las demas sales y muy particularmente del nitrato de potasa, cuya solubilidad aumenta considerablemente con la temperatura.

Tratada la disolucion de sal marina por el ácido sulfúrico, desprende ácido clorhídrico, y el líquido que queda dá, despues de evaporado, agujas cristalinas eflorescentes. Esta última circunstancia la distingue del cloruro de potasio con el cual se confunde por los demas caractéres.

El nitrato argéntico produce en la disolucion de cloruro de sodio un precipitado blanco coaguloso soluble en el anoniaco.

### + Variedades.

*Sal marina cristalizada:* en cubos sencillos ó modificados en sus aristas.

*Sal marina compacta susceptible de esfoliacion:* en masas fácilmente esfoliables en cubos.

*Sal marina laminar:* en masas compuestas de láminas grandes.

*Sal marina fibrosa:* en masas de fibras paralelas ó diverjentes, frecuentemente encorvadas.

*Sal marina blanca, rojiza, roja, azul, gris:* cuyos colores parecen debidos á la presencia de algun óxido metálico, notándose que la materia roja, que suele teñirla, es de naturaleza orgánica.

La sal comun se nos presenta en depósitos mas ó menos estensos y en disolucion en las aguas de ciertas fuentes y lagos, y por último, en las de los mares, de las que se estrae la mayor parte de la que se consume. Yacimiento.

Los depósitos salíferos están situados en los terrenos de sedimento, desde los depósitos *peneos*, donde parecen comunes, hasta los terciarios. En todas partes presentan estos depósitos una cosa comun, y es que están formados en gran parte de materias arcillosas llamadas *arcillas salíferas*, parduzcas ó rojizas, entre las cuales está unas veces diseminada la sal, otras en nidos y en venas, y finalmente, otras en montones mas ó menos considerables con mayor ó menor cantidad de sulfato de cal. Estas agregaciones de materias diferentes se presentan como masas adventicias en medio del depósito general, que constituye la situacion geológica sedimentaria. En ciertas localidades son numerosos estos depósitos constituyen-



do montañas enteras, en las que, algunas veces, se presenta la sal á descubierto y se explota á cielo raso.

Los principales depósitos salíferos son los de Welliczka, los de Hungría, Transilvania, etc. En España los tenemos muy abundantes en Valtierra, Minglanilla, Villarrubia, Valencia, Monobar, Belinchon y en Cardona, siendo en esta última localidad tan abundante y pura, que puede competir con las mas célebres de otros países. Evaporando las aguas de algunas fuentes saladas, muy abundantes tambien en España, se obtiene la sal comun en gran cantidad, pero no tan considerable como la producida por la evaporacion de las aguas del mar, explotadas bajo este aspecto en San Fernando, Mallorca y en varios otros puntos de la costa del mediterráneo.

Usos.

Se emplea en las artes para la fabricacion del carbonato de sosa, para preparar el cloro y el ácido clorhídrico; sirve como fundente en algunas operaciones metalúrgicas y por último, se utiliza para disminuir la combustibilidad de las maderas de construccion, sumergiéndolas previamente en el agua del mar.

† CARBONATO DE SOSA.  $\text{NaO}, \text{CO}^2 10\text{HO}$ .

**Sinonimia.**—*Natron.*—*Alcali mineral.*

Caractères.

Esta sal es blanca, inodora, de sabor urinoso ligeramente cáustico, enverdece el jarabe de violetas, es muy soluble en el agua hirviendo y su densidad relativa está representada por 1,4. Cristaliza en prismas romboidales delicuescentes que contienen diez equivalentes de agua, los cuales pierde cuando se espone á la temperatura de  $100^\circ$ : si se eleva esta hasta el rojo intenso, experimenta la fusion ígnea, sin sufrir otra alteracion, á menos que no intervenga una corriente de vapor acuoso, en cuyo caso se desprende el ácido carbónico, quedando por residuo un hidrato de sosa.

Yacimiento.

El carbonato de sosa se encuentra en la superficie de la tierra, en las llanuras bajas de nuestros continentes, en las inmediaciones de ciertos lagos y fuentes, cuyas aguas contienen siempre cierta cantidad de esta sustancia. Es mas abundante en tiempo seco y cubre la tierra, y aún las lavas y es-



corias de los volcanes en actividad, de efflorescencias semejantes á la nieve.

La sosa llamada natural se prepara incinerando en hoyos practicados en el suelo, las plantas marinas tales como los fucos, salsolas, etc., de cuya operacion resulta una masa negra compacta y vitrificada, que constituye la barrilla del pais donde se fabrica y de la cual se extraen por lexiviacion sales mas ó menos abundantes de carbonato de sosa, que se conocen con los nombres de sosa de Narbona, de Alicante, etc.

Preparacion.

De todas las barrillas naturales la mas rica en carbonato de sosa es la de Alicante, y sin embargo, contiene como las demas, sulfato de sosa, sulfuro de sódio, sal marina, carbonato de cal, alúmina, sílice, óxido de hierro, carbon, etc. Estos cuerpos se separan por la lexiviacion unos, y por disoluciones y cristalizaciones repetidas los otros.

La barrilla artificial se obtiene, calcinando en un horno de reverbero elíptico, una mezcla de 400 partes de sulfato de sosa anhidro, 400 de creta bien seca, y 135 á 140 de carbon de piedra.

Fabricacion de la barrilla artificial.

Estas sustancias, agitadas de vez en cuando con una varilla de hierro, adquieren una consistencia pastosa á la temperatura del calor rojo, y desprenden una gran cantidad de gas que arde con llama azul. Despues de cuatro ó cinco horas de calcinacion, época en que la masa aparece casi fluida, se agita nuevamente, se coloca en las partes laterales del horno por medio de un rastrillo, y se introduce en vasijas de palastro, en las que se deja enfriar.

La fabricacion de este producto por el primer proceder corresponde á los establecimientos de primera clase, porque produce exhalaciones desagradables y nocivas á la vejetacion, estendiéndose á grandes distancias. Preparada artificialmente, el principal inconveniente que presenta es el ocasionado por el desprendimiento de los vapores de ácido clorhídrico, inconveniente que desaparece condensando ú absorbiendo estos vapores, en cuyo caso pueden colocarse estas fábricas entre los establecimientos comprendidos en la tercera clase.

Inconvenientes de las fábricas de barrilla.

El carbonato de sosa se emplea para fabricar el vidrio, el jabon, las lejias, y en muchas operaciones de tintorería.

Usos.



+ BORATO SODICO.  $\text{NaO}, \text{BO}, ^3 10\text{HO}$ .

**Sinonimia.**—*Borax*.

Caracteres. El borato de sosa es sólido, blanco, de sabor alcalino dulce y cristaliza en el sistema prismático rectangular oblicuo.

Espuesto á una temperatura elevada aumenta de volúmen, pierde su agua de cristalización y se funde, produciendo un vidrio que conserva su transparencia cuando está fuera del contacto del aire.

Es soluble en doce partes de agua fria, y en seis á la temperatura de la ebullicion. Tratada la disolucion por un ácido, deposita cristales de ácido bórico.

Yacimiento. Se encuentra el borax disuelto en las aguas de algunos lagos de la Persia, India y China, de las cuales se estrae por evaporacion bajo la forma de prismas exaedros impuros que contienen una materia grasa, cuya composicion nos es desconocida. En este estado recibe en el comercio el nombre de tinckal.

Preparacion. Se prepara el borato de sosa descomponiendo directamente el carbonato de la misma base por el ácido bórico estraido de los lagos de Toscana, ó purificando el tinckal por medio de la cal, con la que forma la materia grasa un compuesto insoluble.

Usos. El borato sódico es uno de los cuerpos mas interesantes por sus aplicaciones; facilita la fusion de los óxidos metálicos, á los cuales vitrifica tiñéndose de diferentes colores que sirven en los ensayos al soplete para caracterizar estos óxidos. Sirve ademas como fundente en los ensayos metalúrgicos, y recubriendo ademas el metal reducido le preserva de la oxidacion. Finalmente, cuando se quieren soldar metales oxidables, se les recubre con borax, el cual al fundirse no solo impide la oxidacion de estos, sino que disuelve la pequeña cantidad de óxido formado que se opondria á que se verificase la soldadura.

CALCIO.

Caractères. El calcio es blanco, con brillo metálico parecido al del plomo, y se oxida rápidamente en contacto del aire, cubrién-



dose de una capa de protóxido que preserva de la oxidacion al resto del metal. Si la operacion se verifica á una temperatura elevada, arde y se convierte totalmente en protóxido.

Se estrae este metal por un procedimiento análogo al que se emplea para la preparacion del potasio y el sodio, sustituyendo á los óxidos de estos metales la cal en el estado de hidrato. Preparacion.

### PROTÓXIDO DE CALCIO. $\text{CaO}$ .

**Sinonimia.**—*Cal viva.*

La cal, conocida desde la antigüedad mas remota es blanca, amorfa, puesto que ofrece el aspecto de los fragmentos de la piedra caliza que han servido para obtenerla. Tiene un sabor cáustico, enverdece fuertemente el jarabe de violetas, y su densidad relativa está representada por 2,3; es infusible aun á las mas fuertes temperaturas que podemos producir en nuestros hornos; pero experimenta un principio de fusion á la llama del soplete, alimentada por una mezcla de hidrógeno y oxígeno. Caractéres.

Espuesta al aire atrae la humedad, aumenta notablemente de volúmen, se desmorona y acaba por convertirse en carbonato, cuya dureza es mucho mayor que la de la cal. Tratada por el agua absorve una gran cantidad de este líquido, desarrolla una temperatura capaz de inflamar la pólvora, se reduce á polvo, y se convierte en un hidrato,  $\text{CaO},\text{HO}$ , que se conoce con el nombre de *cal apagada*. Cien partes de agua á la temperatura de  $15^\circ$  disuelven  $\frac{1}{728}$  de cal, y á  $100^\circ$   $\frac{1}{1275}$ , de modo que es bastante mas soluble á la temperatura ordinaria que á  $100^\circ$ . Esta disolucion se conoce con el nombre de *agua de cal*, la que evaporada en el vacío produce prismas exáedros, cuya composicion se representa por la fórmula  $\text{CaO},\text{HO}$ .

El agua de cal que se emplea con frecuencia en los laboratorios, se prepara llenando de agua un frasco, en el que se haya introducido previamente una porcion de cal, cuyo exceso se deposita. Esta primera disolucion jamás es pura, por contener una cantidad de potasa que proviene de la leña que se ha empleado para calcinar el carbonato; es, pues, necesario lavar la cal tres ó cuatro veces, antes de dejarla definitivamente en contacto con el agua.



- Estado.** La cal se encuentra en la naturaleza combinada con el ácido carbónico y sulfúrico, constituyendo todas las variedades de cal carbonatada y sulfatada. Unida al ácido fosfórico entra en la constitucion de los huesos de los animales; y finalmente, combinada con los ácidos orgánicos, forma parte de un gran número de vegetales.
- Preparacion.** El óxido de calcio se prepara sometiendo á la calcinacion el carbonato de cal tan abundante en la naturaleza, valiéndonos para ello de hornos de diferentes formas, segun las localidades y de cuya descripcion nos ocuparemos despues de haber dado á conocer las cales carbonatadas.
- Usos.** La cal sirve de base para la preparacion de los morteros, se emplea tambien en el curtido de pieles, para saponificar los cuerpos grasos destinados á la preparacion de las velas estearicas, y finalmente, para abonar las tierras arcillosas.

*Caractères distintivos de las sales de cal.*

Todas son inodoras, de sabor salado amargo, y se reconocen por los reactivos siguientes:

*Potasa y sosa.* Precipitado blanco y gelatinoso.

*Carbonatos y bicarbonatos de potasa y amoniaco.* Precipitado blanco de carbonato de cal.

*Acido oxálico y oxalato de amoniaco.* Precipitado blanco de oxalato de cal, insoluble en el agua y en el ácido acético, pero muy soluble en el ácido nítrico.

*Acido sulfúrico y sulfatos solubles.* Precipitado blanco de sulfato de cal, si la disolucion está bastante concentrada.

CARBONATO DE CAL.  $\text{CaO CO}^2$

**Sinonimia.**—*Cal carbonatada.*—*Piedra de cal.*—*Carbonato de cal romboédrico.*—*Espato de Islandia, etc.*

- Caractères.** El carbonato de cal puro es perfectamente blanco, inodoro é insípido, cristaliza en el sistema romboédrico; sus cristales producen tambien romboedros por la esfoliacion y poseen la doble refraccion en alto grado. Su dureza es mayor que la del yeso, pero menor que la del aragonito. Las variedades cristalinas se electrizan fácilmente por la presion, conservando por mucho tiempo la electricidad desarrollada. Su densidad



relativa está representada por 2,7. Se descompone á una temperatura elevada en ácido carbónico y protóxido de calcio ó cal viva. Es insoluble en el agua, al menos que no contenga esta un exceso de ácido carbónico; se disuelve en los ácidos con efervescencia y la disolución precipita abundantemente por el oxalato amónico.

La gran importancia que esta sustancia tiene por sus numerosas aplicaciones y por su abundancia en la naturaleza, nos obliga á tratar separadamente de sus principales variedades.

#### CARBONATO DE CAL SACAROIDEO.

**Sinonimia.**—*Cal carbonatada sacaroidea.*—*Mármol estatuario.*—*Mármol sacaroideo.*

Esta sustancia es generalmente blanca ó ligeramente teñida, presenta unos puntos brillantes parecidos á los de la azúcar de pilon, de donde toma su nombre. Su textura granuda es el resultado de la cristalización, presentando en algunas circunstancias, el paso á la textura laminosa. Es semitransparente.

Caractères.

La cal carbonatada sacaroidea, se encuentra en grandes masas formando bancos de bastante estension. Por mucho tiempo se habia creído que pertenecía á los terrenos primitivos, pero en el día se ha demostrado que esta sustancia es, como las demas calizas, un producto neptuniano, debiendo sus caractères cristalinos á una acción posterior á su formación, que ha cambiado su textura.

Yacimiento.

La cal carbonatada sacaroidea es la que ha suministrado y suministra á los escultores, los mármoles llamados estatuarios; de los cuales son los mas célebres, los siguientes.

Usos.

*El de Paros*, transparente pero de grano grueso y cuyas canteras, que hoy se suponen agotadas, estaban situadas en las islas de Paros, de Naxos y de Tenos. Con este mármol están fabricadas la Venus de Médicis, la Venus del Capitolio, la Pallas de Velletri y otras varias estatuas célebres.

*El mármol pentélico*, llamado tambien *mármol cipolino*, formado por la reunión de la caliza sacaroidea blanca y el esquisto talcoso, está atravesado de bandas onduladas blancas y verdes. Sus canteras estaban situadas en las inmediaciones de Athenas sobre el monte Penteles. Con este mármol se fa-



bricaron, la cabeza de Alejandro y la de Hipócrates y la estatua de Esculapio.

*El de Carrara* al Este del Golfo de Génova, es mas blanco que el de Paros y cuyo grano es muy fino y homogéneo. Es el que mas se emplea hoy en la escultura, y están fabricados con él la estatua de Antenor y el busto de Júpiter.

*El azul turquí* formado por la caliza sacaroidea teñida ligeramente de un color gris debido á una corta cantidad de betun.

*El mármol amarillo antiguo* teñido uniformemente por una pequeña cantidad de hidrato de hierro. Todos ellos reciben muy buen pulimento y pueden servir para distinguir los monumentos Griegos de los Romanos.

Se emplean tambien estos mármoles en la decoracion de los edificios y de las habitaciones, fabricando con ellos vasijas, jambas y dinteles de chimenea, etc. Este último uso ha dado lugar á observar, que muchos de estos mármoles adquieren al cabo de cierto tiempo una especie de flexibilidad no elástica debida á su completa desecacion y á la influencia de las dilataciones y contracciones que experimentan. Los mármoles sacaroideos que se encuentran en la cima de las montañas, poseen algunas veces naturalmente esta propiedad. Algunos mármoles sacaroideos la adquieren tambien por una larga esposicion al aire y sobre todo á la accion directa de los rayos solares; de modo que todas las partes salientes de las estatuas se separan y caen al cabo de cierto tiempo.

#### CAL CARBONATADA COMPACTA.

Caractéres.

Su fractura es siempre mate, unas veces astillosa y otras conchoidea; las variedades astillosas tienen un color blanco agrisado ó amarillento pero siempre claro, lo cual proviene de que esta fractura denota cierto estado cristalino y por consecuencia mayor pureza en los minerales que la poseen. El color mas dominante es el gris, ahumado unas veces, amarillento ó rojizo otras. Algunos ejemplares son de color negro, el cual deben á una cantidad de betun que se encuentra en el terreno carbonífero al cual pertenecen estas calizas negras.

Cuando está pura su dureza y sus caractéres químicos son los mismos que las del carbonato de cal sacaroideo. Las mez-



clases alteran un poco su dureza, pero la manera como se comporta con los ácidos es siempre la misma.

Esta variedad es la mas abundante de cuantas nos presenta la naturaleza; forma capas de gran espesor en todos los terrenos neptunianos, constituyendo algunas veces comarcas enteras, como se observa en el Jura, cuyas montañas estan esclusivamente compuestas de caliza compacta de diversa naturaleza, asociada á capas arcillosas.

Yacimiento.

No pocas veces suele contener fósiles interpuestos en su masa, como se observa en la que se encuentra en Colmenar (provincia de Madrid), de cuyas canteras y las de Redueña se saca la mayor parte de la que se emplea en las construcciones de la Corte.

Las calizas compactas del terreno jurásico y las de los terrenos terciarios, proporcionan á la arquitectura las mas hermosas piedras de sillería, siendo las que mas frecuentemente se emplean no solo por su abundancia, sino por la facilidad con que se tallan, sin dejar de poseer por esto una tenacidad suficiente para resistir á la presion y conservar bien las aristas y molduras. Deben preferirse las compactas de fractura desigual, plana ó irregular, mate ó de brillo térreo, y las compuestas de conchas unidas entre sí, por un cemento entre cristalino y terroso.

Usos.

Pueden tambien emplearse las calizas conchíferas de los terrenos terciarios, la caliza de agua dulce ó *travertino* de los italianos, perteneciente á la misma formacion, y la creta tobosa que se encuentra en los depósitos cretáceos.

Las calizas compactas pueden emplearse en las construcciones inmediatamente despues de su estraccion. No sucede lo mismo con la mayor parte de las otras piedras calizas que son mas ó menos porosas, y que es preciso dejar espuestas al aire por espacio de muchos meses y aun de muchos años para que pierdan su *agua de cantera*. Generalmente estas piedras son muy tiernas al salir de la cantera y se endurecen al aire. La creta tobosa recién estraida se deja labrar fácilmente, aun con el cuchillo, pero al cabo de algunos años de esposicion al aire adquiere mucha mas dureza.

Cuando las piedras porosas se emplean demasiado pronto despues de su estraccion, presentan inconvenientes grandes en las construcciones. El agua de que estan impregnadas se congela durante el invierno, se dilata por su congelacion, y oca-



siona grietas é intersticios que acaban algunas veces por desquebrajarlas y volverlas deleznable. Ciertas piedras calizas, poco resistentes y de poros muy finos, conservan constantemente esta mala propiedad, suficiente por sí sola para que se proscriba su empleo en las construcciones. Estas piedras se llaman *piedras heladizas*.

Pueden reconocerse las piedras heladizas por un experimento muy sencillo: se suspende á la estremidad de un bramante un pedazo de piedra caliza, y se le mantiene algunas horas sumergido en una disolucion medianamente concentrada de sulfato de sosa. Se saca y se deja suspendido durante muchos dias encima de un pliego de papel. La disolucion del sulfato de sosa cristaliza al enfriarse y aumenta de volumen. Si la piedra es heladiza se desprenden fragmentos que caen sobre el papel. Es menester que la disolucion no se halle saturada, porque aun las mejores piedras, se presentarian en este caso como heladizas.

Las piedras que pertenecen á rocas estratificadas deben, en cuanto sea posible, hallarse dispuestas en las construcciones de manera que su plano de estratificacion primitivo sea horizontal; puesto que en esta posicion presentan mucha mas resistencia.

Por último, las calizas compactas, de grano fino y apretado capaces de empaparse algo de agua, son las que se emplean en la litografía; siendo las mas célebres las que se encuentran en las orillas del Danubio en Babiera.

#### MARMOLES.

Las calizas compactas son las que suministran al comercio la mayor parte de los mármoles empleados en la decoracion. Su número es infinito y su nomenclatura arbitraria, variable en cada pais y fundada comunmente en el color y en el dibujo, dando lugar á los mármoles *simples*, á los *brechas* y *brocaltas*, á los *compuestos* y *lumaquelas*, segun que tengan un solo color homogéneo ó con venas, esten compuestos de fragmentos de diversos colores unidos por un cemento calcáreo ó simplemente indicados por venas cuyo tamaño mayor corresponde á las brechas, contengan sustancias estrañas tales como la serpentina ó la mica dispuestas en hojas mas ó menos onduladas ó en nidos de tamaño diverso, ó finalmente, restos de



conchas ó de madreporas mezclados confusamente unos con otros ó diseminados en una pasta mas ó menos homogénea.

Uno de los mas notables es el mármol de Florencia ó *mármol ruiniiforme* que presenta, sobre un fondo gris, dibujos angulosos y enteramente caprichosos de color pardo amarillento que se asemejan á edificios arruinados. Es una caliza compacta y arcillosa en la que la retraccion ha producido hendiduras en todos sentidos. Estos fragmentos han sido reunidos despues por un cemento calcáreo, en tanto que una materia ferruginosa, infiltrada y distribuida con irregularidad en este último, ha producido los dibujos indicados. Finalmente, no es menos notable que el anterior el *alabastro calizo* que proviene de las estalactitas y estalacmitas de carbonato de cal que se encuentran en las cavernas de las montañas calizas, cuyo color es blanco ó ligeramente amarillento, traslucientes, con venas de color blanco lechoso, en cuyo caso recibe el nombre de *alabastro oriental*. Otras veces se presenta en capas paralelas bien distintas, planas ú onduladas, transparentes unas, traslucientes otras y diferentes por su color, llamándose en este caso *alabastro venoso*, *mármol onice* ó *mármol ágata*, de los cuales el mas apreciado es el de color amarillo de miel, con bandas ó zonas mas oscuras que el fondo, de estructura compacta y lustre graso.

Los mármoles pertenecen en general á los terrenos de transicion; sin embargo, se encuentran tambien bastante bellos en las formaciones jurásicas y cretáceas. En España son muy abundantes especialmente en las provincias de Málaga, Granada, Córdoba, Aragon, etc. El valor de los mármoles se funda en la belleza de sus colores, en el pulimento que son susceptibles de admitir, y mas principalmente en la propiedad de no experimentar alteracion por el aire atmosférico.

Yacimiento.

Aun cuando no pueden establecerse reglas fijas para su eleccion, puede sin embargo asegurarse, que los que contienen arcilla se desmenuzan por su esposicion al aire, y que los que contienen piritas de hierro se manchan por la oxidacion de este metal. Estos últimos pueden lavarse con una disolucion de cloro.

Ya hemos manifestado que los mármoles son susceptibles de adquirir buen pulimento. El medio empleado para pulimentarlos varia segun que sean blancos ó tengan color; el mas comunmente empleado es el siguiente.

Pulimento.



Despues de aplanada con la sierra ó con el cincel la pieza que se ha de pulimentar, se la frota en seco con un pedazo de granito y arena, despues con un trozo de arenisca blanca mo-  
jándole de vez en cuando con agua, y por último con un pedazo de piedra pomez tambien mojado. Concluida esta operacion, si el mármol que se trata de pulimentar es blanco, se lava perfectamente; se recubre con polvo de esmeril, se moja nuevamente y se le frota con un paralelepípedo de plomo. Hecho esto, y sin separar el esmeril que ha quedado sobre el mármol, se toma la potea de huesos, que no es otra cosa que una mezcla de huesos calcinados con un tercio en peso de alumbre, con cuya composicion se frota fuertemente el mármol por medio de una muñeca de lienzo. Llegada la operacion á su término, se seca la superficie del mármol con un pedazo de tela de lana.

Si el mármol que se trata de pulimentar es negro ó de color oscuro, despues de haberle frotado con el esmeril y el plomo, se toma una mezcla de limaduras de este metal y un tercio en peso de alumbre y se frota fuertemente con una muñeca de lienzo sin separar la porcion de esmeril que quedó en la operacion anterior. Hecho esto, se termina el pulimento con la potea de estaño aplicada en seco sin cambiar de lienzo, y se seca la superficie con la tela de lana de que hemos hablado anteriormente. Para los mármoles rojos, en vez de la potea de estaño, puede emplearse el almazarron pulverizado.

Usos.

Los mármoles se emplean para la decoracion de los edificios, debiendo preferirse siempre los mas compactos, de grano fino, susceptibles de buen pulimento y cuyos colores sean vivos y agradables.

#### CALIZAS HIDRAULICAS.

Las calizas hidráulicas tienen una fractura lisa y sin lustre, pasan al calcáreo terroso, pero no manchan los dedos como este, ni se disgregan por la frotacion de la mano. Desarrollan un olor arcilloso por la inhalacion, suficiente para distinguir las, pero si se quiere conocer su grado de hidraulicidad es necesario someter una cantidad determinada á la accion del ácido clorhídrico debilitado, el cual disuelve la cal y el óxido de hierro, en tanto que la arcilla se deposita. Se filtra el líquido y el peso de la arcilla indica la energia de la piedra sometida



al ensayo. Si la cantidad de cal está entre 88 y 90 por 100 y la de la arcilla en la de 10 á 12, la cal que nos suministre esta piedra será *medianamente hidráulica*; si contiene 84 de cal y 16 de arcilla, la cal será *hidráulica*; si la proporción de arcilla llega á 20 ó 30 por 100 y la de cal de 70 á 80, la cal que suministre será *eminentemente hidráulica*; por último, cuando la cantidad de arcilla aumenta todavía más, ya no hay necesidad de mezclar la cal con arena para la fabricación del mortero puesto que por sí sola forma pasta con el agua al cabo de algunas horas, cuyo fenómeno ha dado lugar á que se compare con el yeso, que como sabemos se solidifica poco tiempo después de amasado. Estas calizas son las que se distinguen con el nombre de *yeso-cemento*, las cuales contienen además una cantidad bastante considerable de óxido de hierro.

El yeso cemento recibe en Inglaterra el nombre de cemento romano, no siendo, como hemos dicho, otra cosa que una caliza muy arcillosa, compacta, de grano muy fino, dura, tenaz y susceptible de tomar un hermoso pulimento. Su color es gris oscuro y su densidad relativa está representada por 2,59.

El yeso-cemento de Bolonia, es igualmente compacto de grano muy fino, tenaz y susceptible de tomar pulimento; su color es amarillento y su densidad relativa varía de 2,04 á 2,19.

Hemos visto que las calizas hidráulicas son el resultado de una mezcla de cal carbonatada y de arcilla: su posición geológica, por consecuencia debe estar de acuerdo con su composición, siendo por decirlo así, media entre las calizas puras y las arcillas. Así, pues, las calizas hidráulicas se encuentran entre las arcillas que reposan sobre las areniscas y las calizas que ocupan los depósitos superiores. La situación del yeso-cemento pertenece á los depósitos argilíferos, entre cuyas capas se encuentra formando riñones. La de Bolonia se encuentra en cantos rodados á la orilla del mar.

Se emplean estas calizas para la fabricación de la cal hidráulica de cuya preparación artificial hablaremos en otro lugar.

#### CAL CARBONATADA OOLITICA Y PISOOLITICA.

Se conocen con este nombre los carbonatos de cal compuestos de glóbulos ó granos redondeados de color blanco

Yacimiento.

Usos.

Caractéres.



amarillento ó rojizo y de tamaño variable, unidos los unos á los otros, unas veces sin cemento aparente y otras por la cal carbonatada que constituye la roca.

Los granos de las oolitas son muy pequeños y su fractura es ordinariamente compacta; en las pisoolitas el tamaño de los granos varía ordinariamente, desde el de un perdigon hasta el de una avellana, llegando á tener en algunas ocasiones cinco ó seis pulgadas de longitud, en este caso son ovoideos en vez de esféricos.

Las pisoolitas presentan en su fractura una série de capas, en cuyo centro existe un grano de arena. Esta estructura nos indica que las pisoolitas han sido formadas por la acumulacion de capas sucesivas de cal carbonatada al rededor de los granos de arena, puestos en movimiento por los manantiales incrustantes, hasta que su peso se opone á su ascension, en cuyo caso se depositan en el fondo del manantial donde se reúnen los unos á los otros.

Yacimiento.

Las pisoolitas se forman, como acabamos de indicar, en los manantiales cuyas aguas contienen en disolucion el carbonato de cal, siendo las mas notables las de S. Felipe en Toscana.

Las oolitas, por el contrario, forman capas de gran espesor y constituyen una gran parte del terreno jurásico, conocido con el nombre de calizo oolítico.

Usos.

En Suecia y en Suiza, donde son muy abundantes, se emplean, como las demas calizas, para la construccion de edificios.

#### CAL CARBONATADA TERROSA.

#### **Sinonimia.**—*Creta.*

Caractères.

La creta es blanca ligeramente amarillenta, deleznable, áspera al tacto, mancha los dedos, se deja rayar por la uña y se adhiere un poco á la lengua.

Las *margas* son tambien cales carbonatadas terrosas que contienen de 40 á 50 por 100 de arcilla. Son, como la creta, ásperas al tacto, su color es amarillo agrisado ó verdoso, suelen desmoronarse al aire y tratadas por el ácido nítrico dejan un residuo arcilloso.

Yacimiento.

Las calizas terrosas pertenecen principalmente á los terrenos cretáceos y terciarios, sobre todo á los primeros en los



que la creta forma mas de los nueve décimos de las calizas terrosas que los constituyen.

La creta se emplea en las artes para dibujar, para limpiar los metales y el cristal, pero mas principalmente, despues de purificada por decantaciones sucesivas, para la pintura al temple.

Usos.

#### CAL CARBONATADA MAGNESIFERA.

**Sinonimia.**—*Dolomia*.—*Espato perlado*.—*Cal carbonatada lenta*.

Cristaliza en el sistema romboédrico como la caliza, con la cual tiene mucha analogía, si bien el romboedro de esfoliacion de la primera es mas obtuso. Sus colores son el blanco lechoso, el blanco agrisado, gris de perla y el gris amarillento: sus tintas son en general pálidas á no ser que esté mezclada, como la cal carbonatada, con materias colorantes. Su densidad relativa está representada por 2,86.

Caracteres.

Es mas dura que el espato calizo y se electriza con mas dificultad que este. Sometida á la accion del calor no se reduce á polvo, pero se convierte en cal viva.

Tratada por el ácido nítrico á la temperatura ordinaria se disuelve con muy poca efervescencia. La disolucion precipita en caliente por el oxalato de amoniaco, enturbiándose despues del enfriamiento y produciendo todavía un precipitado abundante.

#### *Variedades.*

Las variedades de esta sustancia que mas nos interesa conocer son la sacaroidea y la compacta.

La *dolomia sacaroidea* es muy análoga por su blancura, por su estructura granuda y por su lustre, á la cal carbonatada del mismo nombre, de la cual se distingue por su menor solidez, puesto que frecuentemente es deleznable por solo la presion de los dedos. Algunas veces suele ser bastante sólida, pero aun en este caso se distingue del mármol de Carrara por el aspecto que presenta su fractura. En efecto, cada grano de la dolomia es un cristal aislado fácilmente separable, de donde resulta que las placas formadas con este cuerpo pueden encorvarse sin romperse, por cuya razon se han distinguido

:



las variedades que poseen esta propiedad con el nombre de *mármol elástico*. La cal carbonatada, por el contrario, tiene los granos entrelazados en todas direcciones.

La *dolomía compacta* tiene un color blanco ó de café con leche claro y su fractura unida y conchoidea.

Yacimiento.

La dolomía es muy abundante en la naturaleza, encontrándose casi en todos los terrenos. En España tenemos la sacaroidea muy abundante en Pancorvo, ramificándose por el terreno terciario que forma el suelo de esta parte de la Península.

Usos.

Ciertas variedades de dolomía mezcladas con silicatos producen cales hidráulicas, aunque no de tanta fuerza como se ha querido suponer.

### ANALISIS Y CALCINACION DE LAS PIEDRAS CALIZAS.

Se dá el nombre de piedra caliza á toda sustancia mineral que contenga por lo menos la mitad de su peso de carbonato de cal, y que despues de sometida á una temperatura elevada, para separar el ácido carbónico, tenga la propiedad de absorber el agua con desprendimiento de calor ó sin él, de reducirse á polvo al pasar al estado de hidrato y de solidificarse al cabo de algun tiempo, bien sea en contacto del aire, bien debajo del agua.

La calidad de la cal que se emplea en la fabricacion de los morteros, influye tanto en la duracion y sólidez de los edificios, que exige por nuestra parte un cuidado inmenso, no solo en la eleccion de las materias que se empleen para prepararla, sino en los medios de que nos servimos para verificar su calcinacion y que tanto influyen en sus buenas propiedades.

### ANALISIS DE LAS PIEDRAS CALIZAS.

La composicion química de una piedra caliza puede servirnos para juzgar de la naturaleza de la cal que aquella ha de producir despues de su calcinacion. El análisis de las piedras calizas presenta por consiguiente un interés sumo; y nunca será sobrado eficaz la recomendacion que se haga á los ingenieros de reconocer, por medio del análisis químico, los diferentes bancos de piedra caliza que se encuentren en las cercanias de los puntos donde tengan que establecer construc-



ciones importantes. Estos análisis pueden en efecto conducirlos al descubrimiento de buenas cales, que frecuentemente hacen traer de lejos con grandes gastos.

El análisis de las piedras de cal se hace con facilidad. Hay que buscar principalmente en estas piedras: 1.º Los carbonatos de cal y magnesia; 2.º Los óxidos de hierro y manganeso; 3.º La arcilla, y 4.º la proporción de agua combinada con esta sustancia y con los óxidos metálicos.

Se calcinan á un fuerte calor blanco, en un crisol de platino, 10 gramos de caliza en pequeños fragmentos. La pérdida de peso  $p$  que experimenta la materia representa el ácido carbónico y el agua.

Se disuelven despues en ácido clorhídrico debilitado otros 10 gramos de la piedra de cal pulverizada: los carbonatos de cal y magnesia, y los óxidos metálicos se disuelven, mientras la arcilla y la arena cuarzosa quedan como residuo.

Se recoge este sobre un pequeño filtro, y despues de lavado con un poco de agua hirviendo, se le calcina. El peso  $p'$  obtenido representa la arcilla anhidra y el cuarzo.

Es fácil reconocer por el aspecto si este residuo se compone de arcilla solamente, pues en este caso forma un polvo ligero y suave al tacto; y tambien si contiene gramos cuarzosos, que se distinguen igualmente por medio del tacto, y pueden separarse por lavados repetidos en un vaso ó copa de vidrio. Se evapora á un calor suave la disolucion clorhídrica, reunida á las aguas de locion, á fin de desalojar el exceso de ácido; se trata el residuo por el agua, y se vierte el líquido en un frasco de unos dos litros de capacidad. Se llena este frasco de agua de cal saturada y bien clara, se tapa, se agita y se deja reposar el líquido: la magnesia, y los óxidos de hierro y de manganeso se precipitan. Se decanta el líquido claro con un sifon, despues de asegurarse que presenta reaccion alcalina marcada, lo cual prueba que se ha empleado un exceso de agua de cal. Se recoge rápidamente el precipitado sobre un filtro, se lava y se calcina en seguida.

Por lo regular se considera suficiente determinar el peso  $p''$  del precipitado, y juzgar por su color si está compuesto principalmente de magnesia ó de hidrato de sesquióxido de hierro. Cuando el análisis de la piedra caliza solo se efectúa bajo el punto de vista de su aplicacion técnica, no se lleva mas adelante la separacion de las materias. Es claro que si se



resta el peso  $p'$  del peso  $(10-p)$ , la diferencia  $(10-p-p')$  representará el peso de la cal. Se determinan por el cálculo, 1.º el peso  $q$  de ácido carbónico que forma carbonato de cal con la cantidad hallada de esta base; 2.º el peso  $q'$  del mismo ácido que forma carbonato de magnesia con el precipitado  $p''$  dado por el agua de cal, si este precipitado se cuenta como magnesia;  $(q+q')$  representará entonces el peso del ácido carbónico contenido en la piedra de cal, y por consecuencia  $p-(q+q')$  será el peso del agua combinada con la arcilla.

Si se desea conocer mas completamente la composición de la piedra caliza, será preciso someter al análisis el precipitado obtenido con el agua de cal. Este precipitado, además de la magnesia y de los óxidos de hierro y de manganeso, puede contener un poco de alumina procedente de la arcilla que, al atacar la materia por el ácido clorhídrico, si este se hallaba muy concentrado, pudiera haberse disuelto en pequeña cantidad. Se disuelve el precipitado en ácido clorhídrico y se vierte en el líquido un ligero exceso de amoníaco: la cantidad de sal amoníaco que se forma por la saturación, es suficiente para impedir la precipitación de la magnesia y del óxido de manganeso; únicamente el óxido de hierro y la alumina se precipitan. Se les recoge sobre un pequeño filtro, á fin de separarlos del líquido, y se les vuelve á disolver inmediatamente, rociando el filtro con algunas gotas de ácido clorhídrico debilitado. Se vierte despues en la disolución un exceso de potasa cáustica, que precipita el hidrato de peróxido de hierro y se apodera de la alumina. El peróxido de hierro debe lavarse bien con agua caliente, pues suele retener con tenacidad un poco de potasa. Se satura la disolución alcalina que contiene la alumina con un exceso de ácido clorhídrico, y se precipita en caliente la alumina por el carbonato ó hidrosulfato de amoníaco. Para separar la magnesia y el óxido de manganeso, que quedaron en una misma disolución, se trata esta por el hidrosulfato de amoníaco, que precipita sulfuro de manganeso; en seguida se vierte en ella, despues de separar este sulfuro, fosfato de amoníaco, que precipita la magnesia en estado de fosfato amónico magnésico.

El análisis de una caliza magnésiana puede hacerse tambien, determinando directamente la proporción de la cal en vez de hacerlo por diferencia, como en el método anterior. Se disuelve la piedra caliza en ácido clorhídrico débil, se se-



para la arcilla insoluble, se satura el líquido con amoniaco, que precipita al peróxido de hierro y á la alúmina, pero no á la magnesia ni al óxido de manganeso, porque la disolucion contiene mucha sal amoniacal. Se deja que se deposite el precipitado, cuidando de tener el vaso cerrado, se decanta el líquido y se recoge el precipitado sobre un filtro. Es importante operar rápidamente, á fin de evitar que el amoniaco absorva el ácido carbónico del aire, y se precipite por consiguiente carbonato de cal. En el líquido filtrado se vierte oxalato de amoniaco, que dá un precipitado de oxalato de cal, y no precipita la magnesia á causa de las sales amoniacales que existen en la disolucion. Por último, se separan sucesivamente el óxido de manganeso y la magnesia como en el método anterior.

#### CALCINACION DE LAS PIEDRAS CALIZAS.

La calcinacion de las piedras calizas tiene por objeto, como ya hemos indicado, el privar á estas sustancias del ácido carbónico que contienen, trasformándolas en *cal viva* ó *cáustica*. Esto se consigue esponiendo el carbonato de cal por espacio de muchas horas á la temperatura del calor rojo. En general el tiempo empleado para la completa espulsion del ácido será tanto mayor, cuanto lo sea el volúmen de los pedazos del mineral, la densidad de estos y el estado de sequedad en que se encuentren. La operacion será mas corta con las piedras de cal de pequeño volúmen, ligeras y húmedas. Se concibe en efecto, que las partes interiores de los fragmentos, solo reciben el calor al través de una cubierta poco conductriz, y que por otra parte el ácido carbónico experimenta una especie de presion que tiene que vencer para escaparse. La influencia del agua puede esplicarse de dos maneras, sin que por otra parte sea muy dudosa. O bien este líquido obra sobre el carbonato, formando un hidrato efimero y substituyendo al ácido carbónico por un tiempo muy corto, puesto que el hidrato de cal se descompone tambien por el calor rojo; ó bien descomponiéndose el agua por el carbon que se emplea como combustible, se transforma en diversos gases de los que hace parte el hidrógeno carbonado. Este gas reaccionando sobre el ácido carbónico del carbonato, tiende á hacerle pasar al estado de óxido de carbono, facilitando de este modo su separacion del carbonato de cal.



Asi la piedra de cal recién estraida de la cantera y por consecuencia húmeda todavía, debe ser mas fácil de calcinar que la piedra casi seca. La mayor parte de los horneros de cal conocen bien este fenómeno, y por esto cuando la piedra hace mucho tiempo que se halla fuera de la cantera, tienen el cuidado de humedecerla antes de cargar sus hornos.

La cal que debe obtenerse será generalmente, tanto mejor cuanto mas densa sea la piedra empleada. La densidad de las buenas piedras de cal naturales varía de 2,500 á 2,700. En los alrededores de las canteras de mármol, los horneros de cal emplean como piedra caliza, los pedazos de mármol que no pueden servir para el trabajo de los talleres, y los desperdicios y pequeños fragmentos que se producen al explotar los pedazos grandes. La cal preparada con esta materia es la mas pura que puede prepararse en grande.

La calcinacion de la cal puede efectuarse sin *horno*; con *horno intermitente*, ó con *horno continuo*. Como combustible puede usarse la leña, la ulla, la antracita, ó la turba. Estas dos últimas sustancias son las mas económicas, asi son preferidas por todos, siempre que se encuentran en cantidad conveniente.

Muchos ensayos se han practicado para perfeccionar la construccion de los hornos de cal; la sociedad de fomento en Francia, ha estimulado á los fabricantes de este interesante producto prometiéndole un premio considerable al que perfeccionase los aparatos para obtenerle con mas perfeccion y economía.

Los señores Deblinne y Donop, ingenieros y fabricantes distinguidos, han merecido esta recompensa. La forma del horno que les ha parecido preferible, relativamente al empleo de la turba, es con muy ligeras modificaciones casi la misma que se ha reconocido por la mejor en Prusia, para la calcinacion de la cal por el carbon de piedra.

Por lo demas, este horno es intermitente, y no difiere del horno de cal antiguo, sino por las proporciones interiores del fogon y del espacio donde se introduce la cal.

Los caleros del pais de Gales, disponen la piedra calcárea en grandes montones sin hacerla pedazos tan pequeños como para el procedimiento ordinario, y la calcinan por un método análogo al que se emplea para carbonizar la leña. Para impedir que la llama se escape por la parte superior y por los



costados del monton, se envuelve este con tierra ó céspedes, y se regulariza el calor de manera, que á pesar del gran volumen de los pedazos de piedra calcárea, quede toda la masa perfectamente calcinada. La cal que se obtiene por este procedimiento, se prefiere constantemente en igualdad de precio á la que se prepara en los hornos.

Hace mucho tiempo que en el Yorkcshire, en Shropshire y en Escocia, está puesto en práctica este método de preparar la cal.

Ultimamente, en Ath, (Bélgica,) se han servido con muy buen éxito del mismo método. La piedra calcárea mezclada con la ulla se dispone formando conos truncados de 5 metros de diámetro en la base, y de 3,5 metros en la parte superior y exige seis á ocho dias para su calcinacion completa. Por lo demas la operacion se conduce esactamente, como cuando se trata de hacer carbon de leña. La misma disposicion para la chimenea central, el mismo arreglo para encender el monton, los mismos cuidados para la capa de arcilla ó de tierra que preserva al monton de las corrientes de aire desarregladas; en fin, los mismos medios para abrigar el monton de los vientos que perturban el tiro regularizado del aire.

Este procedimiento es indudablemente el mejor, cuando se trata de hacer la cal con mucha prontitud, como sucede cuando hay precision de ejecutar construcciones considerables con mucha rapidez.

La forma de los hornos intermitentes de cal y el modo de dirigirlos varía poco. Las mas veces los caleros se contentan con practicar un agujero circular é irregular en los costados de un cerrillo, y guarnecer en seguida las paredes con piedras que colocan unas sobre otras sin argamasa alguna, ó revisten el interior con un mortero de tierra, y en fin, lo que es mejor, con un muro de ladrillos refractarios.

Hornos intermitentes.

Esta cámara oval, se estrecha por su parte superior, y está abierta por este punto para dar salida á los vapores y á los humos. La piedra calcárea se coloca de manera que forme bóveda sobre el fogon y que deje unos intersticios entre los pedazos; la *cocion* se hace con haces ó ramas de diversas leñas. No nos detendremos mucho, en la descripcion de este horno, porque no presenta buenos resultados relativamente al combustible y á la cantidad y calidad de los productos.

Se compone de un espacio destinado á colocar la piedra



de cal y el combustible; de un conducto para el aire y de una abertura lateral para introducir la leña.

El horno A, fig. 39, ovoidal, truncado en sus dos extremos, tiene 4 metros de altura, 5 metros de diámetro en el medio 1,5 metros de boca y 2 metros en el fondo.

V, es el conducto abovedado que lleva el aire sobre el combustible por el agujero C.

D, es la abertura por donde se introduce la leña.

La piedra de cal está colocada de manera que forma bóveda encima del hogar. Se introducen algunos haces de retama sobre este, se da fuego, y se tapa la abertura D por medio de un haz. Así que este se ha encendido, se pone sobre el hogar y se reemplaza por otro. Al cabo de doce horas se encuentra terminada la calcinación, se cubre la cal, se deja enfriar y se descarga el horno.

En los hornos, mejor contruidos, en que se emplea leña rajada, la mas á propósito para esta clase de operación, si bien la mas cara, es necesario por término medio 1,85 stéreo, ó metro cúbico para producir 2 metros cúbicos de cal con una piedra caliza dura. Haciendo uso de los haces, se queman cerca de 2,5 stéreos para obtener un metro cúbico de cal.

Algunas veces es ventajoso emplear manojos de la agramadura del cáñamo, tamaras, y desperdicios de las cortas que se hacen en los bosques; pero estos combustibles poco pesados, exigen mucho cuidado, siendo además necesario dar al hogar que debe contenerlos dimensiones considerables.

Cuando se tiene turba en abundancia puede emplearse del mismo modo que la leña, pero es necesario modificar el horno.

El construido por los señores Deblinne y Donuop, está representado en la fig. 40 por un corte vertical y otro horizontal á la altura de la rejilla, las mismas letras indican en estos dos cortes las mismas partes del horno.

A, nicho situado en la parte anterior para el servicio del fogon y para extraer la cal del horno.

B, alfeizar de la puerta por donde se introduce el combustible, y para distribuirle sobre la rejilla.

C, rejilla del horno compuesta de barras movibles apoyadas sobre las entalladuras de una barra de hierro, circular, y sostenida por una barra transversal. D, introducida en la fábrica del horno.



Esta rejilla es preferible á los fogones de claraboya contruidos con ladrillos, sujetos las mas veces á deteriorarse rápidamente, y que no dejan un acceso igual al aire, ni paso fácil á las cenizas.

C', parte inferior del cenicero adonde caen las cenizas del combustible.

EE, apoyo formado de ladrillos destinado á sostener la piedra calcárea que se espone á la calcinacion.

FF, pies derechos, continuacion de la curva en sentido tangencial á la misma.

FG y GH, rádios de la curva de las paredes, que apoyan sobre los pies derechos.

K, ojo del horno por el cual se introduce la piedra de cal, y que dá salida á los productos gaseosos de la calcinacion.

L, L, cubierta interior de ladrillos, que es preciso reparar cuando el fuego los deteriora ó altera.

M, fábrica de mampostería.

Concluida la construccion de un horno, es preciso dejarle secar espontáneamente; se enciende en seguida un poco de fuego, que se aumenta gradualmente, para que la contraccion del mortero se verifique sin causar grandes hendiduras, como sucederia por una desecacion rápida. Cuando la fábrica se ha secado lo suficiente se disponen en lo interior del horno los fragmentos de piedra de cal bajo la forma de una bóveda hemisférica, hecha con los pedazos mayores, y distribuyendo los intersticios lo mejor posible, para dar á la llama un fácil acceso. Esto se consigue fácilmente formando la bóveda de piedras grandes encadenadas de tal modo, que dejen unos espacios de 2 á 3 pulgadas y colocando entre las piedras unas cuñas para mantener su separacion. Una vez acabada la bóveda, se introducen las piedras calizas mezcladas unas con otras, dejando siempre entre ellas la mayor cantidad posible de intervalos. Es de toda precision el reunir los pedazos mas gruesos en medio de la masa, por hallarse en aquel punto el grado de temperatura mas elevado: las piedras de un grueso mediano se encuentran mas cerca de las paredes laterales; por último, las mas pequeñas se reservan para llenar la parte superior del horno.

Quando el horno está ya cargado, se enciende sobre la rejilla un fuego medio sofocado que se mantiene durante 10 ó 12 horas: el humo ennegrece las piedras y sale en abun-



dancia por la parte superior del horno. Esta operacion, que se llama ahumado, tiene por objeto el dejar á toda la masa el tiempo suficiente para calentarse poco á poco. Si se calentara apresuradamente, los pedazos de piedra compacta podrian estallar por la expansion rápida de los vapores, ocasionando la caida de las piedras que forman la bóveda, y de consiguiente el hundimiento de toda la masa de piedras calcáreas que encierra el horno.

En seguida se aumenta sucesivamente el fuego de una manera gradual, y cuando el tercio inferior del horno ha llegado á una temperatura próxima al rojo blanco, se sostiene esta con igualdad para evitar un enfriamiento parcial por el contacto del aire, enfriamiento que desgraciaria completamente la hornada.

La llama va ascendiendo poco á poco hasta salir por la parte superior del horno. Algunas horas antes de que se termine la operacion, se observa que la llama sale por encima de la plataforma, produciendo muy poco humo; siendo este un indicio seguro de que la calcinacion está próxima á su término y desde cuya época debe disminuirse gradualmente la intensidad del calor.

La turba presenta unas ventajas marcadas comparativamente con la leña. En el horno que acabamos de describir se puede calcinar un volúmen de cal con dos volúmenes de turba; es decir, que dos stéreos de turba, bastan para calcinar un metro cúbico de cal, muy bien calcinada: la ventaja de la turba sobre la leña no es por lo tanto dudosa.

Hornos continuos.

Los hornos intermitentes presentan, inconvenientes que han sido perfectamente estudiados y notados por Runford. Este observador hizo construir en Dublin un horno de ensayo, que produjo un resultado escelente, si bien hasta hora no ha sido adoptado. Este horno representado en la fig. 41, será indudablemente de muy buen éxito tomando la precaucion de agrandar ó multiplicar los hogares de una manera conveniente: ha sido construido esclusivamente para quemar ulla.

Se compone de un fogon A, de un cono B donde se verifica la calcinacion de la cal, cuya operacion, termina en el punto por donde desemboca la llama. Partiendo desde este punto hácia la parte inferior, la cal se va enfriando y todo el calor que pierde se utiliza en la misma operacion. La cal se



saca de tiempo en tiempo por la abertura D, situada en la parte inferior del horno, en tanto que se va cargando este por la boca C.

Este horno, modificado, es el que se emplea en Rudersdorf, en Prusia, para la calcinacion de la piedra de cal, con una mezcla de leña y de turba, en la proporcion de una parte de la primera, por cuatro de la otra, y produce 90 hectólitros poco mas ó menos, cada 24 horas.

Cerca de Paris, en Bélgica, en el pais de Lieja y en Inglaterra se sirven de hornos continuos que se calientan con ulla ó cok, pero que no tienen fogones distintos.

Las paredes interiores de estos hornos segun M. Kulmann, tienen en las cercanías de Lille, la forma de un cono truncado, invertido, como se representa en la fig. 42.

Estos hornos se cargan por lechos alternativos de piedra de cal y de carbon humedecido, en la proporcion de 4 partes de piedra en volúmen, y una de carbon de tierra, ó 1,5 de cok; estas cantidades pueden variar segun la naturaleza de la cal y la calidad del carbon. El horno se carga hasta el nivel del borde superior, y aun puede pasarse de este término seis pulgadas ó un pie. Las piedras tienen un volúmen de veinte y cinco á treinta centímetros cúbicos, y pesan de medio á un kilogramo. Para dar principio al fuego, se ponen algunos haces de leña en el horno y se cubren de ulla, se encienden y se añaden en seguida capas sucesivas de piedra de cal, y ulla, hasta llenar el horno. Cuando toda la masa se halla caliente por el fuego que se ha puesto debajo del horno, y que debe aumentarse gradualmente, el combustible se enciende sin intervalo y va calcinando los pedazos de piedra con quienes está en contacto.

La disminucion del humo indica que la calcinacion está ya muy avanzada. Entonces se extraen cerca de los dos tercios de la hornada, y se añade por la parte superior una cantidad proporcional de piedra y de carbon. Esta operacion se repite tres veces al dia, y se continúa sin interrupcion, retirando la cal, á medida que se vaya calcinando, hasta que el horno tenga necesidad de alguna reparacion. Las dimensiones de estos hornos son muy variables, pero su altura es siempre doble del diámetro de la boca. El que se halla representado en la figura anterior suministra 12 hectólitros de cal por dia. En Valenciennes, hay unos hornos alimentados por la caliza que recu-



bre la ulla, que pueden producir 100 hectólitros de cal por día.

El horno belga que representa la fig. 45, se conduce de una manera mas continúa todavía. Se carga sin cesar por la boca y se saca siempre la cal por las ocho aberturas inferiores. Éste horno produce 100 metros cúbicos de cal por día y termina por la parte inferior en una forma esférica. La fábrica de este horno, es enteramente de ladrillos. Según Mr. Demesmay, que ha publicado su descripción, se le da fuego como al precedente, y se emplea la ulla en la misma dosis. Pero así que el horno está lleno y la parte superior enrojida, se saca la cal alternativamente por cada una de las ocho aberturas inferiores. La masa de piedras baja por su propio peso, y á medida que desciende, se añaden nuevas capas por la parte superior del horno. Cuando no hay necesidad de extraer mas cal, se cierran los ocho conductos inferiores, la parte superior se cubre con piedras y arcilla, y la masa queda candente durante mas de ocho días. Cuando se quiere volver á poner en actividad, basta destapar todas las aberturas. El fuego solo se extingue una vez al año para reparar los desperfectos del horno.

Los hornos continuos, en los que el combustible se introduce mezclado con la cal, solo pueden calentarse con carbon de piedra; pero ordinariamente no producen la cal igualmente calcinada, encontrándose entre esta algunos trozos que deben separarse por no haber sufrido la temperatura suficiente para su completa calcinacion.

Calcinacion  
de las calizas  
hidráulicas.

La calcinacion de las calizas hidráulicas y sobre todo la de los cementos, debe practicarse con mucha precaucion. Si la temperatura se eleva demasiado, la materia se agrega en virtud de una combinacion íntima que se verifica entre la cal y el silicato de alúmina, y cuando esta masa se mezcla con el agua, pierde ya la propiedad de formar otra nueva combinacion. La accion del fuego debe ser por consiguiente lo mas lenta posible y solo la suficiente para que el carbonato de cal pierda la mayor parte de su ácido carbónico, y la arcilla desprenda el agua que contiene.

Luego que el cemento se ha cocido, se reduce á polvo impalpable por medio de un molino de dos piedras verticales, que giran sobre otra horizontal fija, colocada en el fondo de un hoyo circular; la piedra horizontal tiene cinco pies de diámetro, las que giran cuatro ó cinco y pesan por lo menos 20



quintales cada una. El polvo que resulta se tamiza y se guarda en los barriles.

Las fábricas de cal presentan algunos inconvenientes por los cuales se las coloca entre los establecimientos insalubres de tercera ó segunda clase, segun que la fabricacion se opere en hornos intermitentes ó continuos. Estos inconvenientes son: 1.º Olor desagradable é incómodo á carbon de piedra, olor que varía con la naturaleza de los carbones. 2.º Desprendimiento de cierta cantidad de ácido sulfuroso que proviene de la combustion de los sulfuros contenidos en las ullas. 3.º Desprendimiento de una gran cantidad de vapor acuoso que arrastra consigo los productos de la descomposicion de las materias orgánicas contenidas, aunque en cortas cantidades, en el carbonato de cal destinado á la fabricacion de la cal viva. 4.º Desprendimiento de ácido carbónico en gran abundancia.

Inconvenientes de las fábricas de cal.

Si la calcinacion se practicase en vasijas cerradas y empleando cok en vez de carbon de piedra, teniendo ademas la precaucion de absorber el ácido carbónico desprendido, no habria inconveniente en clasificar esta fabricacion entre los establecimientos insalubres de 3.ª clase.

Las condiciones pues, que deben imponerse á los fabricantes de cal son las siguientes: 1.ª Situar los hornos por lo menos á 150<sup>m</sup> de las habitaciones; á 50<sup>m</sup> de la via pública y á 1000<sup>m</sup> de los bosques: 2.ª No colocar la boca del horno de frente á las casas y caminos.

Cuando el horno haya de situarse próximo á los sitios habitados, no deberá permitirse su construccion al menos que el dueño se sujete á las condiciones siguientes; 1.ª Cubrir el horno con una chimenea cuya altura sea la suficiente para que el humo sobrepueje la de las casas inmediatas, haciendo ademas que la parte superior sea giratoria: 2.ª Emplear exclusivamente el cok para calentar el horno, en razon á que la combustion de este cuerpo produce solamente ácido carbónico, sin que su olor sea incómodo ni insalubre. Por último, convendrá tambien fijar el número de hornadas que deban hacerse mensualmente.

La cal estará bien calcinada cuando se deshaga con prontitud en el agua, desprendiendo calor, cuando no contenga en su superficie puntos vitrificados, y finalmente, cuando desleida en agua y tratada por el ácido nítrico se disuelva sin efervescencia.

Indicios que prueban la perfecta calcinacion de la cal. Medios empleados para su transporte y conservacion.



La conduccion de la cal debe practicarse en vasijas ó en carros tapados; especialmente si ha de trasportarse á mucha distancia. De todos modos la cal experimenta, durante su transporte en carros, una compresion que depende de su naturaleza, de la manera de trasportarla, de la distancia á que se conduce y del estado de los caminos. En efecto, para la cal hidráulica de Paris trasportada en ruedas á cinco kilómetros sobre un camino empedrado, la compresion llega á un ses-to, es decir, que un metro cúbico de cal viva medida en el horno no produce mas que  $0^m834$  en el punto donde se descarga.

Es por consecuencia esencial especificar en los contratos, si la cal deberá medirse al pie del horno ú en la obra. Esta observacion debe influir tambien en el cálculo sobre el aumento de volúmen que experimenta por la extincion, segun se determine para la cal tomada en el horno ó en el punto donde haya de emplearse.

Ya hemos indicado que para conservar la cal conviene encerrarla inmediatamente despues de fria en cajas ó toneles herméticamente tapados. En efecto, en este estado puede conservarse un año por lo menos sin que pierda sus cualidades.

Vicat emplea para conservar la cal hidráulica el procedimiento siguiente:

Se estiende una capa de cal apagada por inmersion, de quince á veinte centímetros de espesor debajo de un cobertizo y á cubierto de la humedad. Sobre esta capa se apila la cal viva apretándola con un mazo para disminuir en lo posible los espacios vacíos. Se hace terminar esta pila en taludes de poca pendiente, que se cubren con otra capa de cal recientemente imergida, la cual reduciéndose á polvo rellena los huecos y recubre los trozos defendiéndolos de este modo del contacto del aire y de la humedad. Cuando la cal hidráulica haya de trasportarse por tierra á distancias tales que exijan un viaje de algunos dias y en época en que se tema mudanza en el tiempo, conviene apagarla por inmersion al pie del horno y cargarla en carros de forma de cajon perfectamente tapados y cuyo tamaño puede ser bastante grande en razon á la poca densidad de la cal.



## CARACTERES DE LAS DIVERSAS CALES.

Cales grasas  
y áridas.

La cal obtenida por estos diversos procedimientos presenta propiedades que varían según las materias que se emplean para su confección. Si se hiciera siempre uso del carbonato de cal puro, se obtendrían constantemente cales igualmente puras, y dotadas de caracteres invariables; pero las piedras de cal naturales difieren por su composición. Muchas veces contienen carbonato de magnesia, carbonato de manganeso, carbonato de hierro, arcilla, etc., y la presencia de estas sustancias altera las propiedades de la cal de una manera notable y algunas veces muy útil. Ya la cal obtenida goza la facultad de adquirir por una larga exposición debajo del agua, una dureza comparable á la de las mejores piedras de edificar, ya por el contrario conserva bajo esta influencia su estado primitivo de agregación, sin experimentar un endurecimiento pronunciado.

Estas últimas las describiremos con el nombre de *cales aéreas*, y las primeras con el de *cales hidráulicas*.

Entre las cales aéreas se distingue la *cal grasa*, que es casi pura, y la *cal árida* que contiene magnesia en cantidad considerable.

Las cales hidráulicas pueden dividirse en *cales muy hidráulicas* y *cales poco hidráulicas*. La composición de las primeras se aproxima mucho á la del *cemento romano*, de que ya hemos hablado.

Se concibe bien que las cales hidráulicas son preferibles para las construcciones sumergidas en el agua, mientras que las cales aéreas no pueden emplearse sino para las construcciones espuestas al aire. En cuanto á la materia que se designa bajo el nombre de *cemento*, es, como ya hemos manifestado, una variedad de cal inestimable que adquiere, del mismo modo debajo del agua que al aire, una dureza notable, y en un corto espacio de tiempo.

De los análisis de M. Berthier resulta que las cales grasas contienen lo menos 90 por 100 de cal pura, y que la presencia de la magnesia, de la sílice, de la alumina y del óxido de hierro, cuando la reunión de estas materias no pasa de 10 por 100, altera poco sus propiedades. Cuando la magnesia asciende á 20 ó 25 por 100, la cal se hace árida, sin adquirir



por lo tanto los caractéres de las cales hidráulicas de que ya hemos hablado. Fácil es advertir que la cal se hace árida por la magnesia, porque esta última tierra no goza la propiedad de formar pasta con el agua: se deslie, pero sin formar ninguna trabazon con este líquido, mientras que la cal pura origina una papilla tenaz, bastante análoga á la que resulta de las arcillas ordinarias.

Cuando se vierte agua sobre la cal que proviene de la creta, del mármol, ó de las cales grasas, mencionadas anteriormente, hay un desprendimiento considerable de calor, la masa se dilata con un crujido muy marcado, aumenta hasta 3 veces su volúmen, se reduce á polvo y por la adición de un poco de agua, forma una masilla pastosa que retiene el agua aun á la temperatura de 300°. Se distinguen mas particularmente bajo el nombre de cales grasas aquellas que producen pastas fuertes y legaminosas.

Las cales áridas producen menos calor; aumentan menos de volúmen y ofrecen una pasta de poca ligazon.

Las unas y las otras reducidas á pasta y colocadas debajo del agua, pueden conservarse durante muchos siglos en el estado pastoso. Pero si despues de haberse reducido á este estado, se esponen al aire en un sitio abrigado, pierden una parte del agua que habian adquirido, y se apoderan poco á poco del ácido carbónico contenido en la atmósfera. Entonces adquieren una dureza muy notable, y tanta, que aun se hacen susceptibles de adquirir un hermoso pulimento. Estos caractéres son mas pronunciados en las cales grasas, que en las otras.

El análisis siguiente practicado por el Sr. Verdú manifiesta la composicion de dos calizas de España que sometidas á la calcinacion producen la cal grasa.

	Del cerro de Guadalajara.	De Tarragona.
Carbonato de cal. . . . .	99,22	98,24
Peróxido de hierro y magnesia.	0,50	indicios.
Cuarzo y arcilla. . . . .	0,28	1,76
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00



Se ve, pues, que estas dos calizas son carbonatos de cal casi puros y producen en efecto cales sumamente grasas.

Las cales hidráulicas son, como ya hemos indicado, las que resisten á la acción del agua y que no poseen la propiedad de dilatarse cuando se humedecen, pero que sin embargo en el estado de polvo absorven á este líquido sin aumentar mucho de volúmen y sin producir mucho calor, originando una pasta que colocada debajo del agua, se endurece al cabo de algunos dias. Esta pasta espuesta al aire, tomará por el contrario la consistencia del yeso y solo adquirirá una tenacidad muy débil.

Cales hidráulicas-Teoría de su solidificación.

Unas propiedades tan distintas han llamado hace mucho tiempo la atención de los constructores y de los químicos. Se sabía que los romanos preparaban cales semejantes con una mezcla de arena volcánica, conocida con el nombre de *puzolana*, y de cal ordinaria. Se sabía también, que el trass y el basalto podían reemplazar á la puzolana. En fin, que algunas calizas naturales habían dado por la calcinación, cales de todas las propiedades que acabamos de mencionar; y el ventajoso empleo que de ellas resultaba, excitaba vivamente el deseo de poderlas imitar siempre que fuera conveniente. Muchos químicos habían estudiado este problema. La presencia del óxido de manganeso en muchas cales hidráulicas condujo á Mr. Guyton-Morvean á atribuirle una importancia esclusiva. Mr. Descostils había imaginado por el contrario, que el papel esencial debía atribuirse á la sílice en un estado particular; pero todas estas investigaciones no habían producido la solución práctica que se buscaba, y solo á los trabajos recientes y notables de Mr. Vicat ha sido debida esta solución por entero.

Segun este autor, la notable propiedad que posee la cal hidráulica de solidificarse dentro del agua, depende de la presencia del silicato de alumina, y del estremado grado de división en que se encuentra la sílice en algunas piedras calizas. Esta división es la que, despues de la calcinación y en el momento en que la cal se hidrata, poniendo á la cal en contacto de la sílice por un gran número de puntos, entra en combinación con esta última, dando lugar á la formación de un silicato que se une al de alumina y á cierta proporción de hidrato de cal.

La división de la sílice ejerce una acción tan favorable que, uniéndola en estado gelatinoso con la mitad de su peso de cal grasa, es susceptible de formar un compuesto muy re-



sistente, en tanto que, si se emplea en el estado de arena ó de cristal de roca pulverizado, la mezcla no adquiere en el mismo tiempo una consistencia perceptible.

Este modo de obrar de la sílice y de la arcilla para comunicar á la cal la propiedad hidráulica, se deduce de los experimentos siguientes.

Si se deja por algun tiempo, en un frasco cerrado, agua de cal y arcilla desecada á la temperatura de  $300^{\circ}$  ó  $400^{\circ}$ , se observa que la arcilla se apodera de la cal que existe en el agua, y despues de un contacto suficientemente prolongado, el agua pierde la propiedad de restablecer el color azul de la tintura de tornasol enrojecida por un ácido; si se reemplaza la arcilla con la sílice gelatinosa, esta se apodera igualmente de la cal, aunque con menos energía que lo hace aquella. La alumina hidratada se apodera tambien de un poco de cal; pero la magnesia, el óxido de hierro, y el óxido de manganeso no retienen sensiblemente señales de esta materia. Estos hechos demuestran que la alumina, la sílice y sobre todo la arcilla tienen un afinidad con la cal bastante poderosa, para arrebatársela completamente al agua y fijarla en estado de combinacion insoluble; siendo asi que la magnesia y el óxido de hierro no gozan de semejante propiedad. La sílice, en estado de arena cuarzosa, se halla, como mas arriba hemos indicado en igual caso que estas últimas sustancias, es decir, que carece de accion sobre la cal disuelta ó interpuesta en el agua.

Si se mezcla con la cal sílice gelatinosa, pero desecada de antemano y en forma de polvo harinoso, se amasa el todo con agua y se abandona la pasta á sí misma, se observa al cabo de cierto tiempo que ha habido combinacion entre una parte de la cal y la sílice, pues el agua no disuelve ya la totalidad de la cal; y tratando la materia por un ácido, la sílice se separa en estado gelatinoso, lo cual prueba que se hallaba en combinacion con la cal.

En fin, calentando con toda la regularidad posible una mezcla íntima de carbonato de cal y arcilla, se obtiene una materia que se endurece con el agua pasado cierto tiempo. La cal existe, en este caso, combinada en gran parte con el silicato de alumina; pues no se consigue disolverla sino parcialmente en el agua, y si la disolucion se efectúa en un ácido débil queda un residuo de sílice gelatinosa.

La arcilla, por la coccion en contacto con el carbonato de



cal, se ha hecho poco atacable por los ácidos débiles, no siéndolo en su estado primitivo por los mismos ácidos.

Estos esperimentos hacen ver que la solidificacion de las cales hidráulicas en el agua, proviene, como ya hemos indicado, de una combinacion hidratada de los silicatos de alumina y de cal; combinacion que dá lugar á nueva agregacion de la materia y hace pasar á la cal á un estado en que es insoluble en el agua.

La sílice poco agregada y la arcilla no son las únicas materias que dan propiedades hidráulicas á la cal; pues la magnesia en cierta proporcion produce el mismo efecto, si bien en grado mas inferior: esta es la razon porque ciertas dolomias, dan, como ya hemos indicado al tratar de esta sustancia, cales hidráulicas aunque inferiores en calidad. Las propiedades hidráulicas de las cales magnesianas dependen evidentemente de una combinacion química, que en presencia del agua, se efectua entre el hidrato de cal y el de magnesia,

Se ha observado tambien que una mezcla muy íntima de cal viva y de carbonato de cal presenta propiedades hidráulicas, aunque poco marcadas. La piedra ordinaria de cal cocida á una temperatura moderada, de manera que una gran parte quede en estado de carbonato, produce una cal débilmente hidráulica; y cuando se cuecen las cales grasas, resultan siempre fragmentos imperfectamente calcinados que llaman *huesos* los caleros, y gozan esta propiedad. La hidraulicidad que posee la mezcla íntima de cal viva y carbonato de cal, debe atribuirse indudablemente á la formacion, en el agua, de una combinacion de carbonato é hidrato de cal.

He aqui el análisis que manifiesta la composicion de cuatro calizas de España que sometidas á la calcinacion producen cales hidráulicas.

	De Tarra- gona.	De Torre- cilla. (Logroño).	De San Sebastian.	
			1. <sup>a</sup> calidad.	2. <sup>a</sup> calidad.
Carbonato de cal. . . . .	90,24	80,30	69,21	80,89
Peróxido de hierro y magnesia. . . . .	1,55	2,36	3,60	1,67
Arcilla y sílice. . . . .	6,77	15,30	23,76	15,53
Agua. . . . .	1,44	2,04	3,43	1,91
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>



Resulta, pues, que la de Tarragona debe dar por la coccion una cal débilmente hidráulica, que la de Torrecilla de Cameros y la de San Sebastian (2.<sup>a</sup> calidad), pertenecen á las calizas medianamente hidráulicas; por último, que la de San Sebastian (1.<sup>a</sup> calidad), debe indudablemente clasificarse entre las mejores calizas hidráulicas.

### CALES HIDRAULICAS ARTIFICIALES.

Uno de los mas bellos y útiles descubrimientos de nuestro siglo es indudablemente la teoría de la preparacion y efectos producidos por las cales hidráulicas naturales y artificiales.

Es bien sabido que estas cales se empleaban ya en las construcciones desde tiempo inmemorial, pero tambien lo es que eran sumamente raras y por consecuencia de un uso muy limitado. En el dia, merced á las numerosas investigaciones de M. Vicat y á los análisis practicados por varios ingenieros, se ha encontrado este producto natural en varias localidades, fabricándose ademas en todos aquellos puntos en que abundan los elementos que entran á constituir las y en los que carecen de las calizas hidráulicas naturales.

Dos son los métodos que pueden emplearse para la fabricacion de las cales hidráulicas, las cuales se distinguen con los nombres de cales hidráulicas de *primera y segunda coccion*. Las primeras salen mas baratas, pero en cambio son de peor calidad que las segundas.

El siguiente procedimiento indicado por M. Vicat y puesto en práctica en Paris por M. de Saint-Leger, es uno de los mejores y mas económicos. Se deslie en agua una mezcla de cuatro partes de creta de Meudon y una parte de arcilla de la misma localidad. Se tritura y bate la mezcla por medio de dos muelas verticales movidas por dos caballos, en una pila de piedra de forma circular: cuando la mezcla se ha reducido á una papilla espesa se la conduce, levantando una compuerta, á un estanque, en el cual se verifica la precipitacion: se decanta despues el líquido claro que puede emplearse para otra operacion. Se recoje la materia precipitada y parcialmente desecada para modelarla bajo la forma de ladrillos que se secan al aire y se calcinan despues en hornos, graduando convenientemente la accion del fuego.

La cal hidráulica artificial de segunda coccion se obtiene



del mismo modo, con la única diferencia de emplear cal grasa cocida y apagada.

Hay además otro procedimiento fundado en la composición de las margas. En efecto, ya hemos indicado en otro lugar que estas sustancias están formadas por la mezcla de arcilla y cal carbonatada en diversas proporciones. Será, pues, suficiente añadir á estos minerales unas veces arcilla y otras cal, para obtener una mezcla que contenga un 14 de la primera por 100 de la segunda.

Como por otra parte las margas se deslien con facilidad en el agua, la mezcla de estas materias se verifica con mucha economía. Luego que la pasta haya adquirido cierta consistencia por la desecación, se extiende sobre un plano en capas cuyo espesor sea próximamente 1 decímetro, y se divide en pedazos más ó menos irregulares que se dejan endurecer un poco, sometiéndolos después á la cocción.

## DE LA FABRICACION DE LOS MORTEROS, HORMIGONES, Y MASTICS.

Las sustancias que entran en la composición de los morteros son la cal, el agua, la arena, la ceniza que resulta de la combustión lenta del carbon de piedra y de la madera, las escorias procedentes de las fraguas y las puzolanas naturales y artificiales.

Las condiciones á que deben satisfacer las tres primeras, las hemos espuesto al tratar del óxido de calcio, del ácido silícico y del agua.

Las cenizas procedentes de la uilla deben ser puras, estar exentas de carbon, finamente pulverizadas y conservadas en sitios donde la humedad no tenga un acceso fácil.

Las escorias de las fraguas deben tamizarse por un cedazo de alambre de hierro hasta obtener un polvo cuyos granos tengan el espesor de los de la pólvora de cañon.

Por último, al tratar de la piedra pomez daremos á conocer las propiedades y aplicaciones de la puzolana natural y los medios que se emplean para la fabricación de esta sustancia.

Los morteros fabricados con estos cuerpos pueden dividirse en las tres clases siguientes: 1.<sup>a</sup> Morteros ordinarios de cal



no hidráulica. 2.<sup>a</sup> Morteros hidráulicos. 3.<sup>a</sup> Morteros eminentemente hidráulicos ó cimentos.

Morteros ordinarios de cal no hidráulica.

El mortero ordinario resulta de la mezcla de las cales no hidráulicas con arena cuarzosa. Esta mezcla se hace en diversas proporciones, segun la naturaleza de la cal y la de la arena. Pueden hacerse entrar para una parte de cal, desde una hasta cuatro ó cinco de arena. Se empieza por establecer en el suelo una era bien limpia y bien apisonada, arrimada las mas veces á una pared, y cerrada por un circuito semicircular que se eleva algunas pulgadas sobre el suelo. Este circuito está formado de arena mojada unida por un poco de tierra arcillosa; se coloca sobre la era la cantidad de cal que se quiere trasformar en mortero, y se rocía con agua para desleirla. Bien pronto la cal se calienta, se divide en fragmentos, se deslie mas ó menos completamente y por una adición conveniente de agua, se forma una papilla bien líquida, la cual se amasa despues con la arena para formar el mortero. Para que la mezcla quede bien hecha, es necesario agitar la materia en todos sentidos y deshacer bien las pequeñas bolas que se forman de cal ó de arena. Este resultado puede obtenerse por diversos medios mas ó menos sencillos. Unas veces se colocan estas materias en una era y se baten en todos sentidos por medio de una batidera larga de hierro con el mango de palo, que maneja el obrero del modo mas apropósito. Otras veces se hace uso de unos medios mas rápidos que pueden tambien variarse mucho. Se puede, por ejemplo, colocar el mortero en un hoyo circular poco profundo, en cuyo centro hay un eje vertical, que da vueltas por medio de un manubrio. Este eje está atravesado horizontalmente por dos varillas de hierro que dividen la materia y la revuelven en todos sentidos mezclando bien todas sus partes. Es necesario, sin embargo, traer de tiempo en tiempo á la superficie la materia que se halla en el fondo del hoyo.

Bien se concibe que esta mezcla íntima puede obtenerse por numerosos procedimientos, cuya elección puede determinar solamente la economía local.

El mortero fabricado de esta suerte sirve para ligar entre sí las diversas piedras y ladrillos de las construcciones ordinarias. Para aplicarlo se moja la superficie de las piedras ó ladrillos para impedir que estos absorvan rápidamente la humedad del mortero, porque en este caso el hidrato de cal se



endurecería muy pronto sin adquirir una gran consistencia. Se aplica el mortero por medio de la paleta, cuidando de colocar un exceso de él en los intervalos, para que al comprimir las piedras ó ladrillos, obliguen á salir fuera al excedente, dejando por este medio bien llenos todos los intervalos, y una capa muy delgada entre las piedras que se quieren unir. De este modo cada grano de arena se halla envuelto por una película muy ténue de cal que contrae con él una adherencia suma, siendo tambien tan considerable la que se verifica entre la piedra y el mortero que excede á la que adquiere la primera consigo misma, para lo cual conviene que la capa interpuesta tenga, como hemos dicho, poco espesor.

La mezcla de la arena con la cal presenta además otra ventaja y es la de impedir que la contraccion de la pasta al secarse sea demasiado rápida, lo cual produciría hendiduras que la harían deleznable. La solidificación y dureza de este mortero no son debidas únicamente á la evaporación del agua, si no tambien á la combinación de la cal con el ácido carbónico de la atmósfera.

Las partes exteriores ó espuestas al aire libre se trasforman completamente en carbonato de cal, al paso que las interiores, sobre las cuales es menos activa la acción de aquel fluido, pasan tan solo al estado de una combinación de carbonato é hidrato de cal que adquiere mucha dureza. Pero es menester muchísimo tiempo para que esta última transformación se verifique de una manera completa; pues al cabo de gran número de años, la cal existe todavía casi por entero en el estado de hidrato en la parte interior de los muros.

Este importante fenómeno se observó al demoler uno de los pilares de la torre de S. Pedro en Berlin que se había edificado hacía cerca de 80 años, y cuyo diámetro era de 27 pies, y en cuya parte interior se encontró el mortero tan fresco como si pocos días antes se hubiera empleado; esta observación manifiesta de una manera indudable, que para la solidificación de los morteros, es indispensable la presencia del ácido carbónico del aire y lo inconveniente que es colocar estos morteros en medio de fábricas ó macizos de mucho espesor donde no puedan secarse.

Se conoce fácilmente que la arena cuarzosa mezclada con la cal no ha ejercido acción química; pues si se disuelve en un ácido el mortero solidificado, no se separa sílice gelatinosa,



como indudablemente se separaría si la arena se hubiera combinado en todo ó en parte con la cal para formar un silicato, como el que se forma en las cales hidráulicas.

La calidad del mortero depende principalmente del método empleado en su preparacion, de la calidad de la arena, de la cantidad de agua con que se ha amasado, y en fin, de la mezcla mas ó menos perfecta entre sus partes. Ya hemos dicho al tratar de la arena que para la fabricacion de los morteros debe siempre elegirse la de grano áspero. Por otra parte, si la arena es demasiado gruesa dividirá poco la cal, y si es demasiado fina, resultará un mortero poco poroso. M. Huigens observa con respecto á este punto, que la arena fina es preferible á la mediana, y esta á los guijarros; pero advierte ademas, que el mejor mortero resulta de una parte de cal pura, de tres de arena fina y de cuatro de arena mediana. En todos los casos conviene siempre que la solidificacion del mortero se verifique lentamente. Se observa tambien que el mortero toma mas consistencia cuando se ha aplicado en otoño que cuando lo ha sido en verano, época en que la evaporacion es demasiado rápida.

El mortero ordinario de cal grasa, no solo se emplea para ligar entre sí los materiales de forma regular, como piedras de sillería y ladrillos, sino que sirve igualmente para las construcciones hechas con materiales toscos é irregulares; pero en este caso se rellenan los intervalos, demasiado grandes, con fragmentos de piedra, morrillo ó ripio, á fin de disminuir el espesor del mortero. Ademas suelen incorporarse á éste, pequeños guijarros ó grava cuarzosa, que se oponen á que se desgaste ó deteriore; pues al cabo de algun tiempo estas piedras forman salientes en el muro; que protegen el mortero.

Los morteros hidráulicos se preparan mezclando la cal con sustancias diferentes, que la comunican la propiedad de solidificarse de la misma manera que las cales hidráulicas, cuando se ponen en contacto con el agua.

Hay algunos cuerpos que, mezclados con las cales hidráulicas, apenas ejercen influencia en su solidificacion, en tanto que otros tienen la propiedad de mejorar la calidad de las cales medianamente hidráulicas, pudiendo ademas, en ciertos casos, trasformar las cales grasas en hidráulicas.

Las sustancias que se mezclan á las cales para la fabricacion de los morteros son de dos especies, á saber, *inertes* y



*enérgicas*. Las primeras son los guijarros, las arenas, etc., puesto que, como ya hemos manifestado, la mezcla de estos cuerpos con las cales grasas, en nada modifican su acción con el agua.

Entre las sustancias enérgicas capaces de producir por su mezcla con la cal grasa morteros hidráulicos, se encuentran en primera línea los productos volcánicos conocidos con el nombre de *puzolanas*, los cuales tienen la propiedad de combinarse lentamente y bajo la influencia del agua con la cal grasa, dando lugar á morteros hidráulicos de excelentes cualidades. Las tovas volcánicas que se encuentran en las márgenes del Rin en Auvernia, los trípolis, las lavas y las arcillas cocidas que no han sufrido una calcinación demasiado fuerte, en cuyo estado constituyen la puzolana artificial, dan el mismo resultado que la puzolana natural, cuando se mezclan con las cales grasas.

La reacción química que dá lugar á la hidráulidad de una mezcla de cal grasa y puzolana, se patentiza por los experimentos siguientes:

1.º Sumergiendo un ladrillo ordinario en agua saturada de cal, basta muy poco tiempo para que se recubra de una película blanca de cal cáustica que el agua no puede disolver.

2.º Del mismo modo, si se deja abandonada durante algunos días la puzolana finamente pulverizada, en un frasco bien tapado lleno de agua de cal, se apodera de toda la cal, y pasado algún tiempo el agua pierde sus propiedades alcalinas.

Estos experimentos demuestran la afinidad de la puzolana con la cal en el estado de hidrato; resultando de aquí, que si un mortero fabricado con una mezcla íntima de puzolana pulverizada fragua debajo del agua, es porque la cal hidratada se une con fuerza á la puzolana en virtud de una afinidad especial, haciéndose de este modo insoluble en el agua. Las puzolanas que mejor se prestan á la preparación de los morteros hidráulicos, son las que se dejan atacar mas fácilmente por el ácido sulfúrico.

Los morteros fabricados con cal grasa y puzolana adquieren con el tiempo una dureza extrema, de la cual puede juzgarse por las ruinas de las construcciones romanas en que se emplearon exclusivamente estos morteros, los cuales forman rodetes salientes en los puntos donde el ladrillo se ha desgasa-



tado, rodetes que han resistido y pueden aun resistir numerosos siglos.

Morteros eminentemente hidráulicos, ó cimentos,

El cemento romano ó yeso cemento tiene, como ya hemos indicado en otro lugar, la singular propiedad de solidificarse casi instantáneamente como el yeso, en menos de un cuarto de hora, cuando se abandona á sí mismo, bien sea al contacto del aire, bien debajo del agua, despues de haberlo amasado en una gacha un poco consistente, y sin necesidad de mezclarle con otra sustancia. El agua no le altera; antes por el contrario, adquiere mayor solidez, cuando está constantemente mojado ó húmedo, que cuando está espuesto á la sequedad; en fin, su dureza se acrecienta con el tiempo, y en breve llega á ser, cuando menos, tan grande como la de las mejores piedras calcáreas. Si se forman con este cemento trozos un poco grandes, toman al cabo de poco tiempo una dureza notable, sin desquebrajarse ni contraerse sensiblemente, cualidades que le hacen estremadamente precioso para todas las construcciones hidráulicas, sobre todo cuando las circunstancias no permiten practicar un agotamiento del líquido, ó cuando no puede efectuarse sino ocasionando grandes dispendios.

Se hace tambien uso de esta sustancia para revocar las casas en vez de yeso, y para fabricar los cimentos de los grandes edificios. Se emplea tambien con muy buen éxito para reparar los muros que experimentan infiltraciones, para enlodar las juntas de los tubos que conducen el agua y para restaurar las cornisas y otros ornamentos de los edificios. Adhiere de tal modo á los cuerpos sobre quienes se aplica, que dos pedazos de piedra unidos con este cemento, cuesta mucho menos esfuerzo romperlos que separarlos. Sin embargo, la adherencia es mucho mayor con los cuerpos porosos que con los compactos.

Para emplear bien este cemento es necesario mucha práctica. Si al amasarle no se le dá el grado de consistencia conveniente, si no se estiende con prontitud y se introduce entre los intersticios de las piedras, si se interrumpe el trabajo, etc., se solidifica con desigualdad, se desquebraja y adhiere mal á los materiales de la fábrica. No debe emplearse sino en las obras destinadas á resistir á la accion del agua; pero los señores Parker y Wyatts recomiendan el mezclarle con arena fina angulosa y bien lavada, en la proporcion de dos partes



de esta con tres de cemento , para hacer los morteros ordinarios ; tres partes de arena y dos de cemento para endurecer los muros espuestos al frio , y cinco partes de arena con dos de cemento para endurecer los que estan espuestos á la sequedad ó al calor. Cuando se destina á guarnecer las juntas de los ladrillos ó piedras, es necesario aplicarle por capas sucesivas , pero teniendo cuidado de comprimir con fuerza cada una de ellas , y no esperar que se sequen las unas para colocar las otras.

En los terrenos húmedos es preciso las mas veces construir un suelo artificial impermeable , sobre el cual se establecen los cimientos de las construcciones. Se le obtiene mezclando los morteros hidráulicos con piedra menuda ; ordinariamente se emplea para un volúmen de mortero dos ó tres volúmenes de piedras angulosas molidas. La mezcla , que se llama *hormigon*, se estiende de manera que presente una superficie plana y horizontal, sobre la cual se asientan fácilmente los sillares. Se endurece al cabo de algunos dias, y se hace completamente impermeable.

Hormigon.

La preparacion de los mastics exige aun mas precauciones que la de los morteros, siendo uno de los mas principales el empleo exacto de las cantidades prescritas en las fórmulas. Nosotros daremos á conocer la preparacion y uso de los mas notables.

Mastics.

#### *Mastic ordinario.*

Se compone de una parte de cal viva, pulverizada y apagada en sangre de buey, y dos partes de cemento romano, al cual se añade una pequeña cantidad de limaduras de hierro; se bate bien la mezcla hasta que forme una pasta ductil y perfectamente homogénea.

Se emplea este mastic para rellenar las juntas de los sillares.

#### *Mastic de Dhil.*

Se prepara mezclando ocho ó diez partes de ladrillo molido con una parte de litargirio y de aceite de linaza. Este mastic se emplea para pegar las piedras y repasar sus juntas y hendiduras. Para aplicarle, debe mojarse la piedra de antema-



no, con el objeto de que no absorva el aceite que tiene el mastic. Este es impermeable á la humedad, y se pone duro como la piedra al cabo de algunos dias.

Se obtiene tambien un mastic hidráulico susceptible de adquirir una dureza considerable, mezclando diez partes de arena con una de cal ó con cuatro ó cinco partes de creta, amasando la mezcla con aceite de linaza hecho secante por el litargirio.

#### *Mastic de clara de huevo.*

Se obtiene formando una pasta con cal viva pulverizada y con la albumina de huevo. Se emplea con frecuencia para pegar las piedras, y muy especialmente los mármoles. Reemplazando la albumina por el caseo ó queso blanco se obtiene otro mastic que presenta propiedades análogas, siendo ademas muy duro é hidráulico.

#### *Mastic de limaduras de hierro.*

Se compone de cincuenta partes de limaduras de hierro sin oxidar, y mejor aun de hierro colado, una parte de sal amoniaco y otra de azufre. Se mezclan perfectamente estos cuerpos en un mortero, y se añade la cantidad de agua necesaria para que se humedezca la masa. Sirve para reunir entre sí los tubos de hierro colado que han de enchufarse. Pasado algun tiempo se verifica una reaccion química á consecuencia de una combinacion superficial entre las limaduras de hierro, el azufre y el cloro de la sal amoniaco, y la mezcla se solidifica y endurece.

#### *Mastic de vidrieros.*

Se prepara malaxando con una espátula sobre una mesa de mármol, creta desecada al fuego, y aun mejor albayalde, con la cantidad suficiente de aceite de linaza para formar una pasta consistente pero ductil.

Conviene que el aceite de linaza se haya hecho algun tanto secante por medio de la ebullicion con uno ó dos centésimos de litargirio pulverizado. No debe prepararse este mastic en grande cantidad para evitar su alteracion por el contac-



to del aire, de cuya accion puede sin embargo preservarse, colocándole en botes bien tapados, recubriéndole antes con una capita de aceite de linaza.

*Mastic de fontaneros.*

Se compone de una parte de resina privada de agua, y dos de polvo de ladrillo perfectamente seco. Se funde la resina en una caldera de hierro, y se añade en pequeñas porciones el polvo de ladrillo caliente, se agita bien para que la mezcla sea la mas perfecta posible, y se reduce á tortas vertiéndola en porciones pequeñas sobre una plancha de fundicion de hierro, untada ligeramente de aceite.

Se emplea este mastic para recibir las llaves de las fuentes y para unir y ensamblar los tubos de los encañados. Para usarle se reduce á pedazos pequeños y se funde en un calderillo de hierro, meneándole sin cesar. Los objetos sobre quienes se aplique deben estar perfectamente secos y sin polvo, para que tenga lugar la adherencia. Para estenderle se sirven los fontaneros de un hierro caliente.

SULFATO DE CAL.  $\text{CaO}, \text{SO}^5, 2\text{HO}$

**Sinonimia.**—*Cal sulfatada.*—*Selenita.*—*Yeso.*

El sulfato de cal es sólido, insípido, inodoro, unas veces amorfo y otras cristalizado en tablas rectangulares oblicuas, mas ó menos modificadas y derivadas de un prisma rectangular oblicuo. Su densidad relativa está representada por 2,31. Su color es generalmente blanco mas ó menos sucio, pero algunas veces se encuentra teñido de rojo por las arcillas ferruginosas. Se deja rayar por la cal carbonatada y por la uña.

Caractères.

Espuesto á una temperatura de  $120^\circ$  á  $150^\circ$  se deshidrata, y á otra mas elevada se funde en esmalte blanco, que se opone al desprendimiento del vapor acuoso.

Es mas soluble en el agua fria que en la caliente, aumentando notablemente su solubilidad, cuando se trata por el ácido sulfúrico, con el que forma un bisulfato que se descompone por el agua.

Es muy abundante en la naturaleza, y las variedades que mas nos interesan son:



*Yeso cristalizado* (Selenita). Ordinariamente en tablas romboidales, viseladas de diferentes modos sobre los bordes.

*Lenticular*. Lentes sencillas ó reunidas dos á dos por sus bases, las cuales se facetan muy fácilmente en el sentido de los ejes oblicuos: el cristal que queda despues de esta faceta-cion presenta la forma de una flecha.

*Mamelonado*. Estalactítico.

*Laminar*. En masas cristalinas susceptibles de dividirse en placas de mas ó menos estension.

*Fibroso*. Ordinariamente en fibras rectas, paralelas, muy finas, con lustre anacarado ó sedoso.

*Compacto* (Alabastro yesoso). Variedad extrema de la laminar, de láminas pequeñas entrelazadas.

*Basto* (Piedra de yeso). De grano grueso, testura compacta ó laminar, generalmente mezclado de arcilla ó cal carbonatada.

Vacimiento.

El yeso pertenece en cierto modo á todos los terrenos: en efecto, en algunos puntos se le ve como intercalado en las rocas de cristalización, pero sin formar en ellas capas regulares; frecuentemente se presenta tambien en los costados de los valles y en las márgenes de los grandes circos que se encuentran en las altas montañas, desapareciendo en el espesor del terreno, de modo que donde parece que debiera continuar, no se encuentran mas que capas de carbonato de cal que son su continuacion. En estos casos la cal sulfatada puede ser el resultado de una trasformacion de las capas calcáreas por la accion de los vapores desprendidos en el momento en que se verificó el levantamiento de los amigdaloides, ó en general de las materias cristalinas consideradas como de origen ígneo.

Se encuentra tambien el yeso con gran abundancia en la mayor parte de los terrenos de sedimento. En España le tenemos en varias provincias y especialmente en la de Madrid, de cuyas inmediaciones se estrae abundantemente para los usos á que se destina.

Usos.

Los antiguos empleaban el especular para las vidrieras de los templos. La variedad fibrosa suele usarse para la fabricacion de collares, etc., pero es necesario recubrirle con cristal para evitar su destruccion por el rozamiento. Las variedades compactas y blancas que se tallan con facilidad, se destinan á la fabricacion de vasijas, figuras, pedestales, etc.; pero el principal uso de esta sustancia es para la construccion y el



modelado despues de haberle separado de su agua de cristalización por medio de una calcinacion dirigida convenientemente.

Todas las variedades pueden destinarse á este objeto, si bien no todas producen yesos de iguales propiedades. Las variedades cristalizadas y puras, y las compactas de los terrenos secundarios, suministran, despues de calcinadas, un yeso muy fino aunque de poca solidez, por cuya razon se destinan con preferencia al modelado y al blanqueo.

El yeso que se emplea en las construcciones y en el modelado se obtiene calcinando la piedra de yeso. Esta operacion se practica en un horno ó mas bien en un cobertizo formado por tres muros, fig. 44, de tres metros de altura, dos de los cuales tienen seis metros de ancho y el otro tres. Con las piedras de mayor tamaño se forman bóvedas pequeñas, sobre las cuales se colocan las restantes de modo que queden encima las mas menudas. Debajo de las bóvedas se queman haces de leña, ramaje seco ú otro combustible que produzca mucha llama, para que esta se difunda y penetre por toda la masa. Calcinacion.

La accion del fuego debe ser lenta y regular, pues si fuera demasiado activa, el yeso se calcinaría fuertemente en las regiones inferiores y perdería la propiedad de endurecerse con el agua. Terminada la calcinacion, lo que fácilmente se reconoce por el aspecto de la materia, se separan los pedazos que han sido demasiado cocidos asi como los que lo han sido incompletamente, y los restantes se reducen á polvo por la percusion ó con muelas, se pasa el polvo por tamiz si se quiere mas fino, y de este modo se obtiene yeso proporcionado para las construcciones. La calcinacion del yeso presenta los mismos inconvenientes que la de la cal, debiendo tomarse por consecuencia las mismas precauciones que hemos indicado al tratar de los hornos de cal.

El yeso estará bien calcinado si despues de amasado con agua es untuoso al tacto, se adhiere á la mano y desprende mucho calor, fenómeno que depende de la atraccion y solidificacion del agua que necesita para hidratarse. En efecto, mezclando con agua yeso deshidratado y reducido á polvo fino, se forma una pasta líquida en la cual las partecillas de sulfato de cal anhidro, se encuentran en los primeros momentos mezcladas mecánicamente con el agua, pero al poco tiempo el sulfato se combina con este líquido y se convierte en sul-



fato hidratado. Parte del agua mezclada desaparece en la combinacion, y las partículas que se hallaban disgregadas en la pasta líquida, se agregan al combinarse con el agua formando pequeños cristales que, entrelazándose unos con otros, ocasionan la solificacion de la masa entera. En esta propiedad está fundada la aplicacion del yeso á las construcciones, unas veces para repellar muros y otras para enlucir paredes, tabiques y cielos rasos.

La buena calidad del yeso de Paris se habia atribuido á el carbonato de cal que contiene, suponiendo que reduciéndose este carbonato á cal viva por la calcinacion, comunicaba al yeso una tenacidad mayor; pero Payen atribuye esta propiedad á que la presencia del carbonato de cal impide el mal efecto producido por la fuerte elevacion de temperatura que acostumbraban á dar al yeso en los hornos en que se verificaba la calcinacion. Los experimentos de Gay-Llussac, han demostrado tambien que el carbonato de cal que acompaña al yeso, no se descompone durante la deshidratacion del primero, y que los yesos tiernos no se mejoran por la adicion de la cal ó de la creta en las mismas proporciones que existe en los yesos de las canteras de Paris, deduciendo por consecuencia, que la dureza de los yesos calcinados y amasados está en relacion con la que poseian antes de la calcinacion.

Conservacion, transporte y usos.

El yeso calcinado debe conservarse en sitios secos por la facilidad con que absorve la humedad del aire, razon por la que no conviene pulverizarle sino á medida que se necesite. En el caso de que haya necesidad de trasportarle á grandes distancias es preferible llevarle sin calcinar; pero si la distancia es corta, puede trasportarse en sacos de medianas dimensiones. Jamas debe emplearse en sitios húmedos á causa de su solubilidad en el agua, asi que no tiene aplicacion en la fabricacion de los cimientos. En invierno es necesario emplearle con precaucion, porque congelándose el agua que absorve, al dilatarse ésta, destruye la agregacion del yeso, observándose por esta razon que los forjados hechos en esta época suelen con frecuencia gretearse en todas direcciones.

La cantidad de agua necesaria para amasar el yeso varia con su calidad y con la clase de obra á que se destina. Para recibir maderos, etc., basta mojarle lo suficiente para que forme una masa sólida; para molduras se le añade una cantidad mayor de agua, la cual debe aumentarse si el yeso se ha de



emplear para blanqueos, y finalmente, para las obras ordinarias es suficiente una cantidad de este líquido próximamente igual al volúmen del yeso.

El yeso se emplea tambien para vaciar figuras, medallas, estatuas, bustos y en general para reproducir las formas de aquellos objetos de que se deseen tener un gran número de ejemplares. Se forma primero el molde en que ha de vaciarse la figura que se quiere reproducir. Para sacar una medalla se forma un borde á su alrededor con una tira de carton ó con cera, untándola con aceite para que el yeso no se adhiera y se desprenda despues fácilmente; se frota luego con un pincel mojado en una papilla clara de yeso haciéndola penetrar por las cavidades mas finas de la medalla, á fin de que no queden burbujas de aire entre ésta y la capa de yeso. Hecho esto, se vierte con una cuchara una papilla mas espesa que la anterior, hasta la altura del borde; cuando el yeso se ha endurecido se vuelve lo de arriba abajo y se dan algunos golpecitos sobre el reverso de la medalla, por cuyo medio se despega el molde de yeso con la mayor facilidad y limpieza. Repitiendo sobre este molde lo mismo que acabamos de hacer sobre la medalla, se obtendrá esta vaciada en yeso.

Vaciados de  
yeso.

Quando se quiere tener la figura de un objeto completa ó en relieve, es necesario que el molde se componga de muchas partes fáciles de separar, á fin de poder sacar la forma vaciada. Daremos una idea del modo de construir estos moldes, y para mayor claridad supondremos que sea una mano lo que se trate de moldear. Se coloca esta, despues de untada ligeramente con aceite sobre una toalla y se estiende sobre ella un hilo de seda bastante resistente. Se dá á la mano una capa de yeso que se aplica con un pincel mojado en una papilla muy clara, haciendo de modo que penetre hasta en los pliegues mas delgados de la piel; antes que esta primera capa de yeso se haya endurecido, se echa sobre ella, con una cuchara, una papilla mas espesa, cuidando de que llene todas las cavidades; se agregan sucesivamente nuevas capas de yeso, hasta que el molde haya adquirido por todos sus puntos el espesor conveniente, que debe ser de muchos centímetros. Se espera algunos minutos hasta que el yeso empieza á tomar alguna consistencia, y entonces se levanta el hilo de seda verticalmente cogiéndole por una de sus estremidades: de este modo se divide el molde en dos mitades. Se espera todavía á que la masa se



halle endurecida para separar las dos partes del molde y poder sacar la mano. Reuniendo las dos mitades untadas de aceite, puede vaciarse la mano y reproducirla cuantas veces se necesite.

Por medios análogos se construyen los moldes que sirven para formar las estatuas de yeso y otros objetos de arte ó de adorno; pero en este caso es preciso componer el molde de mayor número de piezas, que se mantienen unidas con una armadura exterior, ó *casco*. Las uniones entre las diversas partes del molde se reproducen sobre los vaciados bajo la forma de filetes salientes, los cuales es menester quitar por medio de un cuchillo.

Cuando el yeso ha de servir para vaciar objetos delicados debe ser mas puro que el empleado en las construcciones y su coccion exige tambien mucho mas cuidado, practicándola siempre fuera del contacto del combustible. En Paris emplean para este uso el yeso en flecha, que forma pequeñas capas en medio del terreno yesoso de Montmartre, quebrantado en fragmentos pequeños, lo cuecen en hornos cuya temperatura debe ser gradual y lo mas uniforme posible. En España se emplea para los mismos usos el yeso fino, tal es el cristalizado ó espejuelo, muy abundante en los alrededores de Madrid, Alicante, Valencia, etc.

Yeso aluminado.

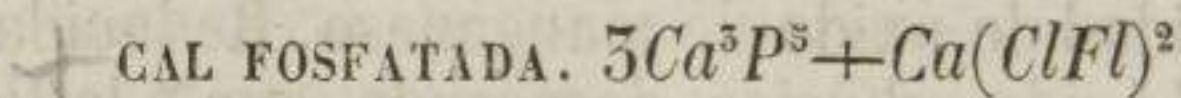
Desde hace algunos años se está empleando para vaciar objetos artísticos un yeso cocido con alumbre, que se conoce con el nombre de *yeso aluminado*. Tiene mas dureza que el ordinario, y presenta tambien mejor aspecto, por ser menos mate y poseer cierta traslucencia.

Para preparar el yeso aluminado, se somete el ordinario á una primera coccion que le priva de su agua de cristalización, inmediatamente despues se le sumerge en un baño de agua saturada de alumbre, dejándole en él por espacio de unas seis horas. Se saca, se deseca al aire y se le sujeta á una segunda coccion, durante la cual se activa el fuego hasta la temperatura del calor rojo pardo. Se muele despues, y en este estado se emplea para los objetos indicados, del mismo modo que el yeso ordinario, aunque es frecuente amasarle con una disolucion de alumbre en vez de hacerlo con agua pura. La solidificación del yeso aluminado no es tan rápida como la del ordinario, puesto que se conserva blando aun despues de muchas horas.



Ademas de los usos indicados se emplea el yeso para la fabricacion de suelos, especialmente en las construcciones rurales. Al efecto se disuelven en una caldera cinco libras de cola fuerte, á la cual se añaden dos pedazos de cal viva y media libra de goma arábica. Con esta disolucion se amasa el yeso tamizado, y se estiende sobre el suelo dándole una pulgada de espesor. Si se le quiere dar color, se disuelve hollin en agua, dejándole infundido en ella por espacio de dos dias. Se raspa el suelo y se vierte encima la infusion, frotándole con rodillas ó con brochas. Se deja secar y se le frota nuevamente para pulimentarle, como se acostumbra á hacer con los pisos de madera. Se pueden imitar los ladrillos y baldosas con una impresion de ocre rojo, marcando las juntas con un gancho; pero son de muy poca duracion. Es, por consecuencia, mucho mejor mezclar al yeso cuando se amasa los colores que se deseen dar, y despues de que el suelo se haya secado marcar las juntas de la manera indicada anteriormente, en cuyo caso el color del suelo y el de las marcas no desaparece sino con la destruccion del primero.

Pisos ó suelos de yeso.



**Sinonimia.**—*Apatito.*—*Esparraguina.*—*Fosforita.*

Cristaliza en prismas de base exagonal; su estructura es escamosa, fibrosa ó granosa. Unas veces es incolora, otras azul, violada, amarilla ó verde; en este último caso recibe el nombre de *esparraguina*. Echada sobre las ascuas fosforece en la oscuridad, produciendo una luz verde; ocupa el número cinco en la escala relativa de dureza, y su densidad relativa varía entre 3,1 y 3,2. Se funde difícilmente al soplete; se disuelve en el ácido nítrico, y su disolucion precipita por el oxalato amónico.

Caractéres.

La variedad compacta, llamada *fosforita*, que es la que mas nos interesa, es de color blanco con manchas amarillo-rojizas. Su estructura es lisa, que pasa á la conchoidea; es mas dura que la cristalizada, y suele dar chispas con el eslabon, si contiene cierta cantidad de cuarzo.

Se encuentra en los terrenos de cristalización, y mas generalmente en los gneis y esquistos micáceos. En España existe la variedad compacta con mucha abundancia en Logrosan

Yacimiento.



(Estremadura), formando colinas enteras de grande estension entremezclada con cuarzo, y en Jumilla (Murcia), se halla la variedad de color verde claro llamada *esparraguina*.

Usos.

Sirve la variedad compacta como piedra de edificar, en los sitios en que es abundante, y las variedades cristalizadas se emplean en la joyería como piedras de algun valor.

CAL FLUATADA. *CaF*.

**Sinonimia.** — *Fluor.* — *Fluorina.* — *Espato-fluor.* — *Fluoruro de calcio.*

Caractères.

Esta sustancia presenta muchas veces colores vivos; cristaliza en el sistema cúbico, y produce por la esfoliacion tetraedros y octaedros regulares; es rayada por el vidrio, pero mas dura que la cal carbonatada; su densidad relativa varia entre 3,1 y 3,2, y fosforece por el calor.

Espuesta á la accion del soplete pierde su brillo, adquiere un color blanco lechoso y se funde en una perla opaca, ordinariamente blanca, teñida algunas veces ligeramente por una pequeña cantidad de óxido de manganeso. Reducida á polvo y tratada por el ácido sulfúrico, desprende, aun á la temperatura ordinaria, vapores de ácido fluorhídrico que atacan al vidrio. La disolucion que resulta precipita por los oxalatos, pero no por el amoniaco.

Se encuentra con frecuencia en masas hojosas y vacilares, otras veces concrecionada y finalmente compacta. Sus colores principales son el amarillo, el verde, el rosado y el violado mas ó menos intensos, y reunidos muchas veces en fajas ó zonas en un mismo pedazo.

Yacimiento.

La fluorina se halla generalmente subordinada á los criaderos metalíferos, y especialmente á los de las minas de plomo; pero forma tambien filones por sí sola, tanto en los terrenos graníticos, como en los depósitos de sedimento unidos á ellos. En España se encuentra en Colmenar Viejo, en Vizcaya, Aragon y Cataluña. Los mejores ejemplares vienen de Inglaterra.

Usos.

Las variedades de colores vivos dispuestos en zonas, en espiral, ó mezclados vistosamente, se emplean para hacer vasos, copas y una multitud de objetos de adorno de muy buen efecto, y frecuentemente de mucho precio: con esta sustancia



se fabricaban los vasos *murrhinos* tan célebres en la antigüedad. El espato fluor se emplea también, como ya hemos dicho en otro lugar, para la preparación del ácido fluorhídrico.

### ALUMINIO.

El aluminio tiene un color gris que pasa á blanco de estaño cuando se bruñe; su densidad relativa está representada por 2,6. Se funde al calor rojo, es dúctil é inoxidable al aire á la temperatura ordinaria, pero calentado en contacto del oxígeno arde rápidamente y se transforma en óxido de aluminio. La temperatura que se produce durante la combustión es suficiente para fundir la alumina, á pesar de ser uno de los cuerpos mas refractarios.

Caractères

El agua hirviendo actúa lentamente sobre el aluminio, pero éste descompone la de los ácidos debilitados, desprendiendo hidrógeno y formando sales de alúmina.

Este metal se obtiene tratando el cloruro de aluminio anhidro por el potasio, en un crisol de platino, de cuya reacción resulta cloruro de potasio y aluminio. Se trata la masa que resulta por el agua fría, la cual disuelve el cloruro de potasio y deja en libertad el aluminio.

Preparacion.

### ÓXIDO DE ALÚMINIO. $\text{AlO}^3$

La alumina ú óxido de aluminio es blanco, suave al tacto y se adhiere á la lengua; se funde únicamente al soplete de gas hidrógeno y oxígeno, es insoluble en el agua y soluble en los ácidos, siempre que no haya experimentado la calcinación, en cuyo caso disminuye notablemente su solubilidad. No se descompone al fuego, y se disuelve en la potasa y la sosa, con cuyas bases forma aluminatos.

Caracteres.

Aun cuando el aluminio no es susceptible sino de un grado de oxidación, se representa este óxido por la fórmula  $\text{AlO}^3$ , en razón á que es isomorfo con los óxidos, cuyo equivalente está representado por dos átomos de metal y tres de oxígeno.

Este óxido es muy abundante en la naturaleza; se encuentra en las arcillas, margas, feldespatos y varios otros minerales. Cuando está puro se le da el nombre de corindón, cuyas variedades son el zafiro blanco, el zafiro azul, el rubí y el topacio y amatista orientales. El esmeril es también un corin-

Yacimiento.



don, que contiene una cantidad bastante considerable de hierro.

Preparacion.

Se prepara por la via seca calcinando al calor rojo el sulfato de alúmina y amoniaco, cuyos elementos se desprenden dejando la alúmina perfectamente pura. La alúmina en estado de hidrato se obtiene precipitando una sal de alúmina por el amoniaco, ó mejor aun con el carbonato de esta base, con el que forma un precipitado gelatinoso, que se habia considerado hasta hace poco como insoluble. En este estado la alúmina retiene con fuerza el agua, de la que no se separa completamente sino esponiéndola á la temperatura del calor rojo.

Usos.

Calentado el óxido de aluminio con el nitrato de cobalto resulta un compuesto de un hermoso color azul, llamado azul de Thénard. En el estado de hidrato de alúmina, se combina con la mayor parte de las materias colorantes y produce unos cuerpos insolubles que se conocen con el nombre de *lacas*. Finalmente, la facilidad con que la alúmina retiene el agua, la hace muy á propósito para conservar la humedad necesaria á la vejetacion en los diferentes terrenos.

#### *Caracteres distintivos de las sales de alúmina.*

Las sales de alúmina tienen todas un sabor astringente y se reconocen por los caracteres siguientes:

*Potasa.* Precipitado blanco gelatinoso de alúmina hidratada, soluble en un exceso de reactivo.

*Amoniaco.* Precipitado de alúmina insoluble, ó apenas soluble en un exceso de reactivo.

*Carbonatos y bicarbonatos de potasa, sosa y amoniaco.* Precipitado blanco de alúmina, insoluble en un exceso de reactivo, acompañado de un desprendimiento de ácido carbónico.

*Sulfato de potasa.* Precipitado cristalino de sulfato doble de alúmina y potasa, ó sea alumbre.

*Sulfato de amoniaco.* Precipitado cristalino de alumbre amoniacal.

*Súlfuros alcalinos.* Precipitado blanco de alúmina con desprendimiento de ácido sulfhídrico.

SULFATO DE ALÚMINA Y POTASA.  $KO,SO^3+Al^2O^3,3SO^3+24HO$ .

Caractéres.

Esta sal es blanca, astringente, enrojece las tinturas azu-



les de los vegetales, es soluble en el agua, y su densidad está representada por 1,71. Cristaliza ordinariamente en octaedros transparentes que se eflorescen cuando se esponen al aire. Si la disolucion contiene un exceso de alúmina, entonces cristaliza en cubos. Espuesto el alumbre á la temperatura de 92° se funde, conservando su transparencia despues del enfriamiento, en cuyo estado constituye el *alumbre de roca*; pero si continuamos elevando la temperatura, pierde agua, aumenta considerablemente de volúmen, y forma una especie de hongo opaco que se emplea en medicina como escarótico con el nombre de *alumbre calcinado*.

Si se calienta el alumbre hasta el rojo, se descompone completamente, dejando por residuo una mezcla de alúmina y sulfato de potasa; este ultimo se descompone á su vez si la temperatura aumenta, dando lugar á la formacion de un aluminato de potasa.

Tratada la disolucion acuosa por el amoniaco produce un precipitado gelatinoso.

El alumbre existe enteramente formado en una piedra que se encuentra en Puzol, cerca de Nápoles, la cual despues de pulverizada, se trata por el agua, que evaporada convenientemente deposita cristales octaédricos de alumbre. Puede tambien obtenerse este cuerpo tratando por el ácido sulfúrico la arcilla previamente calcinada, y precipitando el sulfato de alúmina formado, por el sulfato de potasa, de cuya reaccion resulta el alumbre bruto que se purifica por cristalizaciones sucesivas.

Preparacion.

Se emplea esta sustancia para preparar el yeso alumina—do de que se ha hecho mencion al tratar del sulfato de cal. Disuelto en el agua sirve para impregnar las maderas de construccion y disminuir su combustibilidad; y finalmente, fundido en su agua de cristalizacion sirve para pegar á las piedras los botones metálicos que sirven para asirlas.

Usos.

#### ARCILLAS.

Se dá el nombre de arcillas en el lenguaje vulgar á unos silicatos aluminosos hidratados que se presentan en masas terrosas mas ó menos endurecidas, generalmente untuosas, susceptibles de absorber el agua, formar pasta con ella y endurecerse por la accion del fuego. Esta pasta llega á adquirir

Caracteres.



una dureza tal, que produce chispas con el eslabon. Llegado este caso pierde ya la propiedad de diluirse en el agua y formar pasta con este líquido. Las arcillas se adhieren también á la lengua y producen por la inhalacion un olor particular que se designa con el nombre de olor arcilloso.

Composicion.

La composicion de las arcillas no se conoce aun con exactitud; se sabe únicamente que son combinaciones de sílice, de alúmina y de agua, puras unas veces, mezcladas otras con carbonatos de cal y de magnesia, silicato de cal, óxido de hierro, etc. La sílice las comunica mas aspereza, privándolas algunas veces de la propiedad de adherirse á la lengua y de su tenacidad. El óxido de hierro las tiñe y hace fusibles. El carbonato de cal las hace efervescentes cuando se tratan por los ácidos, facilitando ademas su fusion, y por último la magnesia las imprime algunas veces un caracter particular de untuosidad.

Division de las arcillas.

Las proporciones entre la sílice, la alúmina y el agua son variables y dan lugar á diversas arcillas; sin embargo, todas ellas pueden reunirse en dos grupos que difieren á la vez por sus caracteres exteriores, por sus propiedades químicas y por los usos á que se destinan.

#### **Grupo 1.º**

El primer grupo comprende las arcillas propiamente dichas, ó sean las combinaciones de sílice y alúmina que solo contienen de 10 á 12 por 100 de agua interpuesta. Son inatacables por los ácidos, ó por lo menos solo disuelven un cuarto de su peso; forman con el agua una pasta bastante ductil que se amasa y amolda con facilidad, por cuya razon son las que generalmente se emplean para la fabricacion de los objetos de barro. Las mas importantes son las siguientes:

#### *Arcilla plástica.*

Es compacta, suave al tacto y bastante ductil, prestándose por consecuencia á variar de forma sin dividirse; es muy tenaz y absolutamente infusible aun á la temperatura de 129º del pirómetro de Wegwood, al menos que no contenga óxido de hierro ó materias estrañas.

El color de la arcilla plástica es blanco sucio ó gris claro, pero algunas veces se encuentra muy teñida por el betun ó por un óxido de hierro, y aun cuando estas sustancias no la



privan de su plasticidad, sin embargo hacen disminuir su valor, por ser poco á propósito para la fabricacion de la porcelana blanca.

Las arcillas plásticas son mas solubles en los ácidos despues de haberlas sometido á una calcinacion moderada, que en su estado natural; pero si la calcinacion escede cierto limite, las arcillas se hacen completamente insolubles.

Las arcillas plásticas se hallan situadas en la base de los terrenos terciarios recubriendo inmediatamente á la creta y son las que se emplean para la fabricacion de la loza fina.

Yacimiento  
y usos.

### *Arcillas figulinas.*

La mayor parte de estas arcillas tienen los caractéres exteriores que las plásticas; son como ellas suaves al tacto, y forman con el agua una pasta bastante tenaz; pero son en general menos compactas y mas deleznable; se diluyen en el agua con la mayor facilidad. Algunas se encuentran sumamente teñidas y lejos de perder este color por la coccion, adquieren uno rojo mas vivo; aun cuando no llegan á fundirse completamente, se recubren de una especie de barniz y se ablandan si la temperatura es muy elevada. Hay algunas de estas arcillas que hacen una ligera efervescencia con los ácidos aproximándose tanto á las margas que se confunden con ellas y es sumamente difícil distinguirlas; esta efervescencia es debida á una corta cantidad de cal que no escede de 5 á 6 por 100 y que está combinada en parte con el ácido carbónico y en parte con el silícico.

### **Grupo 2.º**

Las arcillas que constituyen el segundo grupo contienen de 22 á 25 por 100 de agua; son solubles, ó por lo menos atacables por los ácidos; la pasta que forman con el agua es menos adherente y se resquebraja ó rompe; se desfiguran al fuego, se hienden y por último se funden con facilidad. Resulta de estos caractéres que estas arcillas no pueden emplearse por sí solas para la fabricacion de los objetos de barro y cuando hay necesidad de destinarlas á este uso, es indispensable mezclarlas con otras. En cambio poseen propiedades particulares bastante útiles tales como la de combinarse con las materias grasas formando con ellas un jabon térreo.

Caractéres.



Se emplean por esta razon para desengrasar la lana y se distinguen con el nombre de *tierras de batanero* ó *arcillas esmécticas*. Acaso convendria llamarlas *arcillas hidratadas*, para indicar que el agua que contienen está combinada: estas arcillas son las que se emplean para la fabricacion de las puzolanas artificiales.

Usos.

Se emplean en la fabricacion de la loza basta, en la de balsijas térreas ordinarias de pasta rojiza y porosa, y finalmente, en la de los ladrillos, tejas, etc.

#### *Arcilla caliza.*

Si la cantidad de carbonato de cal que hemos admitido en las arcillas figulinas aumenta y llega próximamente á un 20 ó 25 por 100, pasan estas al estado de arcillas calizas, y por último al de margas, si las proporciones de arcilla y cal carbonatada son próximamente iguales.

La consistencia de estas arcillas varía; pero no es jamás tan dura que no se dejen diluir en el agua, con cuyo líquido, despues de reducidas á polvo, forman una pasta de poca trabazon. Producen una efervescencia rápida con el ácido nítrico y muchas veces este ácido disuelve mucho mas de la mitad de la mezcla. Se funden con facilidad al soplete.

#### *Arcillas ocráceas y arcillas ferruginosas.*

Se distinguen de las arcillas ordinarias por la gran cantidad de hierro que las tiñe. En las primeras el hierro se encuentra en el estado de hidrato, aproximándose y pasando á los *ocres* propiamente dichos que se emplean en la pintura. En las arcillas ferruginosas el hierro está en el estado de óxido rojo. Cuando contienen grandes cantidades de este óxido, forman lo que se conoce en el comercio con los nombres de piedra sanguínea ó hematites roja, y los diversos boles que se emplean en la pintura.

#### FABRICACION DE LAS TEJAS, BALDOSAS Y LADRILLOS.

Teja y baldosa.

En la fabricacion de las tejas y baldosas pueden emplearse todas las tierras arcillosas.

Para amasar estas tierras se introduce en un cubeto de madera un eje perpendicular que le atraviesa por su centro y provisto de radios dispuestos en espiral, de los cuales parten unos cuchillos paralelos al eje. Este se mueve por una caba-



llería y los cuchillos parten en pedazos la arcilla encerrada en el cubeto. La pasta sale de esta caja por una puerta lateral; se amasa y reduce á placas, en cuyo estado la recibe el molador. Cuando este quiere cortar una teja plana y rectangular, coloca la tierra preparada en un molde de madera formado por cuatro reglas; una de las estremidades tiene una escotadura cuadrada, la pasta que sale por esta escotadura la levanta un ayudante con el dedo y sirve para sujetar las tejas al colocarlas en el tejado. Estas tejas se conducen á la era de la fábrica para que esperimenten un principio de desecacion; cuando ya han adquirido la consistencia necesaria, un obrero las dá la última mano y las coloca en hileras para acabarlas de secar al aire.

Las mismas operaciones se practican con las baldosas; mas para que sus costados sean iguales y sus aristas agudas, se aplican, despues de amoldadas y cuando ya estan casi secas, contra una forma de madera, cuyos bordes estan revestidos con una lámina de hierro, y en ella se separa con un instrumento cortante toda la parte de baldosa que escede de los bordes.

La coccion de las tejas y baldosas se practica en hornos rectangulares terminados, en su parte superior, por una bóveda rebajada y atravesada por algunas aberturas. El combustible se sitúa en un hogar colocado en la parte inferior y en uno de los costados del horno, cuya forma varía segun las localidades. Las piezas se colocan sobre una especie de rejilla al través de la cual pasa la llama.

El tiempo medio que se tarda en cocer una hornada de diez y seis millares de tejas es el de cuarenta horas, siendo ademas necesarios tres dias para que se enfrien completamente.

Cuando se quiere dar á las tejas ese color gris de hierro que se advierte en las tejas de Holanda, es necesario ahumarlas. Para esto, cuando las piezas estan suficientemente cocidas, pero enrojecidas todavia, se introducen en el fogon unos hacecitos de leña verde con hojas; entonces se tapan bien todas las aberturas del fogon y se cierran los conductos de la bóveda con baldosas cubriéndolo todo con una capa gruesa de arena mojada. El horno no se descarga hasta los diez dias, en cuyo tiempo las tejas han tomado ya la tinta gris de hierro que se desea.



La porosidad de las tejas las hace susceptibles de absorber el agua; las heladas las destruyen con rapidez y los musgos crecen en ellas con facilidad; para oponerse á esta segunda causa de destruccion, hay que barnizarlas.

En Holanda es sobre todo donde se las dá esta preparacion: se toman veinte partes de litargirio molido y tres de manganesa y se añade arcilla diluida en agua, de manera que se haga con todo una papilla bastante espesa para que una bola pequeña no se hunda en ella. Esta composicion se vierte sobre la cara superior de la teja cruda y bien seca, pero es preciso tener cuidado de no poner barniz en los puntos en que las tejas deben tocarse en el horno, y en seguida se colocan en los puntos de este que conserven mayor temperatura.

Ladrillos.

Los ladrillos pueden considerarse como unas piedras artificiales destinadas á reemplazar las naturales; sus propiedades varian segun los usos á que se destinan.

Cuando se emplean en sustitucion de las piedras de edificar no necesitan estar muy cocidos y su pasta puede ser grosera. Si solo se destinan para construir los cañones de chimenea, es preciso fabricarlos con una arcilla susceptible de resistir al fuego, cocerlos á una temperatura un poco mas elevada, y cuidar que durante su elaboracion no se produzcan hendiduras ó desquebrajaduras. Por último, si se destinan á las construcciones pirotécnicas, es necesario que no solo puedan resistir á una temperatura muy elevada, sino que puedan soportar tambien sin alteracion la accion de los fundentes enérgicos.

Pocos paises hay que no puedan suministrar la arcilla apropiada para hacer los ladrillos. Los terrenos de acarreo en los cuales no se encuentran piedras, son precisamente los que ofrecen con mayor constancia esta arcilla. La arcilla plástica no se puede emplear sola para hacer los ladrillos; estos se deformarian por la desecacion ó la coccion.

Por otra parte no siempre es necesario elegir una arcilla tan infusible.

Cuando la arcilla es demasiado tenaz, es necesario desengrasarla por una adicion bastante considerable de arena. Si la arcilla que se emplea no es ni calcárea ni demasiado ferruginosa, y si la arena que se añade no es absolutamente calcárea, se hacen ladrillos que pueden cocerse á una temperatura muy elevada sin fundirse; adquieren ademas tanta dureza, que pueden dar chispas con el eslabon. Son de mucha du-



ración y los únicos que pueden emplearse para la construcción de los hornos que deben experimentar una violenta temperatura.

La tierra franca, es decir, la tierra vegetal amarillenta más común, que se compone de arena, de creta y arcilla, puede servir en muchos parages para hacer los ladrillos; pero resultan muy porosos, deleznable, duran muy poco y no pueden soportar una temperatura muy elevada sin fundirse.

Los ladrillos que se emplean en la mayor parte de los edificios de Londres, se hacen con la tierra del mismo sitio sobre que se edifica, añadiendo cenizas de uña tamizadas.

Cuando se extrae la tierra se deja comúnmente durante muchos meses espuesta al aire percibiendo las heladas, el sol y la lluvia. Cuando se quiere emplear, se humedece ligeramente y poco á poco; se coloca sobre un suelo bien unido, y un obrero la amasa marchando sobre ella con los pies desnudos: esta operación se practica dos ó tres veces.

La arcilla se encuentra entonces en estado de poderse amoldar.

Los moldes son unos rectángulos de madera, compuestos únicamente de cuatro lados perpendiculares: algunas veces son bastante largos para poder amoldar dos ladrillos á la vez; una traviesa de madera separa los dos ladrillos. El moldador espolvorea con arena estos moldes y los coloca sobre una mesa, cuya superficie está cubierta igualmente de arena, para que la arcilla no se pegue á ella. Llena cada molde de la masa arcillosa, que comprime, quitando con la mano la escedente y uniendo la superficie superior con una especie de cuchillo de madera llamado *llana*. Cuando los ladrillos están formados de este modo, los transporta un aprendiz con los moldes y los deposita sobre un suelo muy unido y cubierto de arena que está destinado en la fábrica para este objeto; los saca del molde volviendo este boca abajo y los coloca en hileras, para que pueda secarlos el aire.

La operación del amoldado es muy pronta, un buen obrero puede hacer nueve ó diez millares en el día.

Tan luego como los ladrillos tienen la suficiente consistencia para dejarse cojer sin deformarse, se les quita con unos cuchillos las rebabas del molde, y se colocan en seguida unos sobre otros, formando una especie de muralla, para que se acaben de secar enteramente. Una desecación demasiado precipi-



tada perjudica á los ladrillos; el agua de lluvia los perjudica todavía mas, por lo cual es necesario situarlos á cubierto de estos dos accidentes. El segundo puede evitarse cubriéndolos con esteras.

El horno para cocer los ladrillos con carbon de piedra, se construye con los mismos ladrillos que se quieren cocer, á escepcion de la base, que debe fabricarse con ladrillos cocidos previamente, cada hornada se compone de cuatro ó cinco millares de ladrillos y son necesarios veinte y cinco dias para su coccion. Como combustible pueden emplearse la turba, el carbon de piedra y la leña.

Con frecuencia no se hace uso de hornos, sino que se disponen los ladrillos en montones ó pilas fácilmente permeables á la llama y en los cuales se dejan algunos claros, para quemar el combustible.

Los buenos ladrillos han de ser sonoros sin vacíos, y de una dureza tal, que den chispas por el eslabon.

La fabricacion de ladrillos en hornos calentados con leña corresponde á la segunda clase de los establecimientos insalubres en razon á la gran cantidad de humo que se desprende al principiar la hornada.

El mayor inconveniente del segundo método consiste en la gran cantidad de calor radiante y en las masas de aire caliente que, unidas á los productos de la combustion del carbon, se esparcen por la atmósfera, los cuales pueden evitarse hasta cierto punto, no permitiendo que la coccion de los ladrillos se verifique á menos de 50<sup>m</sup> de la via pública, rodeando el horno, durante la operacion, con lienzos ó esteras destinadas á preservar á las propiedades inmediatas de la accion del humo, y por último empezando la operacion al anochecer.

#### VIDRIO.

Se dá el nombre de vidrio á una sustancia fusible á temperaturas elevadas, frágil, dura, elástica, sonora, trasparente é insoluble en el agua, formada por la combinacion de silicato de potasa ó sosa con uno ó varios de los silicatos de cal, de magnesia, de barita, de alumina y de hierro.

Cuando el silicato de cal es reemplazado por el de plomo, resulta el *cristal*. La base de este producto es siempre la potasa,



Todos los vidrios se funden á una temperatura elevada, si bien la naturaleza y proporcion de las bases que entran á componerlos influyen notablemente en esta propiedad. Puede decirse de una manera general que la potasa, la sosa y el óxido de plomo, aumentan la fusibilidad del vidrio, en tanto que la alumina y la cal la disminuyen. Obsérvase ademas que los vidrios á base de sosa, son todavía mas fusibles que los de potasa.

Propiedades  
generales.

Los vidrios compuestos de muchas bases, calentados en determinadas circunstancias, experimentan una alteracion que se conoce con el nombre de *desvitrificacion*. Este fenómeno se verifica, ó cuando se les deja enfriar lentamente despues de fundidos, ó cuando se les hace permanecer por mucho tiempo en un estado de semifusion, dejándolos despues enfriar de una manera gradual.

En este estado el vidrio es muy duro, fibroso, opaco, menos fusible que el trasparente y conduce mejor el calor y la electricidad que el vidrio ordinario.

Esta alteracion observada por Dartigues, d'Arcet y Dumas proviene de una cristalización de silicatos en proporciones definidas que son infusibles á la temperatura necesaria para fundir ó ablandar el vidrio.

La produccion de estos silicatos, poco fusibles y susceptibles de cristalizar, proviene, ó de la volatilizacion de una parte de la base alcalina que contiene el vidrio, ó de una simple division entre los silicatos que le constituyen; puesto que, de los análisis de Dumas resulta en efecto, que la parte trasparente de un vidrio desvitrificado contiene menos sílice y mas sosa que la porcion opaca ó desvitrificada.

El vidrio desvitrificado posee la dureza de la arenisca y frecuentemente la blancura de la porcelana; dá chispas con el eslabon y sufre, con mucha mas facilidad que el vidrio, los cambios de temperatura.

La desvitrificacion del vidrio, y muy principalmente la de los vidrios calcáreos, se practica con mucha facilidad sin mas que calentarlos fuertemente entre arena, la cual se apodera del álcali que se volatiliza. Los vidrios mejor dispuestos á sufrir esta modificacion son los que contienen mas alumina, siguen á estos los calcáreos, en tanto que, los fabricados con potasa y óxido de plomo, se desvitrifican con mas dificultad.

Cuando se calienta el vidrio hasta una temperatura proxi-



ma á su fusion y se le enfria de repente, experimenta una especie de *temple*, se hace muy frágil y se coloca en un estado fisico particular; pero si el enfriamiento se verifica con lentitud, puede, por el contrario resistir, sin romperse, cambios bruscos de temperatura.

Es pues necesario, para evitar los inconvenientes del temple, someter el vidrio á un enfriamiento que se conoce en las artes con el nombre de *recocido*. Esta operacion se practica, ó en un horno cuya temperatura va disminuyendo gradualmente, ó colocando los objetos fabricados en unas cajas de palastro giratorias y situadas en unas galerías largas calentadas por un solo punto, y en las cuales se van introduciendo por un extremo y sacándolos por el otro.

El vidrio, al pasar del estado líquido al sólido, tiene la propiedad de permanecer por mucho tiempo en estado pastoso y muy maleable, propiedad que se utiliza para reducirle á hilos tan delgados como los de la seda y que como estos pueden tejerse.

Los objetos fabricados con vidrio se han considerado como insolubles en el agua; sin embargo, este líquido actúa sobre ellos á la larga y tiende á descomponerlos en dos silicatos, uno alcalino y soluble, y otro terroso é insoluble. Asi se observa que los vidrios de los edificios antiguos presentan la superficie exterior despulimentada. Este efecto se nota sobre todo en los vidrios de las caballerizas, los cuales suelen encontrarse tan alterados, que presentan los fenómenos de iriscion que se observan en las láminas delgadas.

Finalmente, los ácidos, al cabo de mucho tiempo, ejercen una accion notable sobre todos los vidrios, tendiendo en todos los casos á combinarse con las bases y á eliminar la sílice, observándose ademas, que los vidrios con base de plomo son tanto mas atacables, cuanta mayor es la cantidad que de este metal contienen. Sin embargo, el cristal y el vidrio de vidrieras resisten bastante bien, cuando estan bien fabricados.

Esta propiedad nos proporciona un medio muy sencillo inventado por Guyton Morveau para ensayar los vidrios. Este químico coloca el vidrio que pretende ensayar en un crisol, le rodea con sulfato de hierro, tapa el crisol y le calienta hasta el calor rojo. El sulfato de hierro deja desprender por la calcinacion ácido sulfúrico anhidro, que actúa tanto mejor sobre el vidrio, cuanto mas elevada sea la temperatura. Los buenos



vidrios resisten perfectamente á esta prueba, en tanto que los malos se encuentran despues de la operacion mas ó menos corroidos. Este método puede reemplazarse ventajosamente por otro que consiste en reducir el vidrio á polvo muy fino, y someterle á la accion del ácido nítrico puro é hirviendo. Este ácido destruye, completamente y en menos tiempo, á los vidrios demasiado básicos, que á los de una composicion bien saturada.

El vidrio toma diferentes nombres, segun la naturaleza de las bases que entran en su composicion: las principales clases de vidrio son los siguiente:

Composicion.

*Vidrio de Bohemia.* Es un silicato de potasa y de cal notable por su ligereza y blancura. Se obtiene fundiendo en crisoles abiertos las sustancias siguientes:

Cuarzo pulverizado. . . . .	100 partes.
Potasa calcinada de 1. <sup>a</sup> calidad. . . . .	50 á 60
Cal carbonatada. . . . .	15 á 20
Acido arsenioso. . . . .	$\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{2}$
Nitro. . . . .	1

La fundicion se hace siempre con leña para evitar la coloracion que produciria el carbon de piedra.

Se emplea este vidrio para fabricar las vidrieras de mucho precio, que se usan en las casas de lujo, para las ventanas de los coches, para cubrir los dibujos, y en general para todos los usos que exigen un vidrio muy grueso é incoloro, puesto que es el único que puede producir planos muy gruesos y sin color sensible. Por último, se usa este vidrio para la fabricacion de tubos que se emplean en los análisis de las sustancias orgánicas, en razon á su poca fusibilidad.

*Crown glass.* Este vidrio, como el anterior, es un silicato de potasa y de cal. Se emplea para la fabricacion de los instrumentos ópticos, y unido al *Flint-glass*, que es un silicato de potasa y de plomo, constituye los objetivos acromáticos.

El *Crown-glass* destinado á este objeto debe ser perfectamente diáfano, sin estrias ni ampollas é incoloro, aun en trozos de bastante espesor. Su preparacion presenta grandes dificultades; sin embargo, las condiciones anteriores se satisfacen agitando el vidrio fundido hasta su completa solidificacion con cilindros de arcilla refractaria y pura, partiendo despues la masa, para elegir las porciones mas homogéneas.



*Vidrio para vidrieras.* Es un silicato de sosa y cal que se prepara fundiendo las materias siguientes:

Arena. . . . .	100 partes.
Sulfato de sosa seco. . . . .	44
Carbon en polvo. . . . .	85
Cal apagada. . . . .	6
Retales. . . . .	20 á 100

El procedimiento para fabricar los vidrios planos para vidrieras es el siguiente. Luego que el vidrio está afinado y limpio de la película que sobrenada en la masa fluida, introduce el soplador una caña de hierro caliente en la masa fundida, repitiendo esta operacion varias veces hasta que consigue sacar una buena porcion del vidrio fundido, con el cual y soplando por el extremo opuesto de la caña, á la que imprime un movimiento oscilatorio, llega á formar un esferoide muy prolongado. En seguida introduce en el horno la estremidad cerrada del esferoide, tapando con el dedo el extremo opuesto de la caña. La parte del esferoide calentada se funde y rompe por la dilatacion del aire interior. La abertura producida se hace mucho mayor, volviendo rápidamente la pieza, la cual se separa de la caña echando junto á esta una gota de agua fria. Conseguido esto, el obrero traza con agua una línea recta en la direccion longitudinal del cilindro y pasa sobre esta línea húmeda un pedazo de hierro enrojecido: el cilindro se hiende y se conduce al horno destinado á estenderle en donde, á medida que se va calentando, se dobla sobre sí mismo y forma una placa de vidrio que se estiende por medio de una batidera de madera, llevándole en seguida al horno destinado al recocido.

*Cristal.* Es un silicato de potasa y de plomo que se prepara fundiendo en un crisol abierto las materias siguientes:

Arena pura. . . . .	300
Minio. . . . .	200
Carbonato de potasa puro. . . . .	90 á 95

El precio elevado de las sustancias que entran en la composicion del cristal y el cuidado extraordinario que exige su preparacion, son la causa de que se considere esta sustancia como un objeto de lujo.



*Vidrio soluble.* Es un silicato simple de potasa ó de sosa ó una mezcla de estos dos silicatos, que tiene la propiedad notable de disolverse completamente en el agua hirviendo.

Se prepara fundiendo en un crisol de arcilla refractaria las sustancias siguientes en el mayor grado de pureza posible.

Carbonato de potasa. . . . .	10 partes.
Arena. . . . .	5
Carbon. . . . .	1

La disolucion de este vidrio se prepara añadiendo poco á poco una parte de vidrio pulverizado en cuatro ó cinco de agua hirviendo, y agitando sin cesar la mezcla para evitar que el vidrio se deposite en el fondo de la caldera donde se hace la operacion.

Las propiedades del vidrio soluble dan lugar á numerosas y variadas aplicaciones. En efecto nadie ignora la combustibilidad de las materias vegetales como la madera, las telas de algodón y de cáñamo, el papel, etc., etc.; pero para quemar estas sustancias se necesitan dos condiciones, á saber, una temperatura elevada y el contacto del aire, que es el que ha de suministrar el oxígeno necesario para trasformarlas en agua y en ácido carbónico. Una vez inflamadas, su combustion desenvuelve el calor necesario para la continuacion del fenómeno, con tal que tenga libre acceso el aire. Privadas del contacto de este, y calentándolas hasta el calor rojo, suministrarán los productos volátiles inflamables, pero el carbon que dejen por residuo, no arderá, puesto que está privado del aire, y desde este momento la combustion se detendrá por sí sola. Tal es el papel que juegan todas las sales fijas, fusibles y formadas, por otra parte, de sustancias incapaces de ceder su oxígeno, al calor rojo de cereza, tanto al carbono como al hidrógeno. Estas sales se funden cuando la materia vegetal se encuentra caliente, forman una capa impenetrable al aire y previenen ó limitan su inflamacion. El fosfato, y el borato de amoniaco se hallan en este caso, pero la solubilidad de estas sales á la temperatura ordinaria, ofrece inconvenientes que no presenta el vidrio soluble.

Aplicaciones.

Este forma una capa sólida y muy durable que no experimenta ninguna alteracion por el aire, que no ocasiona grandes gastos, siendo ademas de una aplicacion sumamente fácil;



pero para que llene el objeto que se desea, es necesario fijar una atencion particular en su preparacion y empleo.

Para cubrir la madera y otros cuerpos, es necesario una disolucion de vidrio soluble puro, porque sin esta circunstancia, sería efflorescente y se separaría despues de cierto tiempo. Cuando se quiere dar á la madera una cubierta de mucha duracion, no hay necesidad de emplear al principio una disolucion demasiado concentrada, porque en este estado no puede penetrar bien por los poros ni desalojar el aire con facilidad, en cuyo caso no adhiere con solidez. Siempre será conveniente pasar muchas veces la brocha por la misma parte, para que la disolucion penetre bien. Para las cinco ó seis últimas manos, ya es preciso emplear otra disolucion mas concentrada, pero no demasiado espesa, y estenderla con la mayor igualdad posible. Es necesario dejar secar bien las capas primeras antes de aplicar las sucesivas, siendo indispensables al efecto por lo menos 24 horas. Aunque el vidrio soluble por sí solo sea un buen preservativo para el fuego, puede llenar mejor todavía este objeto, si se mezcla con otro cuerpo incombustible reducido á polvo muy fino. El vidrio es uno de los cuerpos que principalmente pueden mezclarse. La cubierta preservatriz adquiere entonces mas cuerpo, se hace mas sólida, mas durable y se coagula por la accion del fuego formando una costra muy adherente, cuando el cuerpo adicional ha sido bien elegido. La arcilla, la creta, los huesos calcinados, el polvo de vidrio, etc., pueden emplearse para este fin, pero no puede decirse con certeza cuál merece la preferencia entre todos. Una mezcla de arcilla y de creta parece mas conveniente que cada uno de estos cuerpos aislados. Los huesos calcinados forman con el vidrio soluble una masa muy sólida y tenaz.

Las escorias de hierro y de plomo, el feldespato y espato-fluor, pueden mezclarse con el vidrio soluble; pero cuál de estos cuerpos es preferible y en qué proporciones deben mezclarse, solo puede decirse por los experimentos.

Para las cubiertas preservativas del teatro de Munich se añadió 1,10 de arcilla amarilla. Despues de seis meses, la cubierta apenas habia experimentado alteracion; solamente fue necesario reparar algunos puntos que se habian deteriorado, lo cual provino de la precipitacion con que se hizo el trabajo y de que la preparacion y aplicacion de la cubierta no se hicieron con el cuidado necesario.



Cuando se quiere emplear este medio para preservar del fuego una casa ó un teatro, no basta cubrir las maderas y demas objetos que presentan esposicion, sino tambien las telas que son mas peligrosas en los incendios. Ninguno de los medios propuestos parece tan ventajoso como el vidrio soluble, porque no obra sobre la fibra vegetal, y llena bien el espacio que separa los hilos; se fija sobre el tejido de manera que no se separa, y ademas aumenta la duracion de las telas. La consistencia que dá á estos objetos no perjudica para el uso que se hace de las cortinas, porque se pueden correr estas con facilidad; y con respecto á los colores que se aplican sobre las telas, el vidrio forma un fondo sólido.

Mas para impedir las alteraciones que estos colores podrian sufrir por la reaccion de los álcalis, el azul de prusia por ejemplo, las lacas, etc., es necesario antes de pintar las telas, darlas una mano de alumbre y despues una de creta. Para preparar las telas no es suficiente estender la disolucion ni sumergir las telas en ella; es necesario que despues de esta operacion se sometan á una fuerte presion, sin cuya circunstancia no se hacen completamente incombustibles. Se obtiene todavia un efecto mejor añadiendo á la disolucion un poco de litargirio; una parte de litargirio molido es suficiente para catorce de la disolucion concentrada.

El vidrio soluble es susceptible aun de varias otras aplicaciones, particularmente para pegar los objetos duros: este cuerpo es superior á cuantos se han empleado hasta el dia para unir los fragmentos de vidrio y de porcelana.

El vidrio disuelve la mayor parte de los óxidos metálicos sin perder su transparencia y toma por lo regular colores muy hermosos. En esta propiedad se funda la fabricacion de vidrios de colores. En efecto, si á la mezcla de que se compone el vidrio se incorpora una cantidad determinada de un óxido metálico, se obtiene por fusion un vidrio de color.

Vidrios de colores y pintura sobre el vidrio.

Los colores que mas principalmente se dan al vidrio, se obtienen con las materias siguientes:

<i>Azul zafiro.</i> . . . . .	Oxido de cobalto.
<i>Azul celeste.</i> . . . . .	Deutóxido de cobre.
<i>Rojo purpura.</i> . . . . .	Protóxido de cobre.
<i>Verde.</i> . . . . .	Oxido de cromo.
<i>Amarillo de canario.</i> . . . .	Urano.



<i>Violeta.</i> . . . . .	Peróxido de manganeso.
<i>Rojo ó rosa.</i> . . . . .	Oro.
<i>Amarillo.</i> . . . . .	Cloruro de plata.
<i>Rojo bellissimo, pero muy intenso.</i> . . . . .	Oxido de cobalto y de hierro en partes iguales.

Se obtiene ademas un vidrio de hermoso color de púrpura, mezclando una corta cantidad de óxido de estaño con cristal reducido á polvo muy fino, humedeciendo la masa con una disolucion de cloruro de oro, y fundiendo la mezcla en un crisol despues de bien seca. Los vidrios amarillos pueden obtenerse tambien añadiendo negro de humo á la mezcla del vidrio blanco ordinario. Variando la proporcion de negro de humo, resultan matices mas ó menos vivos entre el amarillo claro y el amarillo purpúreo.

Cuando el óxido metálico que debe dar el color, es susceptible de oxidarse en el horno, como sucede al sesquióxido de manganeso, se agrega á la mezcla un poco de nitro.

Cuando se quieren obtener vidrios de colores claros empleando óxidos metálicos dotados de un poder colorante muy enérgico, no se logra fácilmente dar el tono que se desea echando en los crisoles de fusion la cantidad conveniente de óxido colorante. Se fabrican en este caso vidrios *plaqués*, es decir, vidrios que en la mayor parte de su espesor son incoloros, y solo tienen por una de sus caras una capa mas ó menos delgada de vidrio coloreado. Puede graduarse la intensidad del color alterando convenientemente la relacion entre los espesores de las dos capas. Para fabricar este *plaqué* de vidrio, se procede del modo siguiente. Se ponen dos crisoles en el horno, uno lleno de vidrio incoloro y otro de vidrio teñido. El operario coje con la estremidad de su caña una masa conveniente de vidrio incoloro, y cuando este principia á tomar consistencia sumerge la masa en el vidrio teñido, con lo cual fija una capa mas ó menos gruesa de este vidrio sobre la masa incolora. En seguida sopla el todo en forma de cilindros, que pasan á los hornos donde se estienden y templan. Es claro que el interior de estos cilindros ha de quedar formado de vidrio incoloro, y su superficie de vidrio teñido.

Para la pintura sobre el vidrio se conocen dos procedimientos enteramente diferentes. Para el primero, despues de



teñir los vidrios como queda dicho con los óxidos metálicos, se forma la vidriera y se corta por los puntos que conviene, reuniendo despues los pedazos con los plomos destinados al efecto. El segundo consiste en emplear vidrios teñidos muy fusibles y reducidos á polvo impalpable. La composicion de estos vidrios varía con la naturaleza del óxido colorante. Generalmente se forman con una mezcla de dos partes de cuarzo; dos y media de óxido de plomo y una de óxido de bismuto; pero como ciertos óxidos colorantes se alteran por los de plomo y bismuto, se emplea en este caso una mezcla de dos partes de cuarzo, una y media de borax fundido, una cuarta parte de nitro y otra cuarta parte de carbonato de cal. Se incorpora á estas mezclas el óxido colorante, y se funde el todo en hornos de mufla. El vidrio obtenido se reduce á polvo impalpable, se mezcla y bate con trementina hasta formar una pasta, y se aplica con un pincel. En seguida se calienta el vidrio pintado en una mufla, dándole el calor necesario para que se funda el vidrio coloreado, pero insuficiente para producir la deformacion del que lleva la pintura.

Combinando estos dos procedimientos, se obtienen resultados escelentes, no solo por la economía, sino por los hermosos efectos que producen.

La pintura sobre vidrio destinada á la decoracion de las ventanas lujosas de las catedrales y palacios deben en general verse por refraccion, así, pues, los colores que se emplean para este género de pintura deben ser transparentes.

#### ORTOSA.

**Sinonimia.**—*Feldespató.*—*Espato fusible.*—*Petunce.*

(Es un silicato aluminoso doble anhídrido).

Cristaliza en prismas romboidales oblicuos mas ó menos modificados. Su estructura es hojosa, escamosa, granosa y compacta; su lustre es anacarado unas veces y craso otras; su color naturalmente es blanco, pero suele colorarse de diversas maneras por las mezclas de sustancias muy variadas; su dureza está representada por 6, y su densidad relativa varía entre 2,5 y 2,5.

Caractéres.

Es fusible al soplete en esmalte blanco, no dá agua por la calcinacion y es inalterable por los ácidos. Se descompone



por la acción de la atmósfera, perdiendo su cohesión y reduciéndose á polvo mas ó menos grueso llamado *Kaolin*, sustancia que se emplea en la fabricación de la loza y de la china.

Yacimiento.

Se encuentra en los terrenos de cristalización formando algunas veces por sí solo capas de mas ó menos espesor compactas ú hojosas en medio del gneis; pero mas frecuentemente formando parte constituyente de un gran número de rocas compuestas. En España es muy abundante en la provincia de Toledo, en el Escorial y en las montañas de Guadarrama.

Usos.

Algunas variedades se emplean para objetos de adorno, las demas, especialmente cuando constituyen parte de las rocas compuestas, se usan para la construcción y la decoración.

#### POMEZ.

(Es un silicato doble anhídrido).

Caractères.

Es una sustancia de color gris, perla ó verdoso, poco pesada, esponjosa y acribillada de poros redondos ó alargados. Es muy áspera al tacto, deleznable, pero muy dura, puesto que raya al acero y al vidrio, y su densidad relativa está representada por 0,9. Su textura es fibrosa; si las fibras son gruesas, su lustre es vítreo, pero si son delgadas, su lustre es sedoso. Al soplete se funde en esmalte blanco.

Yacimiento.

El pomez pertenece á los depósitos traquíticos; existe especialmente en fragmentos mas ó menos voluminosos que forman depósitos muy considerables llamados *conglomeraciones de piedra pomez*, conducidos muchas veces por las aguas al rededor de los grupos de traquitas.

Usos.

En los puntos donde se encuentran los conglomerados de piedra pomez, se emplean para las construcciones de bóvedas interiores porque, ademas de ser muy duros y tallarse bien, conservan perfectamente las aristas; se emplea ademas para pulimentar los metales y preparar al pulimento las maderas finas, y por último, reducido á fragmentos pequeños constituye las sustancias llamadas puzolana y trass que se emplean en la preparación de los morteros. La calcinación bien dirigida de la arcilla cocida, del basalto, de la arenisca ferruginosa y de las tierras ocráceas, suministra á las artes excelentes puzolanas artificiales, que pueden emplearse en las mismas circunstancias que el producto que acabamos de describir.



MICA.

**Sinonimia.**—*Vidrio de Moseovia.*

(Es un silicato aluminoso doble fluorífero.)

La mica cristaliza unas veces en prismas exágonos, y otras en prismas romboidales, si bien suele encontrarse además en escamas mas ó menos grandes y en fibras. Su estructura es hojosa, pudiendo dividirse en láminas sumamente delgadas, dotadas de doble refraccion. Su lustre es metaloídeo y algunas veces anacarado: su color es blanco unas veces, pero otras presenta el gris y el amarillo muy semejante al del oro. Sus láminas son elásticas y tan blandas que se pueden rayar con la uña; la raya carece de lustre, y, como todos los minerales magnesianos, es algun tanto untuosa al tacto.

Caractéres.

Fundida al soplete con el fosfato sódico amónico, se reconoce la presencia del fluor por los vapores que se desprenden, y que, como hemos manifestado en otro lugar, atacan al vidrio.

La mica pertenece esencialmente á los terrenos de cristalización: entra en la composicion de los granitos, de los gneis, de los esquistos micáceos, de los hialomitos, y forma, mediante la acumulacion de una multitud de pajitas colocadas de plano, la mayor parte de los esquistos arcillosos; distinguiéndose estas pajitas hasta en las pizarras.

Yacimiento.

Casi todas las materias arenáceas de los depósitos de sedimento contienen pajitas de mica diseminadas, que se distinguen por su brillo argentino ó dorado, y que el vulgo ha tomado algunas veces por plata u oro. En España la tenemos en Colmenar Viejo, Buitrago y montañas de Guadarrama.

La mica es poco usada: solo sus grandes láminas se emplean para vidrieras en los barcos de la marina rusa, y con este motivo se hace una grande esplotacion de ella en Siberia. Estas vidrieras tienen la ventaja de no romperse por la compresion que producen en el aire las descargas de artillería.

Usos.



LAZULITA.

**Sinonimia.**—*Lapis-lazuli.*—*Ultramar.*

(Es un silicato aluminoso doble sulfurífero.)

Caractères.

La lazulita es una materia de color azul mas ó menos intenso, que se presenta á veces cristalizada en dodecaedros regulares, pero mas comunmente en masas de estructura compacta ú hojosa, con un lustre poco marcado, manchada con puntos blancos y amarillos. Su densidad relativa varía entre 2,7 y 2,9; raya al vidrio. Se funde á una temperatura elevada en un vidrio opaco; no da agua por la calcinacion, y pierde su color cuando se trata por los ácidos.

Vacimiento.

Se encuentra en los terrenos de cristalización y rocas graníticas de Siberia, en el Tiber y varios puntos de la China; es muy buscada y siempre de un precio muy elevado, cuando se halla en masas de alguna consideracion.

Usos.

Se emplea la lazulita tallada en piezas de 15 á 20 pulgadas de lado, ajustadas unas con otras, para ornamentos interiores de capillas, tabernáculos y otros objetos; eligiendo unas veces las variedades de tintas uniformes, otras las que se hallan mezcladas con partes blancas, y por último las que estan llenas de piritas inalterables, y que destacándose por su color amarillo de oro sobre el fondo azul, producen un bellissimo efecto.

Se emplea tambien en la pintura, si bien mucho menos que antiguamente, puesto que se ha conseguido fabricarla en los laboratorios, y se espnde en el comercio con el nombre de *azul de esmalte* ó *azur*.

Fabricacion del azul de esmalte.

Se fabrica en Sajonia tostando el arseniesulfuro de cobalto natural, mezclándole con arena muy blanca y carbonato de potasa puro, y fundiendo la mezcla en unos crisoles iguales á los que se emplean en la fabricacion del vidrio. Luego que se enfria la materia vítrea teñida de azul intenso, la someten á los bocartes y la reducen despues á polvo por medio de muelas. La materia así pulverizada se deslie en agua, recogiendo por decantaciones sucesivas polvos cada vez mas finos, y de un color tanto mas claro cuanto mayor es su division.



El azul de primera calidad está compuesto de las materias siguientes:

Protóxido de cobalto . . . . .	14,7
Oxido de hierro . . . . .	4,2
Oxido de plomo . . . . .	4,7
Alúmina . . . . .	5,0
Potasa . . . . .	14,1
Sílice . . . . .	54,8

El azur es una excelente materia colorante, porque resiste á temperaturas muy elevadas, mientras no esté en contacto con materias desoxidantes.

El azul llamado de cobalto ó de Thénard, que tantas aplicaciones tiene en la pintura, se prepara precipitando una disolución de sulfato ó de nitrato de cobalto por el fosfato de potasa, y separadamente una disolución de alumbre por el carbonato de sosa. Se mezclan perfectamente tres partes en volúmen del primer precipitado formado de fosfato de cobalto, con 12 ó 15 del segundo, que no es otra cosa que la alúmina en estado gelatinoso. Se deseca la mezcla y se calcina en un crisol, cuidando de evitar que los vapores combustibles del hogar penetren en el crisol, porque, reduciendo el óxido de cobalto alterarian notablemente su color. Este inconveniente puede evitarse colocando en el fondo del crisol un cuerpo tal como el óxido de mercurio, que desprendiendo oxígeno impida la reducción del óxido de cobalto.

#### MAGNESIO.

Este metal posee cierta ductilidad y presenta el color y brillo de la plata. Es menos alterable al aire que los metales precedentes, y no descompone sensiblemente el agua fría; pero si la temperatura de este líquido pasa de 50° su descomposición principia al instante, siendo muy rápida á los 100°. Cuando se le calienta hasta el rojo oscuro en el aire ó en el oxígeno, se enciende, verificándose el mismo fenómeno en una atmósfera de cloro.

Caractères.

Se obtiene el magnesio descomponiendo el cloruro de magnesio anhidro por el potasio ó el sodio.

Preparacion.

#### ÓXIDO DE MAGNESIO. MgO.

Es un polvo blanco infusible á las temperaturas mas ele-

Caractères.



vadas de nuestros hornos, y muy poco soluble en el agua. Es una base enérgica y satura bien los ácidos. La cal la precipita de sus disoluciones, lo cual es debido principalmente á que la magnesia es aun menos soluble en el agua que la cal.

La magnesia anhidra se combina con el agua, pero con tal lentitud que apenas es sensible el desprendimiento de calor.

Preparacion.

El óxido de magnesio se prepara calcinando el hidrocabonato de la misma base.

#### *Caracteres distintivos de las sales de magnesia.*

Las sales de magnesia tienen un sabor amargo; tratadas al soplete por el nitrato de cobalto adquieren un color rojo pálido, y se reconocen tratándolas por los reactivos siguientes:

*Potasa.* Precipitado blanco de hidrato de magnesia insoluble en un exceso de álcali: la presencia de las sustancias orgánicas se opone algunas veces á esta precipitacion.

*Amoniaco.* Precipitado blanco, soluble en un exceso de la sal amoniacal. En las sales neutras el amoniaco precipita la mitad de la magnesia. Si la disolucion es ácida no se verifica precipitado, pero sí la formacion de una sal doble amoniaco-magnésica, sobre la cual no ejerce accion el amoniaco.

*Carbonato de potasa.* Precipitado blanco de carbonato de magnesia básico, soluble en un exceso de sal amoniacal: si la disolucion de magnesia es ácida, no se forma el precipitado sino por la ebullicion.

*Bicarbonato de potasa.* No precipita en frio, pero el calor enturbia la disolucion.

*Carbonato de amoniaco.* No produce precipitado.

*Fosfato sódico-amónico.* Precipitado blanco de fosfato amónico-magnésico, insoluble en el agua y en un exceso de la sal amoniacal.

#### SERPENTINA.

(Es un silicato magnesiano.)

Caractéres.

La serpentina es una materia compacta, poco dura, pero tenaz, de fractura mas ó menos astillosa, y de un brillo craso que aumenta con el pulimento; su polvo, y aun á veces la



masa misma, es por lo general suave al tacto, y su densidad relativa está representada por 2,6. Los colores de la serpentina, generalmente oscuros, varían desde el verde al negro y al moreno mas ó menos subido; á veces se encuentran en un mismo ejemplar todas las tintas en forma de manchas ó de venas, lo cual da á esta sustancia cierta semejanza con la piel de una serpiente, de donde toma el nombre con que se la distingue.

Se llaman *serpentinias nobles* las variedades cuyos colores son mas vivos y marcados, poseyendo ademas cierto grado de translucencia. La serpentina es casi infusible al soplete, de modo que solo se funde en los bordes de las escamas muy delgadas, y esto con dificultad; observándose además, que se endurece á medida que pierde el agua de combinacion. Los ácidos la atacan aunque parcialmente.

Se encuentra en los terrenos de cristalización asociada á la caliza, con la cual forma mármoles vistosos. En otras partes, mas ó menos distantes de los depósitos ordinarios de cristalización, se la encuentra unida con calizas de diversas edades, á veces bastante modernas, y en cuyas cercanías suele encontrarse el yeso. En España la tenemos en Sierra Nevada y en los Pirineos.

Yacimiento.

En los puntos donde es muy abundante, se emplea para la fabricacion de mesas, columnas y retablos de los templos, que producen muy buen efecto, especialmente cuando se emplean las variedades de colores muy vivos, como se observa en el retablo de las Salesas de Madrid y en el célebre y magistoso templo del Escorial, en el que se halla tambien la serpentina con bastante profusion formando cornisas, jambas, frontones, etc.

Usos.

La serpentina, bajo este punto de vista, tiene la ventaja de poseer colores análogos á los de las piedras duras, trabajándose sin embargo con mucha mas facilidad.

#### ESTEATITA.

**Sinonimia.**—*Jabon de saastre.*

(Es un silicato magnesiano.)

Es una sustancia muy untuosa y grasienta al tacto, compacta ó menudamente escamosa, que se encuentra á veces

Caracteres.



bajo formas tomadas, ya del cuarzo, ya del carbonato de cal, y envueltas en la esteatita compacta. Su color es blanco, gris ó verdoso. Su dureza es igual á la del talco, y su densidad relativa está representada por 2,8. Se funde con dificultad en los bordes ó partes mas delgadas; desprende agua, y se endurece por la calcinacion.

**Yacimiento.** — Es muy abundante en los terrenos de cristalización y en las calizas enclavadas en ellos, — en cuyas rocas forma montones y filones. En España se encuentra en algunos puntos de Sierra Nevada.

**Usos.** Se emplea para señalar los cortes de las telas y paños, y para disminuir el rozamiento de las ruedas de madera en las máquinas.

#### AMIANTO.

(Es un bisilicato de magnesia y de cal.)

**Caractères.** El amianto se presenta en fibras mas ó menos delgadas, flexibles y sedosas, unidas unas veces, ó formando masas fibrosas y poco adheridas otras, en términos que pueden separarse. Su color es blanco ó verdoso, y algunas veces leonado. Su densidad relativa está representada por 0,9. Cuando las fibras del amianto se fieltan, resulta lo que se conoce en mineralogía con el nombre de papel y carton de montaña.

**Yacimiento  
y usos.**

El amianto suele encontrarse en las hendiduras ó grietas de los depósitos de serpentina, y se fabrican con él telas incombustibles que, unidas á otras metálicas, son á propósito para preservar á los obreros destinados á apagar los incendios. El aparato que se emplea para este objeto, se compone de un vestido de amianto ó de tela impregnada de algunas sales para hacerla incombustible, formado por un pantalon, una chaqueta y un capuchon, y no tiene mas aberturas que las necesarias para la respiración y para la vision. Además de esto, se cubre el obrero con una armadura de tela metálica, cuya parte superior lleva un casco, la cual preserva enteramente todas las partes de su cuerpo.

Este aparato, inventado por Aldini, ha sido modificado y notablemente alterado por Paulin, coronel de zapadores bomberos de París.



MAGNESITA.

**Sinonimia.**—*Espuma de mar.*

(Es un silicato magnesiano.)

Se presenta en masas compactas y á veces térreas, mates, de color blanco agrisado ó rosado, y bastante blandas pero muy tenaces, áridas al tacto, y de una densidad que varía entre 2,6 y 3,2. Se funden con dificultad, blanqueándose y endureciéndose al fuego, y son atacadas por los ácidos sin efervescencia cuando están puras.

Caractères.

La magnesita se encuentra en las serpentinas, formando venas ó riñones, en los terrenos superiores de sedimento, y principalmente en los calcáreos fluviátiles. En todas partes se presenta mezclada con materias silíceas, especialmente con ópalo. En España se estrae de Cabañas (provincia de Toledo) y de Vallecas (provincia de Madrid), en cuyo punto se la conoce con los nombres de *pedra loca* y *pedra de Vicálvaro* ó *de Vallecas*.

Vacimiento.

Se emplea comunmente en la construccion de hornillos para los laboratorios de química, por la facilidad con que se labra, sobre todo recién estraida, y por lo mucho que resiste á la accion del fuego. En otro tiempo se hacian con ella pipas para fumar, destinándose á este objeto los ejemplares procedentes de Cabañas que, por su pureza y blancura, competian con las que venian de Oriente.

Usos.

HIERRO.

Este metal, conocido desde la mas remota antigüedad, es de un color gris azulado brillante, maleable, ductil y susceptible de adquirir pulimento. Su densidad relativa, cuando está forjado, varía entre 7,7 y 7,9; es el mas tenaz de todos los metales, puesto que un alambre de dos milímetros de diámetro no se rompe sino bajo una carga de 250 kilogramos.

Caractères.

Es susceptible de cristalizar, despues de fundido, en cubos ó en octaedros.

La textura del hierro del comercio varía segun la clase de trabajo á que se ha sometido. El hierro puro, batido y estendido igualmente en todos sentidos, presenta en su textura



granos muy pequeños y brillantes; pero cuando ha sido forjado en barras suele ofrecer una textura fibrosa muy marcada en toda la longitud de aquellas, la cual es fácil descubrir rompiéndolas por una flexion fuerte. Esta textura es muy apreciada, porque el hierro que la posee, presenta mayor tenacidad que el de textura granosa, pudiendo por consecuencia soportar sin romperse pesos mas considerables. La textura fibrosa del hierro se tiene generalmente como un indicio de su buena calidad; pero es necesario tener presente que los operarios diestros saben comunicársela á hierros de mediana calidad. Esta textura fibrosa del hierro no subsiste indefinidamente, y pasado cierto tiempo se convierte en textura granosa, y aun algunas veces en textura laminar; lo cual se verifica principalmente en las barras de hierro sometidas á grandes vibraciones, como en las que sostienen el tablero de un puente colgante, observándose tambien una trasformacion análoga en los ejes de las locomotivas y carruajes que ruedan sobre los ferro-carriles. La tenacidad del metal disminuye al propio tiempo de una manera muy marcada, y con frecuencia las barras se rompen bajo cargas á las que hubieran resistido fácilmente cuando conservaban la textura fibrosa.

El hierro se funde á la temperatura mas elevada que puede producirse en los hornos metalúrgicos, pero se facilita mucho su fusion cuando puede combinarse con el carbono. Mucho antes de su liquefaccion se ablanda notablemente, en términos de que se le puede forjar y soldar sin intermedio, con solo sobreponer las dos barras que se quieren unir, y batiirlas con el martillo; pero es necesario que las superficies que deben soldarse se hallen completamente desoxidadas; y como el hierro calentado se oxida al aire con mucha rapidez, el forjador suele espolvorear, con un poco de arena, las partes que quiere soldar. Combinándose la arena con el óxido de hierro, produce un silicato muy fusible, el cual forma en la superficie del metal una especie de barniz que le preserva de la oxidacion ulterior, y además, siendo bastante fluido, desaparece completamente por los golpes del martillo.

El oxígeno y el aire secos no ejercen accion sobre el hierro á la temperatura ordinaria, pero por poco que se caliente absorbe el oxígeno y se recubre de una película de óxido, que á medida que aumenta de espesor, presenta los colores del iris.



Al calor rojo el hierro se oxida rápidamente, y se recubre de escamas de óxido negro, que se llaman *batiduras*.

El aire húmedo oxida lentamente al hierro, recubriéndole de una capa de óxido hidratado, que se conoce con el nombre de *orin*, á cuya formacion concurre eficazmente la pequeña cantidad de ácido carbónico que el aire contiene. Se observa además que, cuando el hierro empieza á tomarse de orin en un solo punto, se altera en seguida con mucha rapidez al rededor de éste, lo cual es debido á un fenómeno galvánico que acelera la oxidacion. Si queremos preservar al hierro de esta accion que le destruye, es necesario sumergirle en agua que contenga  $\frac{1}{500}$  de su peso de carbonato de potasa ó de sosa, ó cubrir su superficie con una capa delgada de zinc, en cuyo caso recibe el nombre de *hierro galvanizado*.

El hierro dulce del comercio, ó hierro forjado, no es químicamente puro, pues contiene siempre un poco de carbono con frecuencia señales de silicio, de azufre ó de fósforo, que influyen notablemente en su calidad, aun cuando las cantidades de estos cuerpos sean tan pequeñas, que no puedan apreciarse por el análisis. Esta circunstancia ha hecho tan necesaria la division de los hierros que circulan en el comercio en varias clases, segun su calidad, las cuales pueden reducirse á las siguientes:

1.<sup>a</sup> *Hierro blando y tenaz*. Es el mas ductil de todos ellos, y se puede doblar á todas temperaturas sin hendirse; el color de sus fibras es blanco agrisado: es el mas puro, pero sometido al calor de la fragua, una parte del óxido que se forma en su superficie penetra en su interior y le hace ágrío ó quebradizo.

Division de  
los hierros.

2.<sup>a</sup> *Hierro duro y tenaz*. Permite doblarse en todas direcciones, en frio y en caliente, sin hendirse, pero es menos dulce que el anterior; sus fibras tienen un color blanco de plata, perceptibles únicamente en los fragmentos de pequeño volumen. Adquiere mejores propiedades en la fragua, sin duda porque contiene mayor cantidad de carbon, el cual reduce á hierro metálico el óxido que penetra en su parte interior.

3.<sup>a</sup> *Hierro blando y ágrío*. Se dobla á una temperatura elevada, pero se rompe á la ordinaria; sus fibras tienen un color gris oscuro.

4.<sup>a</sup> *Hierro duro y ágrío*. Se forja con dificultad y se rompe por la accion del martillo á la temperatura ordinaria, y



aun algunas veces á una temperatura elevada. La proporción de carbono en este hierro es mucho mayor que en los anteriores, lo cual proviene de su mala afinación.

5.<sup>a</sup> *Hierro blando y frágil.* Se puede forjar á la temperatura ordinaria y doblarse con alguna precaución, pero se rompe por un choque brusco. La mas pequeña cantidad de fósforo es suficiente para dar estas propiedades á un hierro que contenga poco carbon.

6.<sup>a</sup> *Hierro duro y frágil.* Contiene, además del fósforo, mas carbono que el precedente. Se dobla á una temperatura elevada, pero se rompe fácilmente á la ordinaria.

La cantidad de fósforo que puede existir en el hierro forjado es muy variable. Segun las observaciones de Karsten, cuando el hierro no contiene mas que 0,30 por 100 de fósforo, se asemeja al de buena calidad. Si contiene 0,50 disminuye notablemente su tenacidad, pero si la proporción llega á 0,60, el hierro se hace ya quebradizo á la temperatura ordinaria. La presencia del fósforo, por pequeña que sea su cantidad, es siempre perjudicial al hierro que se destina á la fabricación del acero.

7.<sup>a</sup> *Hierro duro y quebradizo.* Contiene una corta cantidad de azufre; se dobla á la temperatura ordinaria, pero se rompe á la del calor rojo. Algunas veces puede sin embargo, forjarse y soldarse este hierro á la temperatura del rojo blanco, pero vuelve á hacerse quebradizo á la temperatura del rojo de cereza.

Segun Karsten 0,0004 de azufre bastan para hacer que el hierro se rompa con facilidad á una temperatura elevada, cuando se trata de forjarle ó soldarle.

Varias sustancias comparten con el fósforo y el azufre la propiedad de alterar las buenas cualidades del hierro. En efecto, 0,0005 de potasio ó de sodio son suficientes para disminuir la facultad que tiene el hierro de soldarse, y aumentar considerablemente su dureza. Efectos análogos produce el silicio y el calcio, si bien son necesarias 0,009 de este último para comunicar al hierro las malas propiedades de que hemos hablado.

Estado.

El hierro se encuentra nativo en la naturaleza, pero mas frecuentemente combinado con el oxígeno, con el azufre, y formando sales con los ácidos carbónico, silícico, fosfórico, sulfúrico, etc.



Los minerales de hierro que se emplean en la preparacion de este metal, se dividen en *terrosos* y *espáticos*. Los primeros están formados por el hidrato de protóxido de hierro, comprendiendo los segundos los silicatos, carbonatos, etc. Los minerales terrosos se escojen, quebrantan y lavan. Los espáticos se tuestan para separarles el ácido carbónico y el agua que contienen.

Verificadas estas operaciones preliminares, se introducen en hornos altos, formados por dos conos truncados reunidos por sus bases mayores. Cuando la temperatura del horno está suficientemente elevada, se introduce por la parte superior carbon y mineral mezclado con un fundente silicioso llamado *erbue*, cuando la ganga del mineral es caliza; ó con un fundente calizo llamado *castina*, cuando predomina la ganga arcillosa ó silíceo. En el primer caso la sílice se combina, á una temperatura elevada, con la cal y la alúmina, produciendo silicatos fusibles, y en el segundo, la cal sirve para reemplazar al óxido de hierro, que formaria con la sílice un silicato fusible que no podria reducirse por el carbon. En ambos casos el hierro reducido se une al carbono, y constituye la fundicion, que cae á la parte inferior del horno alto, donde queda recubierto por las escorias formadas de silicatos de hierro, de cal y de manganeso en proporciones definidas.

La fundicion no está compuesta exclusivamente de hierro y de carbonó, sino que contiene además algunos cuerpos extraños, tales como el silicio, el manganeso y el fósforo, que ejercen una notable influencia en sus propiedades.

Se reconocen tres especies principales de fundicion, á saber: la *negra*, la *gris* y la *blanca*.

Diversas clases de fundicion.

La *fundicion negra* se deja impresionar por el martillo, se rompe con facilidad, y presenta un grano grueso, en medio del cual se percibe distintamente el grafito, á quien debe su color característico. Es la mas fusible de todas las fundiciones, y tratada por los ácidos desprende una mezcla de hidrógeno y carburo de hidrógeno, dejando un residuo abundante de grafito.

La *fundicion gris* proviene en general de minerales de buena calidad, y presenta una fractura granuda; es muy porosa, no adquiere jamás buen pulimento, y su densidad varía entre 6,77 y 7,05. Se deja limar, cortar y perforar con facilidad. Tratada por los ácidos, deja un residuo de grafi-



to, menor que la fundicion negra, y contiene una cantidad bastante notable de silicio y fósforo; este último disminuye su tenacidad, pero aumenta en cambio su fusibilidad, haciéndole muy á propósito para obras vaciadas.

La *fundicion blanca* resulta de la reduccion de los minerales manganesíferos, ó del empleo de una gran cantidad de mineral con relacion á la del carbon. Su color es blanco de plata, y cuando tiene manganeso, cristaliza en pirámides cuadrangulares muy voluminosas. Es muy dura, no se deja impresionar por la lima, y su densidad relativa varia entre 7,44 y 7,84.

Es mas fusible que la fundicion gris, aun cuando no adquiere tanta fluidez, y tratada por los ácidos no deja residuo de grafito, lo cual manifiesta que el carbono se encuentra en ella en un estado diferente que en las fundiciones anteriores.

Preparacion  
del hierro.

Para estraer el hierro de la fundicion, se sujeta esta á una temperatura elevada en contacto del aire; el carbono, el silicio y una pequeña cantidad de hierro, se combinan con el oxígeno, de lo cual resulta hierro que se forja por la accion de los martillos, óxido de carbono que se desprende, y silicato de hierro que queda fundido.

Puede obtenerse el hierro directamente sin pasar por el intermedio de la fundicion, empleando el método catalan. Finalmente, si queremos obtenerle químicamente puro, es necesario reducir el óxido férrico por el hidrógeno á una temperatura elevada.

Los principales inconvenientes que presenta la fabricacion del hierro, son el olor desagradable é incómodo del humo del carbon de piedra, olor que varia segun la naturaleza del combustible que se emplea; la posibilidad de que se desprenda una cantidad de ácido sulfuroso producido por la combustion de las piritas, que generalmente acompañan á la ulla, y finalmente, la esposicion á incendios.

Usos.

El hierro es el mas importante de los metales por las numerosas aplicaciones que tiene en las artes, en las que se le emplea bajo los tres estados siguientes.

1.º En el de fundicion.

2.º En el estado de hierro dulce, bajo la forma de palastro y alambres.

3.º En el de acero.

Palastro.

Se da el nombre de palastro, al hierro reducido á plan-



chas. Para prepararle se comprime el hierro enrojecido con máquinas á propósito, que ya son martinets que baten sobre yunques, ó ya cilindros ó laminadores. No se logra desde luego dar á la plancha de hierro la estension que debe tener, siendo por consecuencia preciso someterla á caldas consecutivas, y batirla ó laminarla repetidas veces.

El primer método de batir el hierro produce un palastro de buena calidad y muy resistente, pero su espesor es rara vez uniforme; por esta razon, y por el grado de perfeccion á que ha llegado en nuestros dias el arte del laminador, se ha abandonado casi completamente la fabricacion del palastro por el martillo.

El hierro que se destina á la fabricacion del palastro debe ser blando y maleable. Cuando las planchas han de servir para la fabricacion de la hoja de lata, ó cuando han de ser mas gruesas por tener que ofrecer gran resistencia, como las que se usan para las calderas de vapor, deberán emplearse hierros obtenidos con carbon de leña.

El palastro, en razon á su bajo precio y mucha tenacidad, es muy apropiado para fabricar un gran número de utensilios; pero la facilidad con que se oxida en contacto del aire húmedo, limitaria mucho su empleo, si no se lograra impedir esta alteracion por medio del estañado, en cuyo caso se forma la hoja de lata, cuya preparacion es la que vamos á indicar sumariamente como cumple al objeto de este tratado.

Se prepara esta aleacion, desoxidando perfectamente las planchas de hierro, y sumergiéndolas en un baño de sebo fundido, y despues en otro de estaño recubierto tambien con sebo para evitar la oxidacion de los metales, cuidando por último de igualar lo mejor posible la capa de estaño que recubre al hierro.

Hoja de lata.

Si se quiere obtener el *moire metálico*, ó anacarar la hoja de lata, basta ponerla en contacto por algun tiempo con una mezcla de tres partes de ácido clorhídrico y ocho de agua, lavándola despues con agua clara. En esta operacion solo se verifica la disolucion de la capa superficial de estaño, que recubria á las inferiores formadas por la reunion de una multitud de cristalitos que quedan á descubierto. Resta, pues, recubrir las láminas con un barniz incoloro ó teñido de diversos colores, para preservar el anacarado de la oxidacion.

El hierro que se destina á la fabricacion de los alambres

Hierro en alambres.



debe ser muy ductil y tenaz; se elije ordinariamente el de mejor calidad de los obtenidos con carbon de leña y tambien se emplea el acero. El mecanismo de esta fabricacion es muy sencillo: se reduce á hacer pasar sucesivamente varillas de hierro por agujeros practicados en una plancha gruesa de acero llamada *hiler*. Estos agujeros son circulares y sus diámetros van en disminucion.

#### ACERO.

Caractères.

Se dá el nombre de acero á un carburo de hierro que contiene indicios de silicio, fósforo, aluminio y manganeso, y en el cual la cantidad de carbono no escede jamás de  $\frac{1}{100}$ . Es mas blanco y mas duro que el hierro dulce, susceptible de adquirir pulimento, y de una densidad que varía entre 7,80 y 7,84.

Espuesto á la temperatura del calor rojo, y enfriado repentinamente, se *templa* y adquiere una dureza capaz de rayar al vidrio; pero si despues de templado se le recuece, adquiere elasticidad y se hace mas sonoro.

Division de los aceros.

Los aceros se dividen en las cuatro variedades siguientes:

1.º *Acero natural ó de fundicion*. Se obtiene esponiendo la fundicion en crisoles profundos al contacto del aire, ó á la accion del óxido de hierro, para separar una porcion del carbono que contiene. El acero que resulta se emplea con preferencia para fabricar los arados y demas útiles de labranza.

2.º *Acero de cementacion*. Se prepara calentando á una temperatura elevada barras de hierro colocadas en cajas llenas de carbon pulverizado.

3.º *Acero fundido*. Se obtiene fundiendo el acero de cementacion; es el mas apreciado por su homogeneidad y dureza, adquiere un hermoso pulimento y presenta frecuentemente la notable propiedad de templarse por la sola accion del aire.

4.º *Acero adamascado*. Se llama asi una variedad de acero que, tratado por los ácidos debilitados, presenta en su superficie una especie de *moire*. Se prepara fundiendo en un crisol refractario cinco partes de hierro muy puro,  $\frac{1}{12}$  de grafito,  $\frac{1}{32}$  de batiduras de hierro, y  $\frac{1}{24}$  de dolomia que sirve de fundente. Para que aparezca el adamascado, se hace pasar por la superficie del acero una disolucion de sulfato de hierro que contiene cierta cantidad de sulfato de alumina.

Temple de los objetos de acero.

Los objetos de acero se fabrican desde luego con acero



recocido, es decir, calentado á una temperatura elevada y dejado enfriar con lentitud, labrándolos á martillo, con lima ó con el torno, y en seguida se les dá la dureza conveniente por medio del temple. Pero por lo regular adquieren de este modo demasiada dureza y mucha fragilidad, y es indispensable, para reducirlos á las condiciones convenientes, sujetarlos á un recocido parcial. Todo el talento del operario consiste en apreciar bien el momento en que el recocido llega al punto conveniente, guiándose para ello por los colores, con frecuencia muy brillantes, que adquiere la superficie del metal cuando se le recuece, y que corresponden con bastante exactitud á tiempos determinados. Estos colores son debidos á películas muy delgadas de óxido que los reflejan con mas ó menos intensidad y con matices muy distintos segun el espesor que tengan. En una palabra, la causa de estos colores es absolutamente igual á la que produce los muy hermosos que se observan en las ampollas formadas con agua de jabon.

El acero templado recocido á

220°.	. . . . .	toma un color amarillo de paja.
240°.	. . . . .	amarillo de oro.
255°.	. . . . .	pardo.
265°.	. . . . .	púrpura.
285°.	. . . . .	azul claro.
295°.	. . . . .	azul índigo.
315°.	. . . . .	azul muy subido.

Segun sea la calidad del acero y la naturaleza del objeto, asi se recuece hasta tal ó cual color.

El acero forma la base de muchas industrias á cual mas importantes. Toda persona que compre acero y se proponga trasformarle en un instrumento cualquiera, debe decir el uso á que va á destinarlo, sin cuyo requisito se espone á perder el valor del material y los gastos del trabajo.

Se fabrican aceros muy ordinarios para los instrumentos de labranza y demas de la agricultura, otros para los yunques, para moldes, escoplos, buriles, gubias y otros utensilios necesarios para torneare los muebles: se fabrican tambien aceros para los muelles de los carruajes, para diversas especies de resortes, herrería, cuchillería, armería, etc.

Cada una de estas diferentes clases de acero debe tener

Usos.



propiedades que esten en relacion con la aplicacion que se le dé.

Para la fabricacion de los moldes ó matrices, por ejemplo, no se pueden emplear sino aceros muy homogéneos, susceptibles de adquirir mucha dureza y resistencia. Los aceros destinados á la construccion de yunques deben tener mucha dureza y densidad. Para los escoplos deben tomarse aceros muy homogéneos, de menor densidad, pero de una dureza tal, cual se necesita para que resulten de un buen corte y de mucha resistencia.

Para los resortes se necesitan aceros en los que la dureza no sea la propiedad dominante, sino la elasticidad y resistencia.

### OXIDO FERROSO, FeO.

Caractères.

El protóxido de hierro no se ha obtenido aun en el estado de pureza. Cuando se deja enfriar lentamente, en contacto del aire, una barra de hierro gruesa enrojecida al fuego, su superficie se oxida, y se forma una película negra con brillo metaloideo, que se separa por el choque de un martillo, en forma de hojuelas ó cascarillas. Si se examina con una lente el corte de una de estas hojuelas, algo gruesa, se ve que está formada de varias capas sobrepuestas. La capa exterior presenta con corta diferencia la composicion del óxido magnético  $Fe^3O^4$ , y al contrario la capa interior, ó la que se halla en contacto inmediato con el metal, difiere muy poco del protóxido.

Si se vierte una disolucion de potasa cáustica en la de una sal de protóxido de hierro, se obtiene un precipitado blanco de hidrato de protóxido, pero que se enverdece muy pronto en contacto del aire absorviendo oxígeno, convirtiéndose despues en hidrato de sesquióxido de hierro cuyo color es amarillo.

Yacimiento.

El protóxido de hierro es una base muy enérgica que se encuentra en la naturaleza combinada con varios ácidos formando sales, ó unido al sesquióxido del mismo metal, constituyendo el óxido de hierro magnético.

Preparacion.

Se prepara este cuerpo tratando una sal protoxidada de hierro por la potasa ó la sosa cáusticas.

Usos.

El protóxido de hierro tiñe de verde á los fundentes; se emplea por consecuencia para la fabricacion de los vidrios de



colores. A la presencia de este óxido es debido el color verde del vidrio con que se fabrican las botellas.

SESQUIOXIDO DE HIERRO,  $\text{Fe}^2\text{O}^3$ .

**Sinonimia.**—*Oxido férrico.*—*Colcoatar.*—*Peróxido de hierro.*

El sesquióxido de hierro es muy abundante en la naturaleza. Su color y algunas de sus propiedades varían con el método que se emplea para prepararle: unas veces se presenta de color rojizo y pulverulento, otras cristalizado en pajitas violáceas semejantes á las que se encuentran en los cráteres de los volcanes, y algunas casi negro, especialmente si se obtiene por la calcinacion del nitrato de peróxido de hierro. En todos estos estados posee una composicion igual, no es magnético, se reduce por el hidrógeno á una temperatura elevada, y los ácidos le disuelven lentamente cuando ha sido calcinado á la temperatura del calor rojo. En el estado de hidrato es de un color amarillo moreno é inalterable al aire, el calor le priva con facilidad del agua que contiene, se disuelve bien en los ácidos y se conoce con el nombre de *hierro cenagoso*.

Caractères.

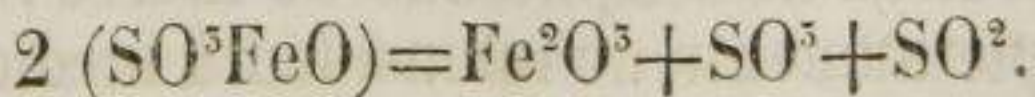
El peróxido anhidro se encuentra en la naturaleza formando cristales romboédricos, achatados, muy brillantes y casi negros, pero su polvo es de un rojo subido. Se encuentra en filones en los terrenos antiguos y se conoce en mineralógia con el nombre de *hierro oligisto*.

Yacimiento.

Tambien es muy frecuente hallar en las hendiduras de las lavas volcánicas, peróxido de hierro en láminas delgadas muy brillantes, que presentan la forma de exágonos regulares: se le conoce entonces con el nombre de *hierro especular*. Existe igualmente anhidro formando masas compactas de un rojo intenso; en cuyo caso constituye la *hematites roja*, que se emplea en las artes para pulimentar los metales, llamándola tambien *pedra sanguínea*.

El peróxido de hierro se prepara artificialmente calcinando el sulfato de protóxido del mismo metal, durante cuya operacion se desprenden ácido sulfuroso y sulfúrico y queda el peróxido de hierro bajo la forma de un polvo rojo, cuya reaccion puede representarse por la fórmula siguiente:

Preparacion.





El hidrato de peróxido se prepara tratando por la potasa ó el amoniaco ó por el carbonato potásico, la disolucion de una sal de peróxido de hierro.

Usos.

El peróxido de hierro preparado por la calcinacion del sulfato, se llama *Cólcotar* ó rojo de Inglaterra y se emplea en la pintura al óleo y para dar color á los estucos; sirve tambien para pulimentar la plata, las placas daguerrianas, los mármoles y para dar el último pulimento á los espejos, en cuyo caso es necesario separarle de los pequeños fragmentos que rayarian al metal ó al vidrio: esto se consigue por medio de la *levigacion*.

El peróxido de hierro tiñe de amarillo rojizo los fundentes, empleándose por consecuencia para la pintura sobre cristal, pero es indispensable para ello que su proporcion sea algo notable.

#### CARACTÉRES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE HIERRO.

Las sales de protóxido de hierro tienen todas un sabor astringente y metálico, su color, cuando estan hidratadas, es generalmente verdoso, que pasa casi al blanco cuando se deshidratan. Tienen una tendencia marcada á sobreoxidarse y dejan depositar por su contacto en el aire un precipitado de peróxido de hierro básico.

Se reconocen fácilmente por los reactivos siguientes:

*Potasa y sosa.* Precipitado blanco verdoso, insoluble en un exceso de reactivo, que se sobreoxida por el contacto del aire.

*Amoniaco.* Precipitado verdoso, soluble en un exceso de reactivo.

*Carbonatos y fosfatos alcalinos.* Precipitado blanco que se enverdece al aire.

*Ferrocianuro de potasio.* Precipitado blanco que pasa á azul por un contacto prolongado con el aire, é inmediatamente por la influencia del cloro, ó por la adicion de una corta cantidad de ácido nítrico.

*Ferrocianido de potasio.* Precipitado azul instantáneo.

*Cloruro áurico.* Precipitado sucio de oro metálico.

*Tanino.* No da precipitado inmediatamente, el líquido expuesto al aire libre, adquiere un color azul negruzco.

Las sales neutras de sesquióxido de hierro, tienen un color amarillo, que aumenta de intensidad á medida que contie-



nen una proporción mayor de base, y su disolución enrojece siempre la tintura de tornasol.

Se reconocen con facilidad empleando los reactivos siguientes:

*Potasa, sosa y amoniaco.* Precipitado moreno de hidrato de protóxido de hierro, insoluble en un exceso de reactivo.

*Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.* Precipitado de sesquióxido de hierro, con desprendimiento de ácido carbónico.

*Ferrocianuro potásico.* Precipitado azul, llamado *azul de Prusia*.

*Ferrocianido de potasio.* No dá precipitado, la disolución se colora ligeramente de moreno verdoso.

*Tanino.* Precipitado negro azulado.

#### AZUL DE PRUSIA.

Este cuerpo se descubrió en 1710 por un fabricante de Berlin; pero el procedimiento para obtenerle no se publicó hasta el año 1724 por un químico inglés.

Historia.

Este cuerpo se presenta en trozos amorfos ligeros, de un hermoso color azul, insolubles en el agua y en el alcohol y que adquieren, por la desecación, un brillo metálico de color rojo de cobre.

Caractères.

El azul de Prusia se disuelve en el ácido oxálico. Esta propiedad se utiliza para preparar una tinta de un hermoso color azul, lo cual se consigue purificando, el que se encuentra en el comercio, por el ácido clorhídrico debilitado lavando bien el residuo, mezclándole con la sexta parte de su peso de ácido oxálico y diluyendo la mezcla en agua para filtrarla despues.

El procedimiento que mas ordinariamente se emplea para preparar este cuerpo, consiste en tratar el sulfato ó nitrato de peróxido de hierro, ligeramente ácidos, por el cianoferruro de potasio.

Preparacion.

Liebig aconseja, sin embargo, para obtener este producto de un hermoso color azul, que se precipite el sulfato de protóxido de hierro por el mismo cianoferruro de potasio, tratando despues el precipitado por el hipoclorito de cal y últimamente por el ácido clorhídrico debilitado.

El azul de Prusia del comercio rara vez está puro, puesto que se encuentra ordinariamente mezclado con alumina y óxi-

Purificacion.



do de hierro. Se purifica tratándole por los ácidos debilitados que separan los cuerpos estraños sin disolver el azul de Prusia.

Usos. Este cuerpo es uno de los colores minerales mas útiles. Se emplea en la fabricacion de los papeles pintados, para la pintura al óleo y mas principalmente en la tintorería.

SULFATO DE PROTÓXIDO DE HIERRO.  $\text{FeO}, \text{SO}^5, 7\text{HO}$ .

Caractéres. Este cuerpo, conocido con los nombres de *caparrosa* y *vitriolo verde*, cristaliza en prismas romboidales oblicuos, de sabor estíptico, soluble en dos veces su peso de agua fria, y en tres cuartos á la temperatura de la ebullicion.

Calentado hasta  $100^\circ$  pierde seis equivalentes de agua, conservando el sétimo, á menos que no se le esponga á la temperatura del calor rojo, en cuyo caso se descompone en peróxido de hierro, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico anhidro.

Espuesto el sulfato de hierro al aire húmedo, absorve el oxígeno, pierde poco á poco su transparencia, y se recubre de sulfato básico.

Yacimiento. El sulfato de hierro se encuentra en todos los sitios donde existe el sulfuro de hierro en contacto del aire.

Preparacion. Se obtiene esta sal en los laboratorios, tratando el hierro por el ácido sulfúrico debilitado. En las artes se prepara este cuerpo por medio de la vitriolizacion de las piritas.

Usos. Se emplea el sulfato de hierro para preparar el colcotar, para precipitar el oro de sus disoluciones, para la fabricacion de la tinta y para la desinfeccion de las materias fecales.

ZINC.

Caractéres. El zinc es sólido, de color blanco azulado, su testura es laminosa y su densidad relativa varía, segun esté fundido ó forjado, entre 6,86 y 7,21. Es bastante blando, aunque menos que el plomo, embota la lima y tiene muy poca sonoridad. El zinc del comercio no es tan maleable como el zinc puro. Se hiende cuando se le choca con el martillo á la temperatura ordinaria, pero entre  $150^\circ$  y  $150^\circ$  se le puede estender por el laminador y la hilera en hojas é hilos bastante delgados, pero de poca tenacidad, puesto que un hilo de zinc de dos milímetros de diámetro se rompe con un peso de 12 kilogramos.

Calentado hasta  $205^\circ$  se hace quebradizo y se pulveriza



fácilmente en un mortero cuya temperatura sea la indicada. Se funde á 412° y cristaliza por enfriamiento en prismas de base exágona. Calentado hasta el rojo blanco entra en ebullicion y se destila.

El aire seco no ejerce accion sobre el zinc; pero si está húmedo, le recubre rápidamente de una costra blanca muy delgada, de óxido y carbonato de zinc, que preserva al resto del metal de la oxidacion.

Calentado el zinc en contacto del aire, se inflama á los 500° próximamente, y arde con una llama blanca, cuyo brillo es debido en gran parte al óxido de zinc que es fijo é infusible. El zinc descompone fácilmente el vapor de agua con el auxilio del calor, apoderándose del oxígeno y desprendiendo el hidrógeno.

Los hidratos de potasa, sosa, y amoniaco, á una temperatura elevada, disuelven el zinc desprendiendo hidrógeno, y se convierten en zincatos alcalinos.

El zinc se encuentra en la naturaleza en estado de sulfuro, constituyendo el mineral conocido con el nombre de blenda, y combinado con el ácido carbónico formando un carbonato anhidro llamado calamina.

Estado.

Estos dos minerales son los que se emplean para la extraccion del zinc, si bien este metal se encuentra tambien combinado con la sílice y otros cuerpos naturales.

El zinc se extrae siempre de los minerales que le contienen por medio de la destilacion. Para conseguirlo, se espone la calamina, durante algunos meses, á la influencia de los agentes atmosféricos para separarla de las piritas y cuerpos arcillosos con quienes se encuentra mezclada. Se calcina en hornos de reverbero para que se desprenda el ácido carbónico y el agua. Se mezcla el óxido que resulta con un volúmen igual al suyo de carbon seco, reducido á pedazos medianos, y se somete á la destilacion en hornos convenientemente dispuestos.

Preparacion.

Cuando se emplea la blenda, es necesario someterla varias veces á la torrefaccion para reducir el sulfuro al estado de óxido, el cual se reduce despues por el carbon.

Se purifica el zinc del comercio sometiéndole á una nueva destilacion, con lo que se consigue separarle, aunque no completamente, de los metales que le impurifican.

Purificacion.

Se emplea el zinc para cubrir los techos de los edificios, para la fabricacion de los canalones, tubos de conduccion y

Usos.



otros objetos vaciados. No puede servir, sin embargo, para los vasos en que han de conservarse alimentos, porque el zinc se óxida fácilmente al aire y en presencia de los ácidos, aun los mas débiles, produciendo sales venenosas. Constituye uno de los elementos de las pilas voltaicas, y finalmente, aleado con el cobre, forma el laton ó cobre amarillo tan usado en las artes.

Cubiertas de zinc.

Los edificios contruidos en todas partes y en los que se han empleado las cubiertas de zinc, atestiguan cuán útil es este metal para este objeto. Pero es indispensable que no esté en contacto del hierro, y á cubierto de la humedad de los muros, siendo ademas absolutamente necesario evitar el paso ó la filtracion, por este metal, de las aguas que hayan atravesado antes por conductos de hierro fundido.

Afortunadamente el óxido que se forma en la superficie del zinc se adhiere á él con una fuerza extraordinaria, contribuyendo esta propiedad, que es tambien comun al bronce, á que sea mayor su duracion. Esta costra de óxido resiste aun mejor que el metal mismo á la accion mecánica y química de los otros cuerpos, y hace que el resto del metal se conserve en buen estado. Una de las grandes ventajas que presentan las cubiertas metálicas sobre las de teja y pizarra, es sin duda alguna la de dejar menos acceso al viento y mayor dificultad al pase del agua. Por otra parte no es necesario dar tampoco á los techos tanta inclinacion, siendo suficiente la de  $20^{\circ}$  á  $25^{\circ}$  en vez de la de  $45^{\circ}$  á  $50^{\circ}$  con que ordinariamente se construyen los tejados ordinarios, de lo cual resulta una disminucion en la superficie que se ha de cubrir y por consecuencia una economía notable en el gasto de madera.

Ya hemos indicado que el empleo del zinc exige algunas precauciones, y sobre todo procedimientos convenientes para fijarle. Estos últimos consisten en sujetar las planchas por medio de repliegues y grapones que permitan dilatarse al zinc sin romperse, fijándole, ademas, á las tablas de chilla con clavos del mismo metal.

Objeciones que se han hecho á las cubiertas de zinc.

La objecion mas grave que puede hacerse á las cubiertas de zinc, es la de estar sujetas á una alteracion producida por las variaciones bruscas de temperatura, llegando algunas veces á abollarse y aun á romperse. Aun cuando es cierto que no pueden negarse estos inconvenientes, tambien lo es que las demas cubiertas metálicas los poseen en mas ó menos grado, no



habiendo por esto dejado de usarse las de plomo aun cuando se ha demostrado de una manera evidente que su dilatacion entre  $0^{\circ}$  y  $100^{\circ}$  difiere poco de la del zinc entre los mismos límites, siendo la del primero 0,00286 y la del segundo 0,00294. Se han hecho á las cubiertas de zinc otras dos objeciones que aunque, á primera vista parecen mucho mas graves que la anterior, se contestan, sin embargo, satisfactoriamente. La primera está fundada en la combustibilidad de este metal y por consecuencia en el peligro á que se suponen espuestos los edificios en cuya construccion se emplea este metal, en tanto que la segunda, se funda en algunas observaciones aisladas que inspiraban alguna duda sobre la buena calidad de las aguas de lluvia, recogidas en las cubiertas de zinc.

Respecto á la primera de estas objeciones puede contestarse con el resultado de los experimentos practicados por Plazanet y Cagniard de Latour, los cuales mandaron incendiar una barraca de madera cubierta de zinc, la cual se habia llenado previamente de haces de leña menuda, y no observaron cosa alguna que pudiera ser perjudicial en caso de incendio.

Un resultado análogo se observó en el incendio ocurrido en la villa de Basse-Terre en la Guadalupe, el cual, despues de haber debastado gran número de edificios y entre ellos un almacen de maderas, se detuvo en una casa contigua á este que estaba cubierta con zinc, única que se preservó de las llamas. Por último, los experimentos hechos en Lieja hace muchos años, han producido exactamente los mismos resultados.

En cuanto á las propiedades perjudiciales que adquieren las aguas de lluvia recogidas en la superficie de las cubiertas de zinc, y que han sido observadas y citadas por Boutigny, han debido provenir indudablemente de circunstancias particulares y casuales, debiendo por consecuencia considerarse como escepcionales. En efecto, la esperiencia ha venido á demostrar lo que la teoría habia previsto respecto á las buenas propiedades de estas aguas, puesto que se emplean sin inconveniente en muchos sitios. Se comprende que debe ser así, teniendo en consideracion que el sub-óxido formado rápidamente sobre el zinc es completamente insoluble en el agua y que, aunque los ácidos pueden disolverle, lo verifican con mucha lentitud y á la temperatura de la ebullicion.

Estas consideraciones se aplican tambien, no solo á los canalones, sino á las cisternas y depósitos de agua, cuyo uso



tanto se ha extendido por Inglaterra; y es mas que probable que no se tarde mucho tiempo en aplicar los tubos de este metal para conducir las aguas potables, puesto que las dificultades que se presentaban para su asiento y soldadura, acaso desaparezcan por las investigaciones que ha empezado á practicar M. Mille ingeniero hidráulico de Paris.

Por último, la *perforacion* de las planchas que tanto se usan en Inglaterra, es otra de las aplicaciones útiles de este metal. Estas planchas perforadas se colocan en vez de vidrieras en los puntos en que se necesita ventilacion y poca luz, aplicándolas ademas á la fabricacion de tamices y filtros.

#### SUB-ÓXIDO DE ZINC. $Zn^2O$ .

Caractéres.

El sub-óxido de zinc, admitido por Berzelius y Dulong, es de un color gris negruzco y se descompone por los ácidos en óxido de zinc  $ZnO$  que se disuelve, y en zinc metálico.

Este sub-óxido es el que se forma en la superficie del zinc espuesto al aire dando lugar, como ya hemos manifestado, á una especie de barniz que no aumenta con el tiempo: bajo este punto de vista el zinc difiere notablemente del hierro, cuyo óxido forma con este un elemento de la pila que descompone el agua y produce la oxidacion rápida del metal.

#### PROTÓXIDO DE ZINC ANHIDRO. $ZnO$ .

Caractéres.

Este cuerpo conocido con los nombres de Flores de zinc, Nihil album, Lana filosófica, etc., es blanco, insípido, fijo é infusible. Espuesto á una temperatura elevada adquiere un color amarillo que desaparece por el enfriamiento ó por la frtacion; atrae el ácido carbónico del aire y adquiere la propiedad de hacer efervescencia con los ácidos. Se reduce con facilidad por el hidrógeno y el carbono, y puede obtenerse cristalizado sometiendo el zinc á la accion del vapor acuoso.

Preparacion.

Se prepara el protóxido de zinc anhidro, calentando el metal en un crisol abierto; una parte del óxido se escapa del crisol bajo la forma de copos blancos muy ligeros, quedando la otra adherida á las paredes del crisol ó recubriendo la superficie del metal.

El óxido de zinc puede obtenerse tambien calcinando el carbonato de zinc preparado por doble descomposicion.



Para obtenerlo en grandes cantidades se destila el zinc del comercio en cilindros de tierra y se quema el vapor metálico por una corriente de aire. Por este procedimiento pueden obtenerse de 1000 á 1200 kilogramos por día. El óxido preparado de este modo es sumamente blanco.

Mezclado este cuerpo con un 15 ó 16 por 100 de su peso de aceite de linaza previamente calentado con 0,02 de bióxido de manganeso, produce una pasta que cubre tan bien como el albayalde, teniendo la inmensa ventaja de no ennegrecerse por las emanaciones del hidrógeno sulfurado, sin dar lugar tampoco á los gravísimos accidentes á que espone á los obreros el uso del carbonato de plomo. Bajo este punto de vista la sustitucion del óxido de zinc por el albayalde, es una de las mayores conquistas que ha hecho la industria en estos últimos años.

Usos.

Finalmente, el óxido de zinc reemplaza tambien al minio y albayalde en la preparacion de los mastics destinados á enlazar los tubos de las bombas de vapor, y para fabricar un betun hidrófugo que puede aplicarse sobre la piedra, el yeso, los cimientos, la madera y los metales con el objeto de preservar á estos cuerpos de la accion de la humedad.

#### *Caracteres distintivos de las sales de zinc.*

Todas las sales de zinc son incoloras, de sabor estíptico, amargo y nauseabundo; son venenosas, ejercen una reaccion ácida, y pueden reconocerse por los caracteres siguientes:

*Potasa, sosa y amoniaco.* Precipitado blanco gelatinoso, soluble en un exceso de reactivo.

*Carbonatos de potasa y sosa.* Precipitado blanco de carbonato básico, insoluble en un exceso de reactivo, pero soluble en la potasa y amoniaco.

*Carbonato de amoniaco.* Precipitado blanco soluble en un exceso de reactivo.

*Ferrocianuro de potasio.* Precipitado blanco, insoluble en los ácidos, que se tiñe de azul si la disolucion está ácida.

*Ferrocianido de potasio.* Precipitado amarillo sucio, soluble en el ácido clorhídrico.

*Sulphidrato de amoniaco.* Precipitado blanco de sulfuro hidratado, al menos que el líquido no esté muy ácido.



SULFATO DE ZINC.  $\text{SO}^5, \text{ZnO}, 7\text{HO}$ .

Caractères.

El sulfato de zinc se presenta en cristales prismáticos de color blanco, soluble en dos veces y media su peso de agua á la temperatura ordinaria. Espuesto al calor empieza por deshidratarse, pierde despues el oxígeno y el ácido sulfuroso, y se trasforma en un sulfato básico, que se descompone á su vez á la temperatura del calor rojo, en ácido sulfúrico, oxígeno y óxido de zinc. Calcinado con carbon en una retorta de barro da por resultado zinc metálico.

Preparacion.

En los laboratorios se prepara este cuerpo disolviendo el zinc del comercio en ácido sulfúrico debilitado y haciendo pasar por la disolucion una corriente de cloro para sobreoxidar el hierro. Se calienta un poco el líquido y se trata por el carbonato de zinc que precipita el sesquióxido de hierro. Se filtra la disolucion y se evapora para que cristalice.

El sulfato de zinc del comercio procede de la torrefaccion de la blenda; contiene ordinariamente sulfato de magnesia y sulfatos de hierro y cobre aunque en corta cantidad. Se funde en su agua de cristalización, se cuele en moldes para darle la forma de ladrillos cuadrados de color blanco cristalinos unas veces, amorfos otras, en cuyo estado se conoce en el comercio con el nombre vulgar de *vitriolo blanco*.

Usos.

El sulfato de zinc lo mismo que el cloruro, se emplean hoy como agentes desinfectantes, propiedad que parten con el sulfato de hierro y que tanto se utiliza para sanear los anfiteatros de diseccion y desinfectar las materias fecales.

ESTAÑO.

Caractères.

El estaño es de un color blanco, casi tan brillante como la plata, su olor es desagradable, sobre todo cuando se le frota, se reduce por la percusion á hojas muy delgadas y su densidad relativa está representada por 7,285. Se le puede doblar sin romperse, en cuya operacion produce un ruido particular conocido con el nombre de *grito del estaño*. Es muy poco tenaz puesto que un hilo de dos milímetros de diámetro se rompe con un peso de 24 quilógramos. Es uno de los metales mas blandos y menos elásticos, asi que carece de sonoridad.

Se funde á la temperatura de  $228^{\circ}$  y cristaliza por el en-



friamiento en prismas de ocho caras; pero no se volatiliza por grande que sea la temperatura á que se le esponga. Puede reducirse á polvo fino fundiéndole á la temperatura mas baja posible y vertiéndole en una jabonera de porcelana y agitándole hasta que se enfrie, separando despues por decantacion en el agua las porciones mas gruesas.

El estaño no experimenta alteracion por el aire seco ni húmedo, pero si se eleva la temperatura, se oxida rápidamente, trasformándose primero en protóxido y despues en ácido estánnico anhidro.

Tratado por el ácido sulfúrico concentrado é hirviendo, se oxida rápidamente, desprendiendo ácido sulfuroso.

El ácido clorhídrico concentrado trasforma al estaño en protocloruro, desprendiendo hidrógeno, cuyo olor es ordinariamente aliáceo.

El ácido nítrico convierte al estaño en óxido metastánnico hidratado é insoluble en el ácido nítrico. Si el ácido está monohidratado no ejerce accion sobre el estaño, pero si se hace intervenir una corta cantidad de agua, se verifica la descomposicion con una rapidez extraordinaria, la mezcla entra en ebullicion y se desprenden vapores rojos.

El estaño se encuentra en la naturaleza combinado con el oxígeno y con el azufre, si bien el sulfuro es poco abundante. Para su preparacion se emplea el ácido estánnico que se encuentra diseminado ó en masa. En el primer caso se quebranta el mineral, y en ambos se lava. Cuando el mineral contiene sulfuros de hierro, de cobre y de arsénico, se tuesta con cuidado á un calor que no esceda del rojo obscuro. Terminada la torrefaccion se echa el mineral casi rojo en cubas llenas de agua, en las que se disuelven los sulfatos de cobre y hierro. Se lava para separar los óxidos de hierro y cobre que estan mezclados con el óxido de estaño, el cual quedará solo con tungstatos y algunas porciones de ganga.

Estado y preparacion.

Purificado asi el óxido, se mezcla con carbon y se coloca en un horno de manga ó de reverbero, donde se efectua la reduccion, y desde este punto se hace pasar sucesivamente el estaño fundido á tres recipientes ó depósitos, en los que se purifica por decantacion. Las escorias sobrenadan en el baño, y los metales menos fusibles se depositan por la accion de una temperatura bien sostenida.

El estaño del comercio contiene ordinariamente una corta



cantidad de plomo, hierro, cobre y arsénico. El mas apreciado es el de Malaca. Los comerciantes en estaño juzgan de la pureza de este metal sin mas que fundirle á una temperatura moderada, y examinando el aspecto que presenta su superficie en el momento de la solidificacion. El estaño mas puro es el mas blanco, el mas brillante y el que presenta menos indicios de cristalización en su superficie. Si por el contrario se observa que despues del enfriamiento, ó tratándole por los ácidos, se recubre de ramificaciones cristalinas, y sobre todo, si presenta en su superficie un color blanco mate, puede desde luego asegurarse que contiene metales estraños.

Usos.

Se emplea solo y aleado con otros metales, y sus principales aplicaciones se fundan en su fusibilidad, maleabilidad é inalterabilidad por la accion del aire. Asi, pues, reducido á polvo por el procedimiento que hemos indicado y mezclado con liga fundida, se emplea en la India para preparar una especie de pintura metálica que, bruñida con ágata, adquiere un aspecto parecido al de la plata. Sirve ademas este metal para estañar el cobre; úniado al mercurio forma la amalgama con que se azogan los espejos. La fabricacion del bronce, la de la soldadura de plomeros y la hoja de lata, consumen tambien grandes cantidades, y por último, reducido á láminas delgadas, sirve para preservar un gran número de sustancias de la accion del aire húmedo.

#### OXIDOS DE ESTAÑO.

Caractères.

El protóxido de estaño  $\text{SnO}$ , es de un color gris, negro ó rojo segun el método que se haya empleado en su preparacion; es insoluble en el agua y soluble en los ácidos, y calentado en contacto del aire, arde como la yesca, trasformándose en ácido estánnico.

*El protóxido hidratado*  $\text{SnO}, \text{HO}$ , es blanco, insoluble en el agua, y calentado fuera del contacto del aire, se deshidrata y convierte en protóxido anhidro. Este hidrato puede hacer las veces de ácido, formando con la potasa y la sosa sales que se conocen con el nombre de estannitos.

*El ácido estánnico*  $\text{SnO}^2, \text{HO}$ , es blanco, gelatinoso, insoluble en el agua; se disuelve en los ácidos nítrico y sulfúrico debilitados, propiedad que le distingue del ácido metastánnico que se obtiene tratando el estaño por el ácido nítrico y en el cual se convierte cuando se le calienta ligeramente.



Se preparan los dos primeros, tratando el protocloruro de estaño por el amoniaco, y aun mejor por el carbonato de potasa ó sosa; en este último caso se desprende ácido carbónico y se deposita el hidrato de protóxido de estaño, el cual secado fuera del contacto del aire, se convierte en protóxido anhidro. Preparacion.

Para preparar el ácido estannico, basta descomponer por el agua el percloruro de estaño, ó precipitar un estannato soluble por un ácido.

El ácido estánnico natural tiene ordinariamente un color moreno rojizo pálido, alguna vez negro, gris, amarillo ó verde y casi siempre opaco; es muy duro y su densidad relativa está representada por 6,7 cristaliza en prismas rectos cuadrados, que son isomorfos con los del ácido titánico.

El ácido estánnico es bastante abundante en la naturaleza encontrándose en filones, en masas y mas frecuentemente en venas diseminadas en los terrenos antiguos. Generalmente vá acompañado del wolfran, del molibdeno sulfurado y de las piritas arsenicales. Las principales minas explotables son las de las Indias, Chile, Méjico, Cornuailles, España, Sajonia y Bohemia. Yacimiento.

El ácido estánnico entra en la composicion de un color que se conoce en Inglaterra con el nombre de *pink-color* empleado para estampar la loza, el cual adquiere por la coccion una hermosa tinta roja. Usos.

Esta materia colorante puede fabricarse con economía, mezclando 100 partes de ácido estánnico con 54 partes de creta y 3 á 4 de cromato de potasa cristalizado, pudiendo reemplazar este último por 1 parte á  $1\frac{1}{4}$  de sesquióxido de cromo. Se añade á la mezcla 5 partes de sílice y 1 de alumina y se espone por muchas horas á la temperatura del calor rojo. La masa, despues de fria, presenta un color rojo sucio que pasa á rosa bellissimo lavándole con agua acidulada por el ácido clorhidrico, constituyendo en este estado el *pink-color*.

Si se calcina á 150° pirométricos una mezcla íntima de 100 partes de ácido estánnico y 2 de óxido de cromo, se obtiene una *laca mineral* de un hermoso color de lila que se emplea no solo en la fabricacion de papeles pintados y en la de la loza, sino que puede usarse con buen éxito en la pintura al óleo. Esta laca es preferible á las vejetales, puesto que



resiste al contacto prolongado de los sulfuros alcalinos, y á la accion de la humedad, del aire y de la luz.

*Caracteres distintivos de las sales de protóxido de estaño.*

Todas las sales protoxidadas son incoloras, tienen un sabor estíptico persistente, y enrojecen la tintura de tornasol. Exhalan un olor desagradable cuando se ponen en contacto con la piel; se disuelven en una corta cantidad de agua, pero se descomponen en otra mayor, convirtiéndose en sales ácidas solubles, y en sales básicas que se precipitan, al menos que no estén en presencia de un exceso de ácido.

Las sales de protóxido de estaño forman con los reactivos los precipitados siguientes:

*Potasa.* Precipitado blanco de hidrato de protóxido de estaño, soluble en un exceso de reactivo.

*Amoniaco.* Precipitado blanco de hidrato de protóxido, insoluble en un exceso de amoniaco.

*Carbonato de potasa.* Desprendimiento de ácido carbónico y precipitado blanco de hidrato de protóxido, insoluble en un exceso de reactivo.

*Ferrocianuro potásico.* Precipitado blanco gelatinoso.

*Ferrocianido potásico.* Precipitado blanco.

*Tanino.* Precipitado amarillo moreno.

*Cloruro de oro.* Precipitado moreno (púrpura de Cassius), si la disolucion está concentrada.

*Acido sulfhídrico.* Precipitado moreno.

*Zinc.* Sumergido en las sales de estaño, precipita este metal reducido á pajitas brillantes de un color gris blanco.

BISULFURO DE ESTAÑO.  $\text{SnS}^2$

**Sinonimia.**—*Oro musivo.*—*Oro de Judea.*

Caracteres.

Este cuerpo es de un color amarillo de oro; cristaliza en pajitas exagonales, suaves al tacto é inalterables por todos los ácidos menos el agua régia. Se descompone al fuego, convirtiéndose en una mezcla de proto y sesquisulfuro de estaño.

Preparacion.

Para obtener este cuerpo, se hace una amalgama con doce partes de estaño y seis de mercurio, la que se tritura con setenta de azufre y seis de sal amoniaco. Se introduce en un



matraz de vidrio, y se calienta en un baño de arena hasta que no se desprenden vapores blancos. En esta operacion se forma sulfuro y cloruro de mercurio, que se volatilizan, y una capa cristalina de oro musivo, adherida al fondo del matraz.

Puede prepararse por la via húmeda, tratando una disolucion de bicloruro de estaño por el ácido sulfhídrico.

Se emplea este cuerpo para broncear la madera y para frotar las almohadillas de la máquina eléctrica.

Usos.

### PLOMO.

El plomo tiene un color gris azulado, brillante en la superficie reciente; es casi insípido, bastante blando para dejarse rayar por la uña, su densidad relativa disminuye por el forjado, y está representada por 11,445. Posee muy poca tenacidad, puesto que un alambre de dos milímetros de diámetro solo sostiene un peso de nueve kilogramos. Ocupa el sexto lugar entre los metales por su maleabilidad y el noveno por su ductilidad.

Caractères

El plomo se funde á  $343^{\circ}$ , y se volatiliza á una temperatura mayor, produciendo vapores visibles en el aire. Es susceptible de cristalizar en pirámides de cuatro caras ó en octaedros regulares.

Espuesto al contacto del aire húmedo, se recubre de una capa ligera de subóxido, que preserva de la oxidacion al resto del metal; pero si la temperatura se eleva hasta el punto de fundir el plomo, absorve rápidamente el oxígeno del aire y se trasforma en protóxido.

Cuando se deja este metal espuesto al aire húmedo y en contacto de vapores ácidos, se oxida inmediatamente, fenómeno que tiene lugar aun con los ácidos mas débiles, como el carbónico. El agua destilada, en contacto tambien con el aire húmedo, oxida el plomo con rapidez, produciendo un hidró-carbonato de plomo blanco cristalizado. El agua misma retiene entonces una cantidad de hidrato de óxido de plomo suficiente para ennegrecerse por el ácido sulfhídrico. La existencia en el agua de una corta cantidad de sales estrañas, y muy particularmente del sulfato de cal, es bastante para que no se verifique la oxidacion; siendo esta la causa de que no se observe este fenómeno con las aguas de nuestros pozos y fuentes.



El ácido sulfúrico concentrado disuelve al plomo y dá lugar á la formacion de un sulfato, desprendiendo ácido sulfuroso. El mejor disolvente del plomo es el ácido nítrico.

Estado y preparacion.

El plomo se encuentra con mucha abundancia en la naturaleza combinado con el azufre, constituyendo el mineral conocido con el nombre de *galena*, y del cual se estrae la mayor parte del plomo necesario en las artes.

Se separa el azufre de su combinacion con el plomo, oxidando y reduciendo á sulfato una parte del sulfuro por medio de la torrefaccion, mezclando despues el óxido y el sulfato con una porcion de sulfuro sin tostar, de cuya reaccion resulta ácido sulfuroso y plomo metálico. Se repite la torrefaccion y mixtion, hasta que se haya formado un escese de óxido, el cual se reduce despues por medio del carbon.

Cuando los minerales de plomo son puros y el hierro barato, puede extraerse el primero reduciendo la galena por el hierro, con el cual forma el azufre un sulfuro de este metal.

Inconvenientes de las fábricas de plomo y perdigones.

Las fábricas de fundicion y de afinado del plomo pertenecen á la segunda clase de los establecimientos insalubres. La reduccion de los óxidos se verifica en establecimientos especiales que exigen la vigilancia del gobierno, y se colocan entre los de primera clase, debiendo someterlos á las condiciones siguientes: 1.<sup>a</sup> Dar á la chimenea de los hornos de manga un metro de altura y 0,<sup>m</sup>20 de diámetro interior hácia su base. 2.<sup>a</sup> El horno deberá desembocar en un canal de mamposteria de 50 centímetros de ancho, y 1,<sup>m</sup>20 de altura sobre 4 metros de longitud. 3.<sup>a</sup> Este canal comunicará por el otro extremo con una chimenea que tenga ocho metros de altura á contar desde el suelo. 4.<sup>a</sup> No trabajar mas que por la noche.

La fabricacion de perdigones está clasificada entre los establecimientos de tercera clase; sin embargo, exige tambien una vigilancia extraordinaria por la esposicion á incendios. La hornilla donde se coloca la caldera para preparar la aleacion del plomo con el arsénico, debe fijarse sobre una bóveda de mamposteria, y de manera que los vapores sulfurosos y arsenicales no puedan esparcirse por el local, dándolos salida por un tubo correspondiente á la chimenea del horno. Es necesario además, que la abertura de la parte del hornillo donde descansa la caldera, tenga una puerta de palastro, la cual debe cerrarse en el momento en que se introduce el arsénico para formar la aleacion. Con estas precauciones, unidas á una



ventilacion fácil de obtener, se evitan los inconvenientes que podrian indudablemente producir los gases desprendidos en esta fabricacion.

Se emplea el plomo para la fabricacion de calderas, baños, depósitos de aguas, tubos de conduccion y otros utensilios: combinado con otros metales forma aleaciones de bastante interés para las artes. Es necesario, sin embargo, tener presente en las aplicaciones de este metal, la rapidez con que se altera cuando está en contacto del yeso y del hierro. En efecto, se ha observado que el ácido sulfúrico del primero puede combinarse con el plomo previamente oxidado por el aire húmedo, y que el contacto con el segundo produce un desarrollo de electricidad capaz de descomponer el agua, cuyo oxígeno, siendo el plomo electro-positivo respecto al hierro, se fija sobre el primero de estos metales, convirtiéndole en óxido hidratado, susceptible de combinarse á su vez con el ácido carbónico contenido en el agua.

Usos.

#### ALEACIONES DE PLOMO Y ESTAÑO.

El plomo combinándose con el estaño produce varias aleaciones, cuya dureza y fusibilidad son mayores que las de este último metal.

Caracteres.

La aleacion compuesta de partes iguales de estaño y plomo, se emplea para soldar, y recibe el nombre de *soldadura de plomeros*. Es mas oxidable que los metales que entran en su composicion, por lo cual se emplea para preparar la *potea de estaño* ó *estannato de plomo*, tan usada en las fábricas de loza y para pulimentar los mármoles negros.

El análisis de las aleaciones de plomo y estaño es sumamente fácil, pues se reduce á atacar el plomo por el ácido nítrico, que le disuelve, al mismo tiempo que trasforma el estaño en ácido estánnico insoluble. Pesando este despues de calcinado, se deduce la cantidad de estaño, en tanto que la de plomo se averigua por diferencia.

#### SUBÓXIDO DE PLOMO. $Pb^2O$

El subóxido de plomo es el cuerpo que se forma en la superficie del plomo espuesto al aire húmedo. Los ácidos y los álcalis debilitados le descomponen en plomo metálico y

Caracteres.



en protóxido, que se disuelve en unos y otros. Calentado en contacto del aire arde como la yesca y se trasforma en protóxido.

Preparacion.

Se obtiene este cuerpo en su mayor grado de pureza esponiendo el oxalato de plomo á una temperatura de 300°, hasta tanto que cese completamente el desprendimiento de gas.

### PROTÓXIDO DE PLOMO. PbO

Caracteres.

El protóxido de plomo preparado por la via seca recibe el nombre de *masicot*, cuando no ha experimentado la fusion, y el de *litargirio* en el caso contrario. Es sólido, su color varia entre el amarillo de limon y el amarillo rojizo; se funde á la temperatura del calor rojo, y cristaliza en láminas micáceas. Si la fusion se verifica en un crisol de barro, el óxido de plomo forma con la sílice un silicato de plomo fusible, y el crisol se horada inmediatamente.

Calentado en contacto del aire, absorve el oxígeno y se trasforma en plombato de protóxido de plomo, conocido tambien con el nombre de *minio*.

El protóxido de plomo es sensiblemente soluble en el agua pura, á la cual comunica una reaccion alcalina, sin embargo de no tener mas que  $\frac{1}{7500}$  de este óxido. La presencia de una sal estraña impide la disolucion.

El protóxido de plomo es una base muy enérgica, que se combina con todos los ácidos, sin esceptuar el carbónico contenido en el aire, y que se aproxima mucho á las tierras alcalinas por sus propiedades químicas.

Preparacion.

Se obtiene el óxido de plomo anhidro, calentando el plomo en contacto del aire, ó sometiendo á la calcinacion el carbonato ó nitrato de este metal. Si la temperatura á que se verifica esta operacion es muy elevada, el protóxido se funde y cristaliza por el enfriamiento.

Usos.

Se emplea para la fabricacion de los aceites secantes, tan útiles en la pintura al óleo. Para dar al aceite de linaza la propiedad secante, basta hervirle con dos ó tres céntimos de litargirio.

El minio se emplea en la pintura y para dar color al laere. Ya hemos indicado tambien su aplicacion en las fábricas de cristal, en las que se prefiere al litargirio por varias razo-



nes, y entre ellas la de no contener, como este último, ni plata ni óxido de cobre, cuerpos que teñirían sensiblemente el producto.

El litargirio y el minio suelen encontrarse en el comercio adulterados con materias térreas, tales como el polvo de ladrillo, el colcotar, etc. Esta adulteración se conoce en el primero de estos compuestos, tratándole por el ácido nítrico diluido, el cual le disuelve completamente si está puro, dejando por el contrario un residuo, cuyo peso puede apreciarse después de seco. Para el minio, bastará hacerle hervir por algunos minutos en agua azucarada, á la cual se añade una corta cantidad de ácido nítrico. Si el minio es puro, se disolverá completamente, en tanto que si está adulterado dejará, como el litargirio, un precipitado insoluble. Adulteracion.

### *Caracteres distintivos de las sales de plomo.*

Las sales de plomo son incoloras cuando lo es el ácido que entra en su composición; su sabor es azucarado y estíptico, son venenosas aun en pequeñas dosis, y ocasionan una enfermedad muy alarmante conocida con el nombre de *cólico de pintores*.

Se distinguen empleando los reactivos siguientes:

*Acido sulfúrico y sulfatos solubles.* Precipitado blanco de sulfato de plomo, insoluble en el agua, y soluble en los álcalis y en el ácido clorhídrico.

*Acido clorhídrico.* Precipitado blanco de cloruro de plomo si la disolución está muy concentrada, el cual es soluble en una gran cantidad de agua.

*Yoduro de potasio.* Precipitado amarillo de yoduro de plomo, soluble en un exceso de reactivo.

*Cromato de potasa.* Precipitado amarillo de cromato de plomo neutro, cuyo color pasa al rojo por la influencia de un exceso de amoníaco ó de potasa, convirtiéndose en cromato básico.

*El hierro, el zinc y el estaño* precipitan al plomo de sus disoluciones, reducido á láminas dotadas de brillo metálico.

### OXICLORURO DE PLOMO.

El cloruro y el óxido de plomo pueden combinarse en mu-



chas proporciones y dar oxiclорuros que cristalizan fácilmente por la fusión.

Caracteres.

El oxiclорuro de plomo, cuya fórmula es  $PbCl_2 \cdot 7PbO$ , se conoce con los nombres de *amarillo mineral*, *amarillo de Cassel* y *amarillo de Turner*. Es de un hermoso color amarillo de oro, muy fusible, atraviesa los poros de los crisoles cuando está fundido, y cristaliza por enfriamiento en octaedros voluminosos.

Preparacion.

Se prepara el amarillo de Cassel de la fórmula indicada, fundiendo una mezcla de diez partes de minio y una de sal amoniaco.

El amarillo de Turner se obtiene formando una masa con siete partes de litargirio, una de sal comun y cierta cantidad de agua. Se abandona la mezcla á sí misma por espacio de algunos dias, se lava bien para separar la sosa, y se funde el residuo en un crisol.

Por último, puede prepararse tambien este cuerpo, fundiendo una parte de cloruro de plomo con seis ú ocho de litargirio; ó calentando una mezcla de diez partes de este último cuerpo con 7 de sal amoniaco.

Usos.

El oxiclорuro de plomo se emplea en la pintura.

#### CARBONATO DE PLOMO. $PbO, CO_2$

Caracteres.

El carbonato de plomo, conocido tambien con los nombres de *cerusa*, *albayalde*, etc., es blanco, pulverulento, insoluble en el agua y sensiblemente soluble en el ácido carbónico. Se descompone por el calor en ácido carbónico y óxido de plomo. Calentado en contacto del aire á una temperatura insuficiente para fundir el óxido de plomo, se trasforma en un hermoso minio, que suele conocerse con el nombre de *mina anaranjada*.

Yacimiento.

El carbonato de plomo natural acompaña frecuentemente á la galena, entre la cual se encuentra cristalizado en prismas de cuatro caras, dotados de doble refraccion, y cuyo color, frecuentemente negro en la superficie, es debido unas veces á una materia bituminosa, otras al deutóxido de cobre, y las mas á la misma galena con la que están asociados.

Preparacion.

El carbonato de plomo se prepara haciendo pasar una corriente de ácido carbónico por una disolucion de subacetato de plomo. En esta operacion el ácido carbónico se combina



con el exceso de base del subacetato, y deja en disolucion el acetato neutro, el cual, hervido con un exceso de litargirio, se trasforma en un acetato tribásico de plomo, que se emplea para fabricar el albayalde.

En Holanda se prepara este cuerpo colocando láminas de plomo arrolladas en espiral, en basijas de barro que contienen una corta cantidad de vinagre, las cuales colocan en grandes cajas de madera, que recubren y rodean de estiércol de caballo. Bien pronto entra el estiércol en fermentacion, y se desprenden grandes cantidades de ácido carbónico. El metal en presencia del aire y bajo la influencia del ácido acético, absorbe el oxígeno de aquel y el ácido carbónico del estiércol, convirtiéndose al cabo de algunas semanas en carbonato de plomo, que se separa por el choque. Se recoge todo el albayalde formado, se muele en el agua y se hace una pasta blanda, que se introduce en basijas de barro para secarla completamente en la estufa.

El carbonato de plomo del comercio está frecuentemente adulterado con sulfato de barita ó de plomo, y con yeso ó creta. Los dos primeros se reconocen tratando el albayalde por el ácido nítrico debilitado, que disuelve el carbonato de plomo y deja los sulfatos en estado pulverulento.

Adulteracion.

La creta se descubre disolviendo el albayalde en un ácido, y haciendo pasar por la disolucion una corriente de hidrógeno sulfurado que precipita el plomo. El líquido filtrado precipita en blanco por el oxalato amónico, si el albayalde sometido al ensayo contiene carbonato de cal.

La cerusa pura debe disolverse completamente en el ácido acético.

Los colores llamados *blanco de Venecia*, *blanco de Hamburgo* y *blanco de Holanda* son mezclas en proporciones variables de carbonato de plomo y sulfato de barita.

La fabricacion y manejo del albayalde es una de las mas insalubres que se conocen, por la accion tan enérgica que este cuerpo ejerce sobre la economía animal. Pueden, sin embargo, disminuirse notablemente los inconvenientes que presentan, 1.º sustituyendo los procedimientos en que el obrero se ve precisado á tocar y manejar la cerusa, por otros mecánicos que le pongan á cubierto de la accion de este cuerpo. 2.º Haciendo intervenir el agua en la separacion de las escamas de albayalde que se forman sobre la superficie del plomo, y en

Peligros de su preparacion.



su pulverizacion y cernido. 3.º Moliendo el albayalde en las fábricas mismas con un 8 por 100 de una mezcla hecha con dos tercios de aceite de clavo y un tercio de aceite de linaza. Esta preparacion del albayalde ha hecho que se disminuyan notablemente los accidentes que experimentaban los molenderos de colores. Sin embargo, algunos comerciantes prefieren moler por sí mismos el albayalde, á pesar de que esta sustancia molida en las fábricas por el procedimiento indicado, se conserva durante un año sin experimentar la menor alteracion. 4.º Ventilando con actividad los talleres y empleando precauciones higiénicas, y cuya observancia no ofrezca grandes dificultades á los trabajadores.

Usos.

El carbonato de plomo sirve de base á todas las pinturas al óleo, mezclándole con los aceites secantes. Sirve tambien para fabricar el mastic de vidrieros, y mezclado con partes iguales de minio y aceite de linaza forma un mastic que al cabo de algun tiempo adquiere la dureza de la piedra.

Ya hemos indicado los graves inconvenientes que la preparacion y manejo de esta sustancia presenta, los cuales se estienden tambien á los pintores de edificios. La operacion mas peligrosa de este trabajo es la de raspar las superficies pintadas, la cual dá lugar al desprendimiento de una gran cantidad de polvo de cerusa, siendo por desgracia muy pocos los medios de preservarse de su accion. El mas sencillo de todos es el que consiste en humedecer con agua fuerte de segunda la superficie que se ha de raspar, puesto que aunque están recomendados otros medios, tales como la aplicacion de mascarillas ó esponjas al rostro, guantes á las manos, etc., todos ellos se estrellan en la falta de docilidad é incuria de los operarios. Así, pues, el verdadero remedio para los pintores consiste en sustituir el blanco de zinc al blanco de plomo, como ya hemos indicado en la descripcion del primero de estos dos cuerpos.

Por último, la insalubridad de las habitaciones recientemente pintadas con albayalde no debe, como se ha supuesto, atribuirse á las emanaciones de esta sustancia, puesto que el albayalde mezclado con el aceite secante, no puede volatilizarse de manera alguna. Los accidentes observados dependen únicamente de el olor de el aceite empleado en la preparacion de los colores.



CROMATO DE PLOMO.  $PbO, CrO^5$ .

Esta sal conocida con el nombre de *amarillo de cromo* es de un color amarillo é insoluble en el agua. Caractères.

El cromato de plomo existe en la naturaleza y se conoce en mineralogía con el nombre de plomo rojo. Es de un hermoso color rojo anaranjado, pero su polvo es amarillo, cristaliza en prismas oblicuos romboidales y su densidad está representada por 6,63. Viene generalmente de Siberia.

Se obtiene este cromato neutro, precipitando el cromato neutro de potasa por el acetato neutro de plomo. El matiz del precipitado varía con el estado de neutralidad de las sales empleadas y aun con la temperatura á que se verifica la precipitacion. Es necesario que las disoluciones esten muy poco saturadas para evitar la formacion de un compuesto de aspecto sedoso, que probablemente será una sal doble. Preparacion.

El cromato de plomo del comercio está frecuentemente mezclado con cierta cantidad de sulfato de cal el cual, parece que realza sensiblemente su brillo. Usos.

La preparacion que corre en el comercio con el nombre de *amarillo de Colonia* contiene 25 partes de cromato de plomo, 45 de sulfato de la misma base y 60 de sulfato de cal.

El cromato de plomo se emplea en la pintura al óleo y en la fabricacion de telas pintadas.

CROMATO DE PLOMO BIBASICO.  $(PbO)^2Cr^5$ .

El cromato de plomo bibásico es rojo, siendo suficiente una corta cantidad de potasa para comunicar al cromato neutro una tinta anaranjada. Caractères.

Se obtiene este cuerpo echando el cromato de plomo neutro, en pequeñas porciones, en el nitrato de potasa fundido y á la temperatura del rojo obscuro, en cuya operacion una parte del ácido crómico se combina con la potasa, quedando por consecuencia reducido el cromato neutro á cromato básico. Preparacion.

Se separa la mezcla del fuego despues de que el subcromato de plomo se haya depositado en el fondo del crisol. Se decanta la masa salina fundida y despues que se haya enfriado completamente la sal de plomo, se lava repetidas veces y con rapidez, pues de lo contrario el subcromato formado ad-



quiere un color amarillo. Es necesario ademas, tener la precaucion de calentar la mezcla del nitro y del cromato neutro de plomo á una temperatura moderada, sin lo cual la sal bäsica tomaria un color moreno.

Usos. Se emplea este cuerpo en la pintura al óleo, teniendo la notable propiedad de poderse mezclar con cantidades considerables de albayalde, sin que su hermoso color rojo se debilita sensiblemente.

#### COBRE.

Caractères. El cobre, conocido desde la mas remota antigüedad, es de un hermoso color rojo muy brillante, adquiere un olor desagradable por la frotacion, es maleable, ductil y mas duro que la plata y el oro. Despues del hierro, es el mas tenaz de todos los metales; un hilo de cobre de 2 milímetros de diámetro necesita para romperse un peso de 157 kilogramos. Su densidad relativa, cuando está fundido, se representa por 8,780 y estirado á la hilera por 8,96.

El cobre se funde á la temperatura de 27° del pirómetro, y cristaliza por el enfriamiento en octaedros, en tanto que por la via húmeda cristaliza en cubos. Espuesto á una temperatura mas elevada, aun cuando no es muy volátil, produce vapores que comunican á la llama un hermoso color verde.

El oxígeno y el aire secos no ejercen accion alguna sobre el cobre á la temperatura ordinaria: pero si estan húmedos le recubren de una capa verde formada por el hidrocarbonato de cobre, y á la que el vulgo llama impropiamente *cardenillo*.

Calentando el cobre en contacto del aire, se recubre de una costra rojiza de protóxido, pero si se prolonga esta accion el protóxido pasa á deutóxido, cuyo color es negro.

El ácido nítrico oxida y disuelve el cobre desprendiendo bióxido de nitrógeno y trasformándole en nitrato de bióxido de cobre. El ácido sulfúrico diluido le transforma en sulfato de cobre por el intermedio del aire; pero cuando está concentrado y la temperatura se eleva, se descompone una parte del ácido y resulta gas sulfuroso y sulfato cúprico.

Los ácidos vegetales y las sustancias grasas atacan al cobre, oxidándole por la influencia del aire.

El amoniaco ejerce en las mismas circunstancias una



acción semejante, convirtiendo al cobre en deutóxido que se disuelve en el amoníaco, comunicándole un hermoso color azul.

El cobre se encuentra en la naturaleza: 1.º en el estado nativo; 2.º combinado con el oxígeno, formando el cobre oxidado y el bióxido; 3.º unido al azufre y al hierro, constituyendo unas veces el sulfuro simple, y otras el doble sulfuro de cobre y hierro; 4.º finalmente, combinado con los ácidos sulfúrico, carbónico, silícico y otros. Los principales criaderos de minerales cobrizos son los de Cornouailles en Inglaterra, Mansfield en el norte de Alemania, los de Suecia y Noruega, los de los montes Ourales en Rusia y los de Riotinto en España.

Estado.

Para obtener el cobre de su combinación con el azufre, se separa el mineral de la ganga, y se tuesta en contacto del aire, para convertir los sulfuros en sulfatos y en óxidos, los cuales se funden con una mezcla de carbon y sílice; el cobre que proviene de la reducción del óxido se une á los sulfuros no descompuestos, en tanto que el óxido de hierro se combina con la sílice para formar un silicato, que no puede descomponerse por el carbon y forma parte de las escorias.

Preparacion.

Se tuesta diferentes veces la mezcla de cobre con los sulfuros no descompuestos para separar los cuerpos estraños, y se funde nuevamente con carbon para reducir el óxido de cobre. El resultado de esta fundición es el cobre negro, el cual contiene todavía azufre, plomo, cobre, hierro y antimonio, que se separan por la afinación.

Esta operación se verifica en un horno de reverbero, cuyo suelo está *brascado* con una mezcla de arcilla, arena y carbon. Se introduce el cobre negro en el horno y se calienta con lentitud hasta que se funda, se proyecta sobre el metal fundido una corriente de aire por medio de fuelles, el cual oxida los metales estraños reduciéndolos á escorias, que se separan con cuidado. Luego que cesa la formación de las escorias, se presenta una ebullición muy activa debida á la combustión del azufre, que se convierte en ácido sulfuroso.

Cuando el cobre presenta los caracteres de pureza que los operarios saben apreciar fácilmente, se hace pasar á un recipiente de forma cónica, del que se extraen pequeñas porciones acelerando su enfriamiento por medio del agua. En este estado se conoce con el nombre de cobre *roseta*.

:



El cobre que se encuentra en el comercio es casi puro, sin embargo, el que nos viene de Rusia contiene ligeros indicios de hierro.

ALEACIONES DE COBRE Y ZINC.

El cobre puro es muy poco apropiado para la fundición ó fabricación de objetos en moldes huecos, por causa de las muchas ampollas ó vientos que resultan en las piezas fundidas. Aleándole cierta cantidad de zinc, se obtiene un metal que carece de estos inconvenientes, pues es mas duro que el cobre y se labra mas fácilmente al torno. El zinc apaga la tinta fuerte del cobre, y cuando se combina en ciertas proporciones, le da un hermoso color amarillo semejante al del oro. Cuando entra en proporciones considerables, el color de la aleación es amarillo claro; y por último, si predomina el zinc, el metal presenta un color blanco agrisado. Las diversas aleaciones de cobre y zinc se designan con diferentes nombres: La que se emplea mas frecuentemente en las artes se llama *latón* ó *cobre amarillo*, y se compone de  $\frac{2}{3}$  de cobre y  $\frac{1}{3}$  de zinc, sobre poco mas ó menos. La aleación que ha servido para fundir las estatuas del parque de Versailles se compone de

Cobre. . . . .	94
Zinc. . . . .	6
Estaño. . . . .	2
Plomo. . . . .	1

Las aleaciones de cobre y zinc se alteran á temperaturas elevadas, volatilizándose una porción de zinc. Si se calienta el latón al fuego de forja en un crisol brascado, el zinc se volatiliza casi completamente.

Con frecuencia se incorporan al latón cantidades pequeñas de plomo y estaño, para obtener una aleación mas dura y mas fácil de labrar. El latón que no contiene plomo, se lima con dificultad porque llena muy pronto las pequeñas cavidades de la lima, ó como se dice *entrapa la lima*: La adición de 1 á 2 centésimas de plomo basta para que el latón pierda esta mala propiedad.

En la fabricación del latón pueden emplearse el zinc me-

Preparacion.



tálico, la calamina y la blenda despues de tostada, si bien en el dia solo se usa el primero aleándole directamente con el cobre roseta reducido á granalla y verificando la fusion de los dos metales en crisoles de barro, que pueden contener de 15 á 20 kilóg. de aleacion.

Luego que se ha verificado la fusion completa, se reduce á planchas gruesas, entre dos piedras de granito bien labradas y convenientemente separadas la una de la otra por listones de hierro.

#### ALEACIONES DE COBRE Y ESTAÑO.

##### *Bronce.*

El bronce es mas duro, mas fusible y menos oxidable que el cobre por el contacto del aire. Su densidad está representada por 8,7 siendo por consecuencia mayor que la media de los dos metales que le forman.

Caracteres.

Fundido y espuesto el bronce en contacto del aire, se oxida el estaño con mas facilidad que el cobre, concluyendo por quedar este último aislado y puro.

Las aleaciones de cobre y estaño reciben, segun su composicion y los usos á que se destinan, los nombres de *bronce*, *metal de cañones*, *metal de campanas*, etc. En todas ellas se observa la notable propiedad de endurecerse y hacerse quebradizas cuando se enfrian con lentitud, adquiriendo por el contrario mayor blandura y maleabilidad, cuando despues de enrojecidas se las sumerge en agua fria. Las artes utilizan esta propiedad del bronce para fabricar los tantanes, los cimales y las medallas y monedas. Estos objetos se templan en agua fria despues de vaciados, en cuyo caso pueden someterse á la accion del martillo, del torno y del volante, dándoles despues por el recocido la dureza necesaria á su conservacion.

La aleacion de cobre y estaño que mas nos interesa conocer es la que se emplea para la fabricacion de medallas. Se compone de los cuerpos y en las proporciones siguientes:

Cobre. . . . .	94 á 96
Estaño. . . . .	4 á 6
Zinc. . . . .	4 á 5 milésimas



Como el valor del zinc es menor que el del cobre y estaño, los fundidores de bronce introducen siempre cierta cantidad de este metal en el bronce destinado al moldeado, con tanta mas razon, cuanta que el zinc no parece alterar las cualidades del bronce.

Antes de introducir las medallas en el comercio se suelen recubrir con un barniz, que ademas de modificar su color, impide su alteracion.

Se consigue dar á las medallas el aspecto del bronce florentino, sometiéndolas á la preparacion siguiente.

Se forma una pasta homogénea con 500 gramos de verde gris, 475 de sal amoniaco y 1 á 2 decilitros de vinagre; se hace hervir esta pasta en una vasija de cobre con 8 á 10 litros de agua y se decanta el líquido claro.

Se coloca en una cacerola de cobre una porcion de este líquido, introduciendo en él las piezas que se quieren broncear, separándolas con listones de madera blanca para impedir su contacto. Un cuarto de hora de inmersion basta para conseguir el objeto que nos proponemos.

Para dar al cobre el color *verde antiguo*, basta aplicar sobre su superficie, por medio de un pincel, la composicion que resulta de mezclar con medio litro de vinagre bueno 7,6 gramos de sal amoniaco, una cantidad igual de sal comun y 15,2 de amoniaco líquido.

#### PROTÓXIDO DE COBRE. $\text{Cu}^2\text{O}$ .

Caractóres.

El protóxido de cobre anhidro es de un color rosado, inalterable al aire y muy fusible; calentado en contacto del aire absorve el oxígeno y se trasforma en deutóxido.

Los ácidos debilitados le descomponen en cobre metálico y en bióxido; el ácido nítrico le cede oxígeno, y forma una sal de bióxido, desprendiendo vapores rojos.

El protóxido de cobre es soluble en el amoniaco; la disolucion es incolora si se verifica fuera del contacto del aire, pero adquiere un color azul por la influencia del oxígeno, cuyo gas sobreoxida al protóxido. Si se introduce en la disolucion una lámina de cobre, desaparece inmediatamente el color, porque el cobre metálico reduce el bióxido al estado de protóxido.



El protóxido de cobre puede combinarse con el agua y formar un hidrato amarillo soluble en los ácidos.

El protóxido de cobre se encuentra en la naturaleza y se conoce en este caso con el nombre de *cobre oxidulado*. Su color es rojo de cochinilla y alguna vez gris metaloideo, su lustre es vidrioso, frecuentemente opaco aunque á veces suele encontrarse trasluciente y aun trasparente. Sus cristales se derivan del octaedro regular y su densidad relativa está representada por 5,60.

Estado.

El protóxido de cobre se prepara en los laboratorios calcinando á una temperatura elevada en un crisol tapado, una mezcla de carbonato de sosa seco, y protocloruro de cobre, de cuya reaccion resulta protóxido de cobre y cloruro de sodio, que se separa por lociones sucesivas.

Preparacion.

El hidrato se prepara tratando el protocloruro de cobre por la potasa.

#### BIÓXIDO DE COBRE. $\text{CuO}$ .

El bióxido de cobre tiene un color moreno oscuro, casi negro, y se reduce fácilmente por los cuerpos combustibles. Calentado con las materias orgánicas, las quema y trasforma completamente en ácido carbónico y agua, por cuya razon se emplea para el análisis elemental de estas sustancias.

Caractéres.

El bióxido de cobre forma con el agua un hidrato azul poco estable, soluble en el amoniaco, á el cual tiñe de azul celeste.

El bióxido de cobre se encuentra en la naturaleza en masas granudas negras y susceptibles de manchar los dedos. Es poco abundante y se conoce en mineralogía con el nombre de *cobre oxidado negro*.

Estado.

Se obtiene este cuerpo, cual se necesita para los análisis, calcinando el nitrato de cobre hasta que cese el desprendimiento de gases; ó destilando el acetato de cobre y calentando al aire el residuo de esta calcinacion.

Preparacion.

#### *Caractéres distintivos de las sales de cobre.*

Las sales de protóxido de cobre son poco estables, absorven el oxígeno y se trasforman rápidamente en sales de bióxido, dejando en libertad cobre metálico.



Son incoloras ó ligeramente amarillentas, y se reconocen empleando los reactivos siguientes:

*Potasa.* Precipitado amarillo moreno de protóxido de cobre, insoluble en un exceso de reactivo.

*Amoniaco.* Precipitado soluble en un exceso de amoniaco. Si la reaccion se verifica fuera del contacto del aire, el líquido se conserva incoloro; en el caso contrario, toma un color azul.

*Sulphidrato amónico.* Precipitado negro, insoluble en un exceso de reactivo.

*Ferrocianuro de potasio.* Precipitado blanco, que cambia en rojo moreno por el contacto del aire.

*El hierro y el zinc* descomponen las sales de protóxido y precipitan al cobre en estado metálico.

Las sales de bióxido tienen un color azul ó verde, y se conocen por los reactivos siguientes:

*Potasa y sosa.* Precipitado azul de hidrato de bióxido de cobre, insoluble en un exceso de reactivo.

*Amoniaco.* Precipitado verdoso, soluble en un exceso de reactivo, al cual comunica un hermoso color azul.

*Cianoferruro de Potasio.* Precipitado rojo-castaña.

*El hierro* descompone tambien las sales de bióxido y precipita inmediatamente al cobre en estado metálico.

CARBONATO DE COBRE.  $2CuC + Ag.$

**Sinonimia.**—*Cobre carbonatado verde.*—*Malaquita.*—*Verde de montaña.*

La malaquita se presenta de un hermoso color verde esmeralda con diversos matices en un mismo ejemplar, su lustre es vítreo ó sedoso y algunas veces adiamantado. Su dureza está representada por 2,5 es rayado por la cal carbonatada y su densidad relativa es de 4.

Sometido á la calcinacion desprende agua y se ennegrece, se funde al fuego de oxidacion en una esfera negra; con el borax se funde con facilidad, dando por resultado un vidrio verde.

El ácido nítrico le disuelve con efervescencia, é introduciendo en la disolucion una lámina de hierro, se deposita el cobre.



### Variedades.

*Cristalizada.* En cristales que se derivan de un prisma romboidal oblicuo, sencillos ó modificados en las aristas y ángulos.

*Acicular.* En agujas reunidas en hacecillos divergentes, presentando ángulos entrantes en sus estremidades libres.

*Fibrosa.* En fibras rectas paralelas, sedosas, algunas veces divergentes y entrelazadas.

*Concrecionada.* En riñones de fractura fibrosa y radiada, testura concéntrica y formada por zonas verdes de diverso matiz.

*Terrosa.* Algunas veces pura, pero mas frecuentemente mezclada con materias arenáceas.

La malaquita se encuentra en los criaderos metálicos cobrizos, y muy principalmente formando masas abundantes en las minas de los montes Ourales en Siberia.

Vacimiento.

Cuando las variedades estalactíticas fibrosas llegan á formar masas bastante voluminosas, se fabrican con ellas vasos de adorno, columnas, dinteles de chimenea y otros objetos de lujo que tienen gran valor en el comercio: tallada en placas delgadas, se fabrican con esta sustancia mesas y otros muebles de una extraordinaria belleza no solo por el hermoso pulimento que admite, sino porque su estructura mamelonada presenta dibujos listados de muy lindos y variados matices.

Usos.

Se obtiene el carbonato de cobre en los laboratorios, vertiendo una disolucion de carbonato alcalino en otra de sulfato de cobre, con lo que se forma un precipitado gelatinoso de color azul claro, que pasado cierto tiempo se convierte en un polvo verde, cuya fórmula química es  $2\text{CuO}, \text{CO}^2 + \text{HO}$ .

Preparacion.

Este precipitado se emplea en la pintura al óleo con el nombre de *verde mineral*.

Usos.

### CARBONATO DE COBRE AZUL.

**Sinonimia.**—Azul de cobre.—Azul de Montaña.—Azurita.—Cenizas azules naturales.

La forma primitiva de esta sustancia es un prisma romboidal oblicuo, su color es azul bellísimo, raya á la cal carbo-

Caracteres.



nalada, pero es rayada por la cal fosfatada; su dureza estará por consecuencia representada por 3,5. Es trasparente ó trasluciente, su fractura es conchoidea y su densidad relativa está representada por 3,8.

Sometida á la calcinacion desprende agua, y al fuego de oxidacion se funde en una esfera negra, produciendo con el borax un vidrio de color verde esmeralda.

El ácido nítrico la disuelve con efervescencia, é introduciendo una lámina de hierro en la disolucion se precipita el cobre en estado metálico.

### Variedades.

*Cristalizada.* En prismas romboidales oblicuos, sencillos ó modificados en las aristas y ángulos.

*Concrecionada.* Presentando capas paralelas onduladas de color azul claro y de lustre mate y terroso.

*Compacta.* Dotada de una compacidad terrosa y diseminada en las rocas á las que tiñe fuertemente.

Yacimiento.

Este carbonato de cobre acompaña á los demas minerales de este metal, habiendo sido explotado por mucho tiempo en Chessy cerca de Lion.

Usos.

Se emplea como color en las fábricas de papel pintado. En Inglaterra se fabrican *cenizas azules artificiales* por un procedimiento que se guarda todavía como secreto. Este carbonato tiene la misma composicion que el azul de montaña, aunque está mezclado siempre con materias estrañas y particularmente con sulfato de cal.

ARSENITO DE COBRE.  $(\text{CuO})^2, \text{AsO}^5$ .

**Sinonimia.**—*Verde de Scheele.*

Preparacion.

Esta sal de color verde se prepara disolviendo 3 kilogramos de carbonato de potasa y 1 de ácido arsenioso en 14 litros de agua, y vertiendo el líquido por pequeñas porciones en otra disolucion hirviendo hecha con 3 kilógr. de sulfato de cobre y 40 litr. de agua, agitando continuamente la mezcla durante la precipitacion. Se modifica el matiz del color, variando las proporciones de ácido arsenioso.



El verde de Scheele se emplea en la pintura al óleo y en la fabricacion de papeles pintados.

Usos.

#### ACETATO DE COBRE.

Esta sal de color verde conocida con el nombre vulgar de *cardenillo* y de *verde gris* se prepara en el estado de subacetato dejando oxidar, al aire libre, planchas de cobre mojadas con vinagre, ó puestas en contacto con orujo de uva en fermentacion ácida. Para el efecto se colocan las planchas cuadradas de cobre en vasos de barro, poniendo entre plancha y plancha una capa de orujo en fermentacion. Pasadas dos ó tres semanas, se sacan, y se dejan espuestas á la accion oxidante del aire, mojándolas de vez en cuando. Se separa con un rascador la capa azul verdosa que se forma en la superficie de las planchas, y se vuelven á colocar como antes, repitiendo estas operaciones hasta que se gaste todo el metal.

Preparacion.

El color llamado verde de Schweinfurt es una combinacion de acetato y arsenito de cobre, que se prepara mezclando dos disoluciones hirviendo que contengan pesos iguales de ácido arsenioso y acetato de cobre, y manteniendo algun tiempo en ebullicion la mezcla que resulta.

Se prepara tambien un hermoso color verde llamado *verde de Brunswick*, mojando las torneaduras de cobre en ácido clorhídrico ó con una disolucion de sal amoniaco y abandonando la mezcla al contacto del aire, con lo que se forma en la superficie del cobre una capa de oxicloriguro que se separa por medio del agua, secándole despues á una temperatura moderada.

Estos tres cuerpos tienen importantes aplicaciones en la pintura.

Usos.

#### MERCURIO.

El mercurio es el único metal líquido á la temperatura ordinaria, es casi tan blanco y brillante como la plata, carece de olor y sabor, y su densidad relativa está representada por 13,59. Espuesto á la temperatura de  $-40^{\circ}$  se solidifica, cristaliza en octaedros, y adquiere tanta maleabilidad, ductilidad y tenacidad como el plomo. Hierve á  $360^{\circ}$  próximamente y puede destilarse en retortas de vidrio; sin embargo, para

Caractères.



separarle de los metales que se encuentran aleados con él, debe destilarse en los mismos frascos de hierro con que se espande en el comercio.

Espuesto al contacto del aire y á la temperatura de 20° produce vapores sensibles y se empaña, pero elevando su temperatura hasta 350°, absorve el oxígeno y se trasforma en bióxido.

El mercurio forma con el cloro un protocloruro y un bicloruro. Este último, conocido con el nombre de sublimado corrosivo, se emplea disuelto en el agua para preservar las maderas de la polilla.

El ácido nítrico le disuelve en frio, y forma nitrato de protóxido de mercurio, si el mercurio está en exceso; pero si se eleva la temperatura y hay un exceso de ácido, se forma nitrato de bióxido. Puede aprovecharse la accion del ácido nítrico sobre el mercurio para purificar este último, prefiriéndose este método al de la destilacion, especialmente cuando el mercurio contiene grandes cantidades de materias estrañas.

El mercurio ejerce una accion lenta, pero muy dañosa sobre la economía animal, y produce el temblor que se observa en las personas destinadas á su elaboracion y manejo. Esta es la razon porque es indispensable que las minas donde se estrae este metal, y los talleres donde se hace uso de él, se ventilen con todo el esmero posible.

Yacimiento.

El mercurio se encuentra en la naturaleza en estado nativo, aunque accidentalmente, en las minas de cinabrio; siendo en este caso un producto de la descomposicion de este último. Algunas veces no es perceptible, pero basta el calor de la mano para hacerlo aparecer.

Preparacion.

En las minas del Palatinado se estrae el mercurio destilando en retortas de hierro una mezcla de sulfuro y de cal apagada, de cuya reaccion resulta sulfuro de calcio y mercurio metálico que se volatiliza y condensa en recipientes llenos de agua hasta los dos tercios.

En Almaden se valen de la propiedad que tienen el calor y el oxígeno del aire de descomponer el sulfuro de mercurio, trasformándole en ácido sulfuroso y mercurio que se volatiliza y liquida en los cuartos condensadores dispuestos al efecto.

Ya hemos dicho que el mercurio del comercio no está puro, siendo fácil reconocer su falta de pureza sin mas que observar que en este estado moja á la porcelana y al cristal y



colocado en pequeñas porciones sobre una superficie plana, forma glóbulos prolongados en vez de esféricos.

El mercurio se emplea para la construcción de los barómetros y termómetros, para recoger los gases solubles en el agua, para dorar por el procedimiento antiguo, y finalmente amalgamado con  $\frac{1}{4000}$  de plomo forma en los tubos una superficie plana, que puede servir para graduar las campanas y tubos de vidrio.

Usos.

#### AMALGAMAS DE ESTAÑO Y BISMUTO.

16

La amalgama compuesta de una parte de estaño y diez de mercurio es líquida, aunque menos fluida que el mercurio, absorbe difícilmente el oxígeno del aire, y se descompone por el calor.

Caractères.

La formada de una parte de estaño y tres de mercurio es blanda y cristaliza con facilidad. Finalmente, partes iguales de estos dos metales producen una amalgama sólida.

Se emplea la amalgama de estaño para azogar los espejos. Se practica esta operación estendiendo sobre una mesa bien horizontal una hoja de estaño, sobre la cual se vierte cierta cantidad de mercurio. Se hace deslizar el cristal, de manera que corte la capa de amalgama en dos partes, cuidando después de colocar sobre él un peso bastante considerable, con lo cual se consigue que la amalgama se adhiera á una de las superficies del cristal, adquiriendo por este medio la propiedad de reflejar los objetos. En el día se consigue este mismo efecto, y aun con mas solidez, fijando sobre el cristal una capa de plata precipitada de su disolución en el ácido nítrico.

Usos.

La amalgama formada con una parte de bismuto y cuatro de mercurio, tiene la notable propiedad de adherirse con fuerza á los cuerpos con quienes se pone en contacto. Si se vierte esta amalgama en un globo de cristal bien seco y un poco caliente, haciéndola pasar por todos los puntos de la superficie interior, se consigue un azogado que produce muy buen efecto.

#### BISULFURO DE MERCURIO. HgS.

Este cuerpo se conoce con el nombre de *cinabrio* cuando está en masas cristalinas y con el de *bermellon* cuando está

Caractères.



pulverizado. Su color es rojo ó negro, si bien no por esto varía su composición. Su dureza está representada por 2,5, es por consecuencia rayado por la cal carbonatada; es ágrío y su densidad relativa se espresa por 8,09. Cristaliza en el sistema romboédrico y dá por la esfoliación prismas de seis caras.

Tratado al soplete sobre el carbon se volatiliza completamente, produciendo vapores sulfurosos. Se volatiliza también, pero sin descomponerse, cuando se le calienta en un tubo cerrado, observándose además que los vapores condensados producen prismas exaedros.

Se reduce con facilidad por el carbono, hidrógeno y los álcalis, cede su azufre á varios metales, y su mejor disolvente es el agua regia. Finalmente, introduciendo en la disolución una lámina de cobre, se recubre esta de un polvo gris que la platea.

### *Varietades.*

*Cristalizado.* En prismas exágonos regulares y en pequeños romboedros truncados.

*En masa granuda.* De color rojo obscuro, fractura granuda.

*Fibroso y pulverulento.* Recubriendo al hierro oxidulado, de un color rojo de bermellon, de aspecto terroso y que mancha los dedos.

Esta variedad es rara y se conoce con el nombre de bermellon nativo.

*Bituminoso.* Los caracteres de esta variedad cambian con su riqueza. Cuando contiene 60 por ciento de mercurio, su color es rojo que pasa al moreno y su densidad relativa es considerable. Este último caracter y el color, cambian sensiblemente á medida que contiene menos mercurio. Algunas veces toma el aspecto de la cal carbonatada bituminosa, siendo necesario recurrir á los ensayos para reconocerle.

Yacimiento.

El cinabrio, así como las demás combinaciones de mercurio, se encuentran casi siempre reunidas. Se reconocen dos yacimientos cuyo origen probablemente será comun.

El primero corresponde á los esquistos micáceos, ó á los terrenos de transición en los que se encuentra en filones y venas. Pertenecen á este género de yacimiento las minas de Rippa en Toscana y las de Almaden en España, siendo este



último criadero uno de los mas notables por su abundancia, aun cuando solo se ha profundizado hasta ahora unos 300<sup>m</sup>. El sulfuro extraido dá próximamente un diez por ciento de mercurio y unos 32000 quintales por año.

El segundo yacimiento corresponde á las areniscas y á las calizas compactas y negras del terreno Jurásico, en las cuales se encuentra en estado de diseminacion. Pertenecen á este segundo yacimiento las minas de Mont-Tonnerre situadas en una arenisca que parece pertenecer á la parte superior del terreno carbonífero, y las de Idria (Carniola), en una caliza negra asociada al esquisto micáceo. En ambos puntos la existencia del cinabrio parece posterior á la del terreno.

Para obtener el cinabrio tan usado en la pintura, basta someter á la destilacion en una vasija compuesta de dos piezas, de las cuales la inferior es de barro y la superior de hierro fundido, un cuerpo negro conocido con el nombre de *ethiope mineral*, que se prepara calentando á una temperatura moderada 150 partes de azufre y 950 de mercurio. Preparacion.

Se calienta primeramente la vasija, y cuando ha adquirido la temperatura del calor rojo, se introduce el ethiope por pequeñas porciones. En esta operacion pierde el ethiope su exceso de azufre y convirtiéndose en cinabrio, se condensa en la parte superior del vaso destilatorio. El producto de la sublimacion, molido con agua y reducido á polvo fino, constituye el *bermellon artificial*. El bermellon que viene de la China es el mas hermoso por su matiz, siendo mas que probable que no provenga de la pulverizacion del cinabrio, sino de la reaccion que el azufre ejerce sobre el mercurio en presencia de una disolucion alcalina. En efecto, se obtiene un excelente bermellon por la via húmeda, triturando á la temperatura ordinaria por espacio de tres horas 500 partes de mercurio y 114 de azufre; pasado este tiempo se añaden 75 partes de potasa, y 400 de agua, elevando la temperatura á 50° próximamente. Pocas horas son suficientes para que la mezcla, negra en un principio, adquiera el hermoso color rojo que caracteriza á esta sustancia.

Se fabrican grandes cantidades de cinabrio en las minas donde se benefician minerales de mercurio. En Idria se introduce una mezcla de 100 partes de mercurio y 18 de azufre pulverizado, en toneles pequeños de madera, que se hacen girar alrededor de su eje horizontal por espacio de tres ó cua-



tro horas: se forma de este modo sulfuro negro de mercurio que se sublima en vasos de hierro colado cubiertos, como ya hemos indicado, con capiteles de barro, en los cuales se condensa el cinabrio.

Adulteracion.

El bermellon suele adulterarse en el comercio con minio, colcotar, ladrillo molido y con sulfuro de arsénico. La presencia de los tres primeros se patentiza calentando la mezcla á la temperatura del calor rojo, á la cual sabemos que se volatiliza completamente el bermellon, dejando por residuo los cuerpos que le impurifican. En cuanto al sulfuro de arsénico, podremos conocerle por el olor de ajos que desarrolla cuando se le calienta sobre carbones encendidos.

Usos.

El bermellon se emplea en la pintura.

### *Plata.*

Caractères.

La plata tiene un color blanco brillante, es insípida é inodora, mas blanda que el cobre, mas dura que el oro y despues de este, es el mas ductil y maleable de todos los metales. Ocupa el cuarto lugar entre los metales por su tenacidad, puesto que un alambre de dos milímetros de diámetro exige un peso de 85 kilogramos para romperse. Cristaliza en octaédros ó en cubos, y su densidad relativa está representada por 10,47.

Se funde á 22° del pirómetro de Wedgwood; es poco volátil como no se la esponga á una corriente de gas, y no experimenta alteracion alguna por el aire, al menos que contenga éste vapores sulfurosos.

El ácido nítrico disuelve la plata cediéndola una porcion de su oxígeno, desprendiendo bióxido de nitrógeno y dando por resultado nitrato de protóxido de plata.

El ácido sulfúrico diluido no ejerce accion sobre la plata; pero cuando está concentrado, se descompone parcialmente y resulta gas sulfuroso y un sulfato. El agua regia y el ácido sulfhídrico atacan á la plata y la trasforman en cloruro ó en sulfuro.

Estado.

La plata se encuentra en la naturaleza en el estado nativo, y combinada con el azufre, cloro, yodo, arsénico, etc., etc.; pero las especies de las cuales se estrae generalmente este



precioso metal, son el sulfuro, el sulfo-antimoniuro, el anti-  
moniuro y el cloruro argénticos.

Los procedimientos que se emplean para extraer la plata Preparacion.  
varían con la naturaleza del mineral empleado. Estos métodos  
consisten en reducir la plata al estado metálico, aleándola  
con el plomo, ó amalgamándola con el mercurio. Se la separa  
del primero, fundiendo en un horno apropósito la aleacion  
colocada en *copelas* fabricadas con huesos calcinados, al tra-  
vés de las cuales se filtra el óxido de plomo fundido que re-  
sulta de la accion del aire sobre la aleacion, dejando la plata  
en el estado de libertad dentro de la copela.

Para separarla del mercurio en el segundo caso, basta so-  
meter la amalgama á la destilacion.

#### ALEACIONES DE PLATA Y COBRE.

Rara vez se emplea la plata en su perfecto estado de pu-  
reza, porque es demasiado blanda, y los objetos fabricados  
con ella se desgastarian muy pronto, perdiendo la delicadeza  
de sus contornos. Por lo regular se alea este metal con cierta  
cantidad de cobre, que le dá mucha dureza sin comunicarle  
color amarillo, cuando sus proporciones no son muy conside-  
rables. Mientras que la cantidad de cobre no escede de  $\frac{1}{8}$  del  
peso de la aleacion, esta se conserva sensiblemente blanca.  
Con todo, esta blancura es menos limpia que la de la plata pu-  
ra, y por lo mismo se someten ordinariamente los objetos de  
lujo á la operacion que se llama *blanqueo*, que consiste en  
separar de la capa superficial la aleacion de cobre. Para obte-  
ner este resultado se calientan los objetos hasta el rojo oscu-  
ro, para que se oxide el cobre de la superficie, y sumergién-  
dolos inmediatamente en agua acidulada con ácido nítrico ó  
sulfúrico, el óxido de cobre formado se disuelve. La superficie  
del objeto queda mate despues del blanqueo, porque las par-  
tecillas de plata se han separado unas de otras, por decirlo  
asi, y es menester bruñirla para que adquiera el hermoso  
brillo de que es susceptible.

Las aleaciones de plata que sirven para acuñar monedas  
y fabricar los diferentes objetos de platería y joyería, no pue-  
den contener proporciones de cobre superiores á las que fija  
la ley, y que son variables segun los objetos á que se des-  
tinan.



La ley de la moneda en España es actualmente de  $\frac{900}{1000}$ , con una tolerancia de  $\frac{3}{1000}$ . La ley para las joyas es de 9 dineros, ó sean 9 partes de plata y 3 de cobre. Para la vajilla es de 11 dineros, ú once partes de plata y una de cobre.

Para soldar la plata se emplea una aleacion compuesta de 667 partes de plata, 253 de cobre y 100 de zinc.

#### PLAQUÉ.

Reciben este nombre unas planchas de cobre recubiertas con otras de plata. Para plaquear el cobre, se frota fuertemente la superficie de este metal, se lamina para darle una estension casi doble de la primitiva, y se frota de nuevo.

Se toma un trozo de plata proporcionado al espesor que se quiere dar á la lámina que ha de recubrir al cobre, y se pasa por el laminador hasta reducirla á una placa, cuya superficie sea un poco mayor que la de cobre.

Preparadas las placas de esta manera, se moja una de las superficies de la de cobre con una disolucion concentrada de nitrato de plata, y se coloca sobre la de plata previamente estendida sobre una mesa, cuidando de redoblar la parte sobrante sobre los bordes de la de cobre. Se calientan hasta que adquieran el color rojo oscuro, y se laminan nuevamente hasta reducir su espesor á un milímetro próximamente.

#### ORO.

Caractères. Este metal, conocido desde la mas remota antigüedad, es sólido, de color amarillo rojizo, insípido, inodoro, y su densidad relativa está representada por 19,25. Cristaliza en pirámides cuadrangulares ó en octaédros; es menos duro que la plata, casi tan blando como el plomo, y el mas ductil y maleable de todos los metales, puesto que con 5 centígramos de oro puede hacerse un hilo de mas de 162 metros de largo. Del mismo modo, este metal puede reducirse á hojas cuyo espesor apenas llega á diez milésimas de milímetro. Estas hojas parecen de color verde vistas por trasmision, y rojas por reflexion. Se funde á 32° del pirómetro, y se volatiliza sensiblemente cuando se le espone en el foco de un espejo ustorio ó á la descarga de una batería eléctrica fuerte.

El oro no experimenta alteracion ni por el oxígeno ni por



el aire; resiste á la accion de los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico, pero se disuelve fácilmente en el agua regia, compuesta de una parte de ácido nítrico y cuatro de clorhídrico.

El oro se encuentra nativo ó combinado con un poco de plata, cobre, y hierro. Ordinariamente está cristalizado en octaédros ó en cubos, algunas veces se encuentra en láminas y dendritas y otras, aunque pocas, en masas aisladas que se conocen con el nombre de *pepitas*.

Yacimiento.

Se obtiene el oro lavando las arenas auríferas y tratándolas por el mercurio; se separa la amalgama que resulta, se filtra para separar el exceso de mercurio, y se somete á la destilacion.

Estraccion.

Se emplea el oro para la fabricacion de la moneda, bajilla, etc., y reducido á polvo fino bien sea precipitándole de su disolucion por el sulfato de protóxido de hierro, ó moliéndole en hojas delgadas con miel, sirve para decorar el vidrio y la porcelana. Generalmente se espande este oro, colocándole en conchas por capas muy delgadas.

Usos.

#### ALEACIONES DE ORO.

Ya hemos indicado que el oro puro es demasiado blando para emplearlo en la fabricacion de moneda, vajilla, joyas, etc.; siendo por consecuencia necesario alearle con una corta cantidad de cobre ó plata, con el objeto de darle mayor dureza y fusibilidad.

La ley de la moneda de oro en España es como en Francia de  $\frac{900}{1000}$  con una tolerancia de  $\frac{2}{1000}$ . Las joyas deben tener la ley de 18 quilates ó lo que es lo mismo  $\frac{18}{24}$  de oro y  $\frac{6}{24}$  de cobre. La ley de la vajilla es de 22 quilates ó sea  $\frac{22}{24}$  de oro y  $\frac{2}{24}$  de cobre. Siendo, como ya hemos dicho, las aleaciones de cobre y oro mas fusibles que el oro mismo, se emplean para soldar este último.

La soldadura conocida con el nombre de *oro rojo*, se compone de 5 partes de oro y 1 de cobre. El oro cuya ley es de  $\frac{750}{1000}$ , se suelda generalmente con una aleacion compuesta de 4 partes de oro, 1 de cobre y 1 de plata.

Las aleaciones de oro y cobre espuestas al aire, se empañan tanto mas pronto cuanto mas baja es su ley. Puede, sin embargo, devolvérselas su brillantez introduciéndolas en amo-



niaco cáustico y lavándolas despues con una gran cantidad de agua.

Para dar á los objetos de platería y joyería el color propio del oro, se calientan hasta el rojo oscuro, sumergiéndolos despues de frios en ácido nítrico muy diluido, el cual disuelve el cobre de la superficie, y por consiguiente queda al descubierto el oro puro. Si se quiere descubrir una capa de oro de mayor espesor, se introducen los objetos en una pasta compuesta de nitro, sal marina, alumbre y agua, dejándolas en ella por espacio de  $\frac{1}{4}$  de hora. La accion del ácido sulfúrico contenido en el alumbre, sobre la sal comun y el nitro, produce cloro libre, que ataca y disuelve al cobre, á la plata y al oro, pero este último metal vuelve á precipitarse sobre el objeto. Se pulimentan en seguida las superficies con un bruñidor, hasta que tomen el brillo y color que deben tener.

El oro y la plata pueden unirse en todas proporciones. La densidad de estas aleaciones es próximamente la media de la de los metales que las constituyen, siendo tambien mas fusibles que el oro mismo, y mas duras y elásticas que el oro y la plata.

Estas aleaciones se emplean con frecuencia por los plateros y se conocen con los nombres de *oro amarillo*, *oro pálido*, *oro verde* y *electrum*.

El oro verde que es el mas usado se compone próximamente de 70 partes de oro y 30 partes de plata.

El *electrum* está formado de 4 partes de oro y 1 de plata.

Por último, en la naturaleza se encuentran tambien aleaciones de oro y plata en diversas proporciones.

El oro se combina ademas con el mercurio en todas proporciones aun á la temperatura ordinaria, perdiendo en este caso su ductilidad y haciéndose tan frágil, que puede desmoronarse entre los dedos. Calentadas las amalgamas al calor rojo oscuro, dejan por residuo oro perfectamente puro.

El oro en *escamas* que se emplea en la pintura con el nombre de *polvo de oro*, se prepara aleando 1 parte de oro con 8 de mercurio, separando despues este último metal por la destilacion.

#### DORADO Y PLATEADO.

El oro se ha empleado en todas épocas para la decoracion



de los edificios, habitaciones y objetos de lujo, no solo por su hermoso brillo, sino por la inalterabilidad de que está dotado, con tanta mas razon cuanta que puede aplicarse sobre el mármol, sobre la piedra, la porcelana, el vidrio, la madera, el yeso, el carton, el papel, los cueros, y finalmente, sobre los metales usuales y sobre sus aleaciones. Para dorar el vidrio y la porcelana se emplea el oro en polvo fino molido con borax y esencia de trementina, aplicándole ordinariamente con un pincel, sometiendo despues la pieza dorada al fuego de una mufla.

El dorado de la madera, yeso, piedra, estátuas, rejas, balcones, etc., etc., se practica aplicando el oro en panes sobre estos objetos preparados de antemano con varias capas de una mezcla de albayalde, aceite de linaza y aceite de trementina, sobre las cuales se aplica un mordiente compuesto de aceite de linaza secante, al cual se añade una corta cantidad de barniz de copal, cubriendo despues la superficie dorada con otro de espíritu de vino.

Para dorar el mármol, no es necesario emplear el aceite de lino con el albayalde; basta lavarle con una legía, y aplicar á su superficie una capa de barniz graso, sobre esta otra de mordiente y en seguida el oro.

Para dorar sobre las pieles, se emplea como mordiente la clara de huevo fijando despues el oro en panes y pasando sobre este los hierros calientes para coagular la albumina.

Finalmente, para aplicar el oro sobre los metales se emplean tres procedimientos diversos que se conocen con los nombres de *dorado por el mercurio*, *dorado por inmersión* y *dorado galvánico*. El último procedimiento es el que está hoy mas en uso y consiste en precipitar, por la acción moderada de la pila galvánica y sobre un metal comun, capas continuas, adherentes, inseparables y del espesor que convenga, no solamente de oro, sino de plata, cobre, platino, zinc, plomo, hierro, etc.

Este problema, tan interesante para la industria, se ha resuelto disolviendo los metales que se quieren depositar en líquidos apropiados sumergiendo en ellos los metales que se quieren recubrir, convenientemente preparados y en contacto con el polo negativo de una pila galvánica, cuya electricidad es el agente de la precipitación, mientras que el polo positivo de la misma, se pone en contacto con una lámina del metal que



se quiere precipitar y que reemplaza las cantidades que de este se depositan sobre los objetos. El dorado obtenido por este procedimiento es mucho mas permanente si se recubren previamente los objetos de una capa de plata de poco espesor. Se prepara la disolucion para el dorado disolviendo 100 gramos de oro en el agua regia y precipitando el oro por el cianuro de potasio; se decanta el líquido y se redisuelve el precipitado en 750 gramos próximamente del cianuro indicado, añadiendo por último la cantidad de agua necesaria hasta completar dos litros.

El baño que se emplea para fijar el platino sobre el hierro, acero, cobre y laton se prepara mezclando el cloruro de platino con una disolucion alcalina de cianuro de potasio.

El líquido mas á propósito para depositar una capa de cobre sobre el hierro, se compone de un kilógramo de cianuro de potasio y otro de cianuro de cobre disueltos en 10 kilógramos de agua.

Finalmente, para dar á los objetos de cobre el aspecto del acero por medio de la precipitacion del hierro, se emplea una disolucion de hidrato de protóxido de hierro en hidrociorato de amoniaco. El cobre sumergido en esta disolucion y puesto en contacto con barritas de zinc, sin necesidad de pila, se recubre en muy poco tiempo de capas de hierro de bastante espesor.

#### GALVANOPLÁSTICA.

La galvanoplástica tiene por objeto cubrir, con una capa metálica continua, resistente y fácil de separar, un objeto cualquiera, empleando una corriente eléctrica poco energética y reproducir, en hueco, sus relieves con una perfeccion extraordinaria puesto que, la placa adherida se separa con facilidad y puede servir de molde, para fijar por medio de la misma corriente eléctrica otra capa metálica que represente fielmente el objeto primitivo.

Para producir la corriente eléctrica pueden emplearse las mismas pilas que se usan para el dorado y plateado galvanicos.

Si se quieren fabricar por este medio medallas de cobre, bastará hacer una disolucion saturada de sulfato de cobre ligeramente ácida, é introducir en ella el objeto sobre quien se



quiere depositar el metal despues de ponerle en comunicacion con el polo negativo de la pila, colocando en el positivo y paralelamente á este una lámina de cobre de una superficie próximamente igual á la del objeto, la cual introduce en la disolucion una cantidad de cobre proporcional á la que se deposita por la accion de la corriente eléctrica en el polo negativo.

Para reproducir una medalla no hay necesidad de operar sobre el original que, como es natural, se trata de conservar, y que se deterioraria por su inmersion en las disoluciones, sino sobre moldes huecos fabricados con una aleacion fusible compuesta de 8 partes de bismuto, 8 de plomo y 3 de estaño.

Pueden tambien fabricarse estos moldes con yeso, sumergiéndolos en una mezcla de ácido esteárico y un poco de cera fundidos para hacerlos impermeables á la humedad; luego que por la inmersion en este baño se haya desalojado completamente el aire contenido en los poros del molde, se deja enfriar y se recubre su superficie con plombagina pulverizada estendiéndola uniformemente por medio de un pincel. Hecho esto se introduce el molde en la disolucion de sulfato de cobre que rodea su contorno y va unida al polo negativo de la pila.

Boquillon ha construido un aparato muy sencillo para reproducir las medallas. Se compone de una vasija de vidrio (fig. 45) para contener la disolucion de sulfato de cobre, y de un diafragma horizontal de vidrio, sin fondo, apoyado en los bordes de la vasija, el cual sirve para sostener un cilindro tambien de vidrio, cerrado inferiormente por una membrana muy tensa al rededor del cual se colocan unos pedazos de sulfato de cobre para que la disolucion se conserve saturada.

Se introduce en el cilindro, donde previamente hemos colocado agua acidulada, una lámina de zinc amalgamado, y se pone en comunicacion, por medio de un alambre de cobre, con el molde colocado sobre una placa del mismo metal sumergida en la disolucion salina.

Por medio de la galvanoplástica pueden recubrirse de cobre las estatuas, los objetos de arte, los frutos, los vejetales, etc., etc.

Si se quieren fabricar estatuas de cobre, basta hacer el molde de yeso y recubrirle interiormente con plombagina en polvo; se sumerge el molde en la disolucion de cobre y se hace pasar la corriente eléctrica; luego que la capa ha adquiri-



rido el espesor suficiente, se separa el molde que deja la estatua en relieve.

Las estatuas de cobre obtenidas por este procedimiento, se alteran con mas facilidad que las de cobre fundido, porque el metal precipitado por la corriente eléctrica, es siempre mas poroso y por consecuencia susceptible de oxidarse mas rápidamente.

El cobre depositado por la corriente galvánica reproduce con tal exactitud las partes salientes y las huecas de las superficies de los cuerpos, que se ha propuesto emplear los procedimientos galvanoplásticos para reproducir las planchas metálicas grabadas y aun para las pruebas daguerrianas.

#### FOTOGRAFIA.

Hace bastantes años que se pensó en sacar partido de la propiedad que posee el cloruro de plata de alterarse y ennegrecerse por la acción de la luz, para ver si seria posible que la imágen representada sobre el papel quedase allí fija, sin tener que seguir los contornos con el lapiz ni verificar operacion alguna; los ensayos verificados con este motivo dejaron mucho que desear, pero trabajando sobre esta aplicacion diferentes físicos tales como Charles, Wedgewod Davy Niepce y por último Daguerre, se ha llegado por fin al *daguerreotipo* que resuelve perfectamente la cuestion. El aparato, en cuanto al modo de pintar las imágenes, no es mas que una cámara obscura comun con una buena lente acromática. El plano en que se han de pintar las imágenes es una chapa de cobre recubierta de plata bien pulimentada, y que necesita, antes y despues de recibir la impresion de la luz, sufrir varias operaciones. Suponiendo la plancha nueva y bien limpia, hay que empezar echando sobre ella una gota de alcohol y un poco de rojo inglés, y frotarla con algodón en rama hasta que quede tersa y sin impresion estraña alguna, en este estado se la coloca al vapor del cloruro de yodo hasta que tome un color débilmente morado, en cuyo estado, y preservándola cuidadosamente de la luz, se la coloca en el foco de la cámara obscura que se habrá situado convenientemente de antemano. Allí permanecerá un corto rato, y en seguida se la sacará, cuidando que la luz no la impresione y se la colocará en una caja á propósito don-



de recibirá el vapor del mercurio con una inclinacion de  $45^{\circ}$ ; el metal se calentará por una lámpara de alcohol, que se tendrá cuidado de apagar en cuanto se note que va apareciendo la imágen sobre la plancha en cuestion. En seguida se la lava con hiposulfito de sosa para quitar las partes del cloruro no atacadas por la luz; y si aun se quiere hacer la imágen mas inalterable se la recubre con cloruro de oro y se la calienta hasta que el cloruro desprenda vapores abundantes, se quita este en seguida, se lava con agua destilada, y la operacion queda terminada. Por este medio adquiere la imágen una fijeza tal que pueden sacarse impresiones de ella con el cobre depositado por la galvanoplástica.

Las primeras pruebas galvanoplásticas con placas daguerrianas se obtuvieron por Chevalier; y Mr. Fizeau ha conseguido trasformarlas en planchas que pueden destinarse al grabado dulce.

El procedimiento de Fizeau consiste en tratar la placa daguerriana por una mezcla de nitro, sal comun, ácido nítrico y agua que deja en hueco las partes negras, sin que las claras esperimenten la menor alteracion, separando despues por el amoniaco el cloruro de plata á medida que se va formando.

Para dar mas profundidad á las partes negras, se doran las blancas, cubriendo las primeras con un cuerpo graso fácil de separar para evitar que el oro se fije en ellas, y por medio del ácido nítrico se les dá á estas la profundidad necesaria para que la plancha pueda someterse á las operaciones tipográficas.

Se ha conseguido la produccion de las imágenes sobre papel, vidrio y otras sustancias; respecto al papel se obtiene una imágen negativa, es decir, que la luz y las sombras estan cambiadas, empleando el yoduro de plata, comprimiendo entre dos vidrios la hoja de papel, para que resulte bien tersa, y colocándola en seguida en la cámara obscura: despues para hacerla visible se emplea una disolucion de ácido agállico, y lavando en seguida con el hiposulfito de sosa, resulta la imágen inalterable aunque no tan bien definida como cuando se opera sobre metal.

Obtenida esta imágen negativa sirve para producir un número considerable de otras positivas. Para esto se emplea una hoja de papel impregnada de cloruro de plata, esponiendo á la luz ambas hojas de manera que las partes oscuras de la imágen obtenida produzcan sombra sobre el papel preparado, y el



efecto es rápido y seguro. En seguida se la fija lavándola con el hiposulfito de sosa.

## GEOLOGIA.

### NOCIONES GENERALES.

La Geología, tomada esta palabra en su acepción mas lata, comprende el conjunto de conocimientos relativos al planeta que habitamos. Forman parte integrante de esta ciencia, ó por lo menos estan íntimamente ligadas á ella, la Mineralogía, la Paleontología, la Geografía física, la Geognosia y la Geogenia.

La Paleontología tiene por objeto el estudio de los seres enterrados hoy en el seno de la tierra y que en épocas mas ó menos remotas han existido sobre su superficie.

La Geografía física estudia la forma exterior de nuestro globo, los accidentes que presenta su superficie, y la manera como estan distribuidos los fluidos que la rodean, con todos los fenómenos físicos á que estos dan lugar.

La Geognosia, dirigiendo sus investigaciones á la parte interior de nuestro planeta, examina la manera como estan dispuestas las diferentes partes que le constituyen; en tanto que la Geogenia investiga su origen, formacion y edad relativa.

La Geología, como todas las ciencias naturales, comprende una parte positiva y otra especulativa. Corresponden á la primera la Geografía física y la Geognosia, puesto que, como se deduce de su definicion, se ocupan solamente del estudio de los hechos que la naturaleza nos presenta. Debe colocarse en la segunda la Geogenia, la cual, lejos de limitarse al conocimiento de estos hechos, se remonta á su origen y por consecuencia al del globo que habitamos siguiéndole en todos sus periodos hasta mas allá de la época presente. El estudio de esta última ciencia se refiere á otro mas general y mas vasto, cual es la Cosmogenia ú origen del universo.

La tierra es un esferoide elevado en el ecuador y aplanado en los polos, cuyo mayor diámetro ó eje ecuatorial es de 12.754,863 metros. El diámetro polar es de 12.712,251<sup>m</sup>, y su aplanamiento total está representado por 42,612 metros que es la diferencia de los dos números anteriores, lo cual da para cada uno de los polos 21,306.

La densidad media de la tierra, obtenida por el cálculo y



por la observacion, es próximamente cinco veces mayor que la del agua; es decir, casi doble de la densidad media de la costra sólida que conocemos. Estos hechos nos inducen á creer que toda la masa de nuestro globo ha estado primitivamente en el estado líquido y que las partes que la componen han debido colocarse en el orden de sus densidades; asi es como en la superficie de la tierra observamos que el aire, el agua y la costra mineral son concéntricas y estan situadas de la manera que hemos indicado.

La atmósfera que rodea al globo terrestre no tendria mas que unos 8 kilómetros de espesor si su densidad fuese constante; pero como disminuye con la accion de la gravedad á medida que se separa del centro de la tierra, su espesor es próximamente igual á 6 miriámetros.

La atmósfera es, de todas las partes del globo, la que ofrece al observador fenómenos mas numerosos y variados, tales son, entre otros que la Meteorologia estudia, la formacion de las nieblas y nubes, la lluvia, el granizo y las auroras boreales.

Las aguas ocupan cerca de las tres cuartas partes de la superficie terrestre, y su evaporacion y condensacion espontáneas dan lugar á las numerosas corrientes de agua que la atraviesan, debiéndose en gran parte á estas corrientes la formacion de los terrenos de sedimento y de transporte. Basta echar una mirada sobre el mapamundi para formarse una idea de la manera como estan distribuidos los mares entre los continentes, á los cuales rodean unas veces, en tanto que otras, los mares estan rodeados por los continentes.

Se encuentran en el primer caso el mar Pacífico, el del Sur, el Océano meridional y el mar del Norte que rodean á las dos Américas, y en el segundo los Mediterráneos.

Estos últimos se comunican unos con otros ó con el gran Océano, pues en el caso contrario podrian considerarse como lagos de gran estension.

No se conoce bien la profundidad media del Océano, pero se valúa aproximadamente en 5,200 á 4,800 metros.

La corteza mineral de la tierra es la parte cuyo estudio mas nos interesa. Los depósitos, masas y capas que, por sus grandes dimensiones merecen ser consideradas como una parte esencial de nuestro globo, reciben el nombre de *rocas*.

Atendiendo á su composicion, las rocas se dividen en dos grandes clases. Corresponden á la primera las formadas de



una sola sustancia mineral tales son por ejemplo la cuarçita, las diversas rocas calizas, la cal sulfatada, la sal gema, etc., etc., etc., las cuales se conocen con el nombre de *rocas homogéneas, sencillas ó simples*; corresponden á la segunda las formadas por la asociacion de varios minerales perceptibles á la simple vista, tales son los granitos y los pórfidos y á las cuales, entre otras, se las denomina *heterogéneas ó compuestas*.

### ROCAS SENCILLAS.

La mayor parte de las rocas sencillas, cuyo estudio nos interesa mas, las hemos tratado como especies minerales. Réstanos solo hablar de las conocidas con los nombres de basalto, pizarra y ampelita.

#### BASALTO.

Caractéres.

El basalto es de color negro agrisado, moreno-rojizo y aun verdoso; su testura es compacta, celulosa, ó escoriforme, posee una gran tenacidad y se funde en esmalte negro. Tiene la propiedad de dividirse con mucha facilidad en prismas de 3, á 8 ó 9 caras, cada uno de los cuales se compone de un número mas ó menos considerable de trozos colocados sucesivamente y que se asemejan á las cañas de las columnas. Otras veces, por el contrario, se divide en planchas de poco espesor ó en riñones esferoidales de un diámetro mas ó menos considerable.

Yacimiento.

El basalto corresponde á los terrenos volcánicos, formando en algunas ocasiones la parte principal de algunas rocas de estos terrenos. No pocas veces el basalto se ha abierto paso por entre las capas de sedimento, estendiéndose sobre su superficie y constituyendo un lecho horizontal.

Los basaltos forman ordinariamente prismas adheridos unos á otros, que constituyen columnas gigantescas y presentan cierta apariencia de regularidad. Esta circunstancia es debida á la retraccion que ha sufrido la masa al tiempo de enfriarse. La disposicion en columnas prismáticas dá un aspecto particular á los basaltos que han salido hasta la superficie del terreno.



Los basaltos se encuentran en España en algunas provincias de Cataluña.

El basalto se emplea en algunos puntos para solar las calles. Los antiguos, y especialmente los egipcios, le empleaban en sus monumentos y en sus estatuas, á pesar de la dificultad con que se talla, y entre las cuales cita Plinio como mas notables la del Nilo, al rededor de la que juegan diez y seis niños, y la de Memnon en el templo de Serapis.

Usos.

#### PIZARRA.

Las pizarras, llamadas tambien *esquistos*, por ser de estructura hojosa, se componen de láminas de mas ó menos extension, sobrepuestas, rectas, mas ó menos fáciles de separar segun las variedades, mas ó menos lustrosas y de fractura térrea y mate. Su dureza es algunas veces superior á la del cobre. Su color dominante es el moreno azulado, pero las hay tambien verdosas y rojizas.

Caractéres.

La pizarra se encuentra en grandes capas muy inclinadas sobre el horizonte, aunque en muchos casos presentan la posicion perpendicular. Estas capas pertenecen unas veces á los terrenos de cristalización y otras á los de sedimento. En este último caso suelen presentar impresiones de cuerpos organizados vegetales y animales, distinguiéndose además en que las pajitas de mica están aisladas unas de otras y distribuidas indistintamente ó al azar, en tanto que en las pizarras primitivas están tan íntimamente ligadas que parecen formar un todo homogéneo.

Yacimiento.

Son muy abundantes en Francia y en Inglaterra; en España las tenemos en Galicia, Salamanca, etc.

Las pizarras, y muy particularmente las arcillosas de los terrenos primitivos é intermedios, son de las que se sacan las placas mas á propósito para cubrir los edificios en los puntos en que los vientos no son muy fuertes. En efecto, de esta roca pueden sacarse hojas bastante sólidas y cuyo espesor no excede de dos líneas, siendo su peso por toesa cuadrada, término medio, de 100 á 125 libras.

Usos.

Las pizarras gruesas se emplean, por el contrario, en los puntos en que los vientos son mas violentos y en las montañas en que suele caer grandes cantidades de nieve, en razon á que resisten mejor los enormes pesos que tienen que sufrir.



Se consideran como buenas cuando se dejan dividir con facilidad en hojas muy delgadas, propiedad que pierden las pizarras que han estado separadas mucho tiempo de las canteras. Deben tambien poseer una compacidad suficiente para que no absorvan el agua, de cuya propiedad podremos asegurarnos sumergiéndolas por algun tiempo en este liquido y observando si aumentan ó no de peso. Las pizarras de tejido flojo se destruyen rápidamente por la accion del agua y de los hielos. Las piritas de hierro que suelen contener dificultan notablemente su talla, facilitando por el contrario su destruccion. Por último, la parte superior de las masas de pizarra es siempre deleznable, y debe por consecuencia desecharse.

Se emplean tambien las pizarras para escribir sobre ellas, y algunas variedades de estructura compacta y susceptibles de pulimento, sirven para afilar los instrumentos cortantes.

#### AMPELITA.

Caractères.

La ampelita es una roca de estructura hojosa, sólida, negra, y que tiene la propiedad de manchar los dedos y enrojecerse por la accion del fuego, y cuyas variedades son la ampelita *aluminífera* y la ampelita *gráfica*. La primera se descompone por la influencia de los agentes atmosféricos, cubriéndose de eflorescencias compuestas de sulfato de alúmina y de hierro. La segunda, llamada *lapis negro ó de carpinteros*, es una roca cargada de carbono, y que tizna fuertemente á la mayor parte de los cuerpos y mas principalmente al papel.

Yacimiento.

Estas dos especies se encuentran con mucha abundancia en los Pirineos, en Murcia y en Marbella, empleándose la primera para la fabricacion del alumbre, y la segunda para la de los lapiceros que se emplean en el dibujo.

#### ROCAS COMPUESTAS.

Las rocas compuestas se dividen en cristalinas y agregadas, segun que tienen formas mas ó menos regulares y se presentan en masas compactas cuyo origen se debe á la cristalización, ó bien están formadas por fragmentos procedentes de masas anteriores á ellas, y que se han reunido despues por medio de un cemento de naturaleza variable.



ROCAS COMPUESTAS CRISTALINAS.

GRANITO.

Esta roca, conocida en España con el nombre de piedra *berroqueña*, y que constituye la mayor parte del terreno primitivo, está compuesta de la reunion de tres minerales, á saber: cuarzo, feldespato y mica, en estado cristalino y mezclados con uniformidad, dando á la masa una estructura granosa. Presenta diferentes matices, debidos á la presencia de óxidos metálicos, y muy especialmente al de hierro que entra como materia colorante. Las proporciones relativas de los tres minerales varían en los diferentes granitos, influyendo notablemente en los caracteres y aplicaciones de esta roca. Si los tres factores que entran en su composicion están igualmente diseminados, el granito recibe el nombre de granito comun. Si predomina mucho el feldespato en grandes cristales, la roca toma entonces el nombre de granito *porfidoidal* ó *aporfidado*. Podemos asentar como regla general, que siempre que predomine el feldespato, el granito se descompondrá con facilidad por la accion de los agentes atmosféricos, debiendo por consecuencia desecharse para la construccion: cuando por el contrario la parte dominante es el cuarzo, resiste bastante á la influencia atmosférica, siendo por esta razon preferible al anterior para los usos de la arquitectura.

Caracteres.

La *protogina* en el mayor número de casos no es mas que una variedad de granito en la cual ha sido reemplazada la mica por el talco, conteniendo tambien algunas veces *esteatita* y *clorita*.

La *sienita* está compuesta de cuarzo, feldespato hojoso y anfíbol, el cual reemplaza á la mica del granito. Presenta una estructura hojosa, y mas comunmente granosa, aunque alguna vez es compacta y aporfidada.

La *diorita* (roca verde) está en el mismo rango que la sienita, y en la cual el cuarzo y la mica del granito han sido reemplazados por el anfíbol, así que la diorita y la sienita pasan frecuentemente de la una á la otra.

La *pegmatita* está compuesta de feldespato hojoso y de cuarzo, presentando dos variedades principales, que son: la *pegmatita gráfica*, llamada así porque se ven en ella líneas al-



gun tanto semejantes á los caracteres hebraicos; y la *granosa*, así denominada por su estructura. Esta roca se descompone con facilidad, resultando de ella una gran parte del kaolin que se emplea en la fabricacion de la porcelana.

La composicion mineralógica de las rocas de la formacion granítica, presenta, como acabamos de ver, una analogía sensible, puesto que todas tienen por base el feldespatomas ó menos mezclado con otras sustancias.

Yacimiento.

Ya hemos dicho que el granito constituye la mayor parte del terreno primitivo, encontrándose desde luego en los puntos mas profundos del globo, sirviendo de base á los demás depósitos. Los granitos no se presentan realmente estratificados, aunque algunas veces lo parecen; esta circunstancia es debida á que las masas formadas por ellos presentan hendiduras bastante regulares, que aunque se cruzan en dos sentidos opuestos, aparecen mas visibles en uno que en otro.

Esta apariencia de estratificacion es aun mas notable cuando las masas graníticas alternan con los micaquistos y con los gneis, en razon á que las hendiduras se presentan en estos casos en una direccion paralela á los estratos ó capas de las dos rocas citadas; pero estos granitos son mas modernos que los que no presentan esta estratificacion aparente.

El granito presenta algunas veces una division prismática análoga á la de los basaltos.

Las rocas graníticas son muy abundantes en España, donde forman la parte principal de sus montañas, de lo cual tenemos ejemplos en Guadarrama, en los Pirineos y en otros varios puntos.

Forma de las montañas.

La diversidad de forma de las montañas graníticas admira extraordinariamente á los viajeros que las visitan; sus cimas son escarpadas y terminadas en punta; de sus costados ó flancos, privados de toda vejetacion, sobresalen algunas veces gruesos pilares ó agujas aguzadas. Estas montañas están separadas por valles profundos, en los que se encuentran diseminados trozos de rocas de todos tamaños. Estos valles empiezan generalmente formando un circo de mas ó menos elevacion, y cuyas paredes son con frecuencia verticales.

Cuando las montañas graníticas tienen una altura mediana sus contornos son redondeados y su forma mas ó menos prolongada.

Usos.

Las rocas graníticas solo se emplean por lo general á fal-



ta de otras piedras de mas fácil labra , ó en el caso en que se quieran erigir monumentos durables. La circunstancia de encontrarse el granito en la superficie de la tierra formando masas enormes no estratificadas , permite sacar de las canteras trozos de grandes dimensiones , si bien á costa de un trabajo y un gasto considerables. Sin embargo, hay muchos puntos de Europa en donde emplean exclusivamente el granito para las construcciones, trasportándole á veces de bastante distancia con este objeto, y con el de empedrar y losar las calles. Los antiguos empleaban tambien el granito en masas enormes, como se observa en muchos de los monumentos egipcios, y aun mas modernamente, en 1777, se trasportó á Rusia el pedestal de la estatua de Pedro el Grande , cuyo peso ascendía á tres millones de libras.

Por último, el granito de colores muy vivos, y sobre todo la sienita , producen muy buen efecto despues de pulimentados, y son los que se emplean en la decoracion.

#### GNEIS.

Esta roca, colocada por los antiguos entre los granitos, está compuesta esencialmente de mica hojosa ó escamosa, y de feldespato hojoso y granoso, conteniendo además accesoriamente cuarzo. Su estructura varía, aunque por lo regular es hojosa.

Caractères.

El gneis pertenece al terreno esquistoso, y empieza á presentarse en capas alternantes con el granito, pero despues forma depósitos independientes, en medio de los cuales se encuentran varias rocas calizas ó anfibólicas, cuarzo, etc.

Yacimiento.

Se encuentra en diversos puntos de España, de lo cual tenemos ejemplo en las montañas del Escorial.

Pasando los gneis gradualmente á los esquistos micáceos, concluyen por convertirse en estos últimos, llamados tambien micaquistos. La estructura de esta roca es siempre hojosa, y está compuesta de mica y cuarzo, predominando este último.

Los gneis y esquistos micáceos constituyen montañas, cuyas cimas no son por lo general escarpadas, ni profundos los valles formados por ellas. Sus contornos son redondeados y terminan con frecuencia en mesetas. Algunas veces forman grupos cuyas estremidades se elevan unas sobre otras á diferentes alturas. Los costados de estas montañas presentan fre-

Forma de las montañas.



cuentemente terraplenes, y están atravesadas por quebradas numerosas.

Usos. Los gneis y los esquistos micáceos suministran en varios países trozos de bastante espesor para emplearlos en la construcción de casas y para cubrir grandes edificios.

### PÓRFIDO.

Caractéres.

Se llaman pórfidos á unas rocas compuestas de una pasta feldespática á base de sosa (Albita), ordinariamente rojiza, con cristales de feldespato interpuestos en ella, y susceptibles de un hermoso pulimento. Su pasta suele contener, además, unas veces granos ó cristales de cuarzo bipiramidal, presentando otras un aspecto terroso. En el primer caso la roca recibe el nombre de *pórfido cuarcífero*, y en el segundo pasa á los pórfidos arcillosos.

Las variedades se forman por el color, distinguiéndose las siguientes:

El *pórfido antiguo*, cuya pasta es de un color rojizo, con cristales pequeños de feldespato blanquecino.

El *pórfido moreno-rojo*, del mismo color, aunque agrisado algunas veces, y que contiene cristales de feldespato y un poco de cuarzo.

El *pórfido rosado*, cuya pasta es de un color rojo pálido con numerosos granos ó cristales de cuarzo.

El *pórfido violado*, cuya pasta es de un color violeta sucio, con cristales de feldespato blanquecino ó verdoso.

El *pórfido ofites ó verde antiguo*, cuya pasta es verdosa, y en la que se encuentran envueltos cristales determinables de feldespato verdoso y anfíbol.

Estas diversas variedades de pórfidos pasan unas á otras por matices casi insensibles.

Cuando la pasta del pórfido carece ó contiene pocos cristales de feldespato, la roca pasa á ser una *eurita*. Cuando ésta última roca contiene anfíbol, se convierte en una *diorita*, que es una roca verde, muy tenaz si no está alterada, y cuya textura y estructura son muy variadas. Si la eurita está mezclada con piroxena se convierte en *trapp* ó en *vackea*. El primero es sólido, duro y muy tenaz cuando no está alterado, y su color varía entre el verde moreno, el negro verdoso y el negro azulado; su composición parece idéntica á la del basalto, pero no



presenta la retraccion prismática, ni el aspecto ampolloso, ni el peridoto ú olivino que tanto caracterizan al basalto.

Los pórfidos empiezan á observarse en capas subordinadas al gneis y á los esquistos micáceos de los terrenos primitivos, si bien en cantidad poco considerable, siendo esta mucho mayor en los sienitos. Se encuentra tambien en medio de los terrenos secundarios y muy especialmente en la arenisca roja.

Yacimiento.

Casi todas las montañas porfíricas afectan la forma de conos. En los Vosgos tienen de 1000<sup>m</sup> á 1300<sup>m</sup> de altura, y presentan sobre sus costados depresiones mas ó menos profundas. Sus valles empiezan por circos que se van estrechando hasta cierta distancia para ensancharse despues. Muchos de estos circos son muy profundos, y las aguas que se reunen en ellos forman lagos, cuyo sobrante corre por una cortadura estrecha.

Forma de las montañas.

La mayor parte de las rocas porfíricas suministran á la construccion materiales escelentes para la conservacion de los caminos y para la fabricacion de edificios. Algunas especies son muy buscadas para los objetos de adorno y de lujo. Es bien sabido el uso frecuente que hacian los antiguos del pórfido rojo, con el cual fabricaban vasos, estátuas y columnas, como se observa en el magestuoso y celebrado templo del monasterio del Escorial.

Usos.

Corresponden tambien á las rocas compuestas cristalinas.

*La Eufotida*, roca compuesta de albita y smaragdita, que los Italianos emplean en la arquitectura con el nombre de *verde de Córcega*.

*La Ofiolita*, roca serpentínica de la cual se encuentran grandes masas en Sierra nevada.

*La caliza micácea* (Cipolino), roca compuesta de caliza sacaroidea y de mica hojosa ó de talco granudo, susceptible de buen pulimento y empleada en las artes como mármol de lujo.

*La Oficalcia*, roca de testura pastosa, cuya base está formada unas veces por la caliza compacta y otras por la sacaroidea. Con esta roca, que adquiere un hermoso pulimento y suele confundirse con los mármoles, estan construidos algunos de los monumentos romanos de la provincia de Tarragona.

Por último, entre las rocas compuestas cristalinas que corresponden á los terrenos volcánicos debe citarse.

*El traquito*, roca compuesta de una masa feldespática,

:



mate, áspera al tacto, de color blanquecino ó agrisado llena de celdillas tapizadas de feldespato albita. Esta roca forma la base de los terrenos ígneos llamados *traquíticos*.

#### ROCAS COMPUESTAS AGREGADAS.

Las rocas compuestas agregadas, cuyo conocimiento nos interesa mas, son las siguientes:

*La grauwacka.* Roca de grano fino compuesta de fragmentos de rocas antiguas tales como el cuarzo, granito, porfido, esquistos arcillosos y micáceos, reunidas por un cemento esquisto arcilloso ó por la arcilla. Esta roca de color gris ó rojo, pertenece á los terrenos de transición. Contiene con frecuencia bastante cantidad de mica para adquirir una estructura apizarrada, en cuyo caso toma el nombre de *psammita*.

*La arenisca del terreno carbonífero.* Es análoga á la roca anterior; con la diferencia de que sus granos son mas gruesos y el cemento que los une es siempre terroso.

*La arenisca roja.* Compuesta de guijarros de rocas antiguas envueltos en un cemento arcilloso y arenáceo teñido por el óxido rojo de hierro.

*La arenisca abigarrada.* Compuesta de granos finos unidos por un cemento arenáceo y ferruginoso que suele contener nódulos gruesos de cuarzo; su color es abigarrado de rojo y gris verdoso.

*La arenisca verde.* Compuesta de granos silíceos reunidos por un cemento frecuentemente calcáreo ó margoso.

*La molasa.* Roca compuesta de guijarros de cuarzo con pajitas de mica y partículas de arcilla, que corresponde á los terrenos terciarios mas modernos.

*El maciño.* Compuesto esencialmente de granos pequeños de cuarzo arenáceo, mezclados con caliza ó reunidos por un cemento calizo en proporciones próximamente iguales. Contiene ademas como partes accesorias mica y arcilla. Esta roca se emplea en Toscana para la fabricacion de monumentos y en Florencia para losar.

*La Pudinga.* Roca compuesta de cantos rodados de diferentes dimensiones unidos por un cemento cuarzoso, ó cuarzo-arcilloso. La mayor parte de sus variedades son susceptibles de un hermoso pulimento y se destinan á los mismos usos que los mármoles y jaspes.



*Las Brechas*, que solo difieren de las pudingas porque los fragmentos de que se componen son marcadamente angulosos y no redondeados como en aquellas. El cemento que reúne las diversas partes de estas rocas es tambien de naturaleza variable. Encuéntranse brechas de ágata, jaspe y de piedra caliza. Muchas de ellas son susceptibles de buen pulimento y se emplean en la Arquitectura con muy buen éxito; de ello tenemos un ejemplo en la magnífica Iglesia del monasterio del Escorial, á cuyo presbiterio se sube por hermosas gradas construidas con brechas calizas.

### DIVISION DE LAS GRANDES MASAS QUE CONSTITUYEN LA CORTEZA DEL GLOBO.

Vemos, pues, por todo lo dicho anteriormente que la corteza de nuestro globo está compuesta de diferentes masas de rocas las cuales pueden dividirse en dos grandes clases. Corresponden á la primera las rocas de composicion sencilla por lo general, como las calizas, areniscas, arcillas, etc.; se presentan en capas regulares que se subdividen en hiladas de mas ó menos espesor. Su naturaleza y estratificacion indican de una manera evidente la accion sedimentaria de las aguas; en efecto, las unas tales como las arcillas, las arenas movedizas ó aglutinadas, las areniscas, las pudingas, han sido formadas por trasportes mecánicos; las otras, tales como las calizas, los tufos siliciosos cuya naturaleza es idéntica á los depósitos formados por los manantiales minerales, han debido depositarse necesariamente por la via química en el fondo del mismo líquido en que se encontraban disueltos. Las rocas de esta primera clase han recibido el nombre genérico de rocas de *sedimento* ó *estratificadas*; las cuales encierran frecuentemente restos orgánicos ya de vegetales ó de animales reducidos al estado fósil.

En la segunda clase están comprendidas varias rocas que, tanto por sus caractéres mineralógicos, como por la forma ó figura de sus masas, tienen mucha analogía con las lavas arrojadas por los volcanes modernos. Estas rocas son cristalinas y rara vez estratificadas, carecen de restos orgánicos y contienen no solo las sustancias minerales que se encuentran en los productos volcánicos, si no tambien los que se presentan en los hornos de nuestras fábricas, y suelen producir en



las rocas de sedimento, atravesadas por ellas, modificaciones ó alteraciones análogas á las que resultan de una temperatura muy elevada. Estas rocas se conocen con los nombres de rocas cristalinas, rocas no *estratificadas* ó *rocas ígneas*.

Los depósitos de sedimento se presentan con bastante frecuencia en el sentido horizontal; sin embargo, suelen observarse en muchos puntos dislocados ó inclinados; además su elevación en muchas cadenas de montañas, demuestra que han debido ser levantadas. Estas elevaciones de ciertas partes del globo, que no han podido verificarse sino á costa de grandes perturbaciones en la distribución de las aguas de la superficie, están ligadas por otra parte á las erupciones ígneas.

#### TERRENOS DE SEDIMENTO.

El caracter general y distintivo de los terrenos de sedimento es, como ya hemos manifestado, la estratificación ó la división en capas. Estas capas se encuentran generalmente subdivididas en hiladas ó lechos distintos que difieren por el color, por la textura ó por su composición, y cuyos planos de separación son paralelos á los de las capas. Esta estratificación es una consecuencia del origen de los depósitos sedimentarios; en efecto, un depósito formado en las aguas, sea por precipitación mecánica, ó por precipitación química, debe verificarse por lechos sucesivos y paralelos.

La horizontalidad de las capas de los terrenos sedimentarios, aunque al parecer menos evidente, es una condición no menos esencial que las anteriores. Se ve pues que siempre que la estratificación de un depósito sea sensiblemente inclinada, éste depósito habrá experimentado un trastorno en su posición primitiva. Estas dislocaciones dan lugar á la discordancia de las capas de que ya hemos hablado, pudiendo admitir necesariamente que los depósitos discordantes han sido separados los unos de los otros por movimientos de la corteza del globo, es decir, que pertenecen á formaciones distintas.

La sílice, la caliza y las arcillas, son las sustancias que unas veces puras y otras mezcladas entre sí, constituyen casi la totalidad de los depósitos de sedimento; estas capas alternan con las rocas de transporte ó de agregación, y con algunas otras sustancias bastante menos esparcidas, tales como el carbon, el yeso y ciertos minerales de hierro.



Parece á primera vista que una composicion tan sencilla no pueda servirnos para distinguir los terrenos bajo el aspecto mineralógico. Sin embargo, existen caractéres diferentes para una misma roca en sus diversas posiciones geológicas que son fáciles de comprender, sobre todo cuando se considera el terreno en conjunto y haciendo abstraccion de todas las escepciones que el mismo presenta, cuando se le considera en detalle. Asi las calizas inferiores, compactas, esquistasas ó sacaroideas, frecuentemente caracterizadas por la presencia de la mica, de la dialaga, del carbon, etc., se distinguen sin dificultad de las calizas compactas, litográficas, oolíticas, ó cretáceas de las formaciones siguientes, las cuales no pueden tampoco confundirse con las calizas bastas ó de grano grueso siliciosas ó margosas de los terrenos superiores de sedimento. Las areniscas y las arcillas presentan tambien diferencias análogas. La presencia y abundancia del carbon, de la sal comun, de la cal sulfatada, etc., nos suministran con frecuencia indicaciones precisas sobre la edad y naturaleza del terreno que las contiene. En una palabra, los caractéres mineralógicos considerados aisladamente, no son suficientes para reconocer un terreno; su conjunto es solo el que puede indicarnos su naturaleza.

Los restos orgánicos que encierran los depósitos sedimentarios son de una grande utilidad en las exploraciones geológicas, si bien el número de fósiles que se puede considerar como característico, es decir, como pertenecientes esclusivamente á una formacion, sea muy limitado; pero sucede con los fósiles lo mismo que con los caractéres mineralógicos, es decir, que solo considerándolos en conjunto es como puede llegarse á justas apreciaciones.

Por lo demas, la sobreposicion y la continuidad de las capas, son las solas reglas infalibles que sirven para determinar las formaciones sedimentarias. Los caractéres mineralógicos y zoológicos no se presentan sino en segunda línea; pero si están bien marcados y son constantes en sus indicaciones, suministran datos que pueden considerarse como ciertos.

Una formacion sedimentaria es, segun lo que acabamos de manifestar, la reunion de capas depositadas en los intervalos de dos revoluciones sucesivas del globo.

Las formaciones se subdividen en pisos, que pueden diferir entre sí por una composicion enteramente distinta, ó solo



por el desarrollo mas ó menos grande de ciertas rocas. Estos pisos pueden dividirse á su vez en hiladas y estas en capas.

El nombre de *terreno* tiene una acepción mas lata que el de formación. Un terreno puede comprender muchas formaciones que estarán reunidas entre sí por analogías mas ó menos marcadas, de suerte que los terrenos representan los intervalos que han pasado entre las grandes revoluciones del globo, en tanto que las formaciones, que subdividen estos intervalos, estarán aisladas entre sí por revoluciones que, sin modificar tan completamente la configuración de los mares y las masas continentales, habrán sin embargo, traído consigo discordancias de estratificación, la generación de rocas de caracteres diferentes, y por último cambios notables en la serie orgánica.

Si se considera toda la serie sedimentaria con el objeto de establecer divisiones mucho mas latas, se reconoce que existen dos terrenos que parecen mucho mas á propósito que los demas para llenar este objeto. Desde luego se nos presenta el terreno de uilla caracterizado por una cantidad considerable de carbon, por un gran desarrollo de rocas arenáceas y restos orgánicos, especialmente de vegetales muy numerosos y distintos; este terreno generalmente explotado está por otra parte mucho mejor conocido que ningun otro, y las discordancias de estratificación que le aislan casi constantemente de los terrenos inferiores y superiores, nos demuestran que está colocado entre dos de las principales revoluciones del globo. En segundo lugar se encuentra el terreno cretáceo que á la vez está muy desarrollado y caracterizado bajo el aspecto mineralógico y zoológico. Los caracteres tan distintivos de estos dos terrenos, han dado lugar desde el nacimiento de la geología, á la subdivision de los terrenos de sedimento, en terrenos de *transición secundarios y terciarios*.

Terrenos de  
transición.

La serie de los terrenos de transición, que comprende todos los terrenos inferiores, llamados tambien terrenos de uilla ó carboníferos, está principalmente compuesto de esquistos, de rocas de agregación y de calizas cristalinas, las cuales adquieren frecuentemente los colores oscuros y la estructura esquistosa que parecen caracterizar la mayor parte de estos depósitos; estos son ademas notables por las dislocaciones que han experimentado; caracter que por otra parte es bien natural, si se atiende á que estos depósitos siendo los mas anti-



guos, han debido necesariamente ser afectados por todas las oscilaciones que ha sufrido la corteza terrestre, durante los períodos siguientes. Los seres orgánicos empiezan á desarrollarse en este período viéndose tambien en él vejetales numerosos y animales correspondientes al principio de la escala orgánica, tales como los encrinitos, los productus, los trilovitos, los nautilos, los arthoceros, etc.

La série de los *terrenos secundarios* abraza todos los depósitos comprendidos entre el límite inferior del terreno carbonífero y el límite superior del terreno cretáceo. Esta série es la mas numerosa y variada. Las areniscas, las calizas y las arcillas forman casi toda su masa; los minerales de hierro, el yeso y la sal gema constituyen en ellos capas y masas cuya abundancia es frecuentemente característica. Un gran número de fósiles, tales como los ammonitos, los belemitos, los grifos, etc., empiezan y acaban con este período, durante el cual se ven desarrollar los animales vertebrados.

Terrenos secundarios.

La série de *terrenos terciarios*, que comprende todos los depósitos superiores al terreno cretáceo, se compone tambien principalmente de caliza, de arenisca y de arcilla; pero se nota en ella la disminucion gradual de la influencia de los agentes químicos. Las rocas son menos compactas, las capas conservan con mas frecuencia su horizontalidad, y los restos orgánicos son aun mas variados y numerosos que en la série precedente. Se ve aparecer en ella los mamíferos, representados tanto por animales que no existen ya como los mastodontos, etc., tanto por otros análogos á las especies actuales, tales como los elefantes, el rinoceronte, las hienas, los osos, los ciervos, etc.; las conchas marinas y fluviátiles se presentan tambien en gran número y tienen poca analogía con las que se encuentran en los terrenos secundarios, si bien la presentan con las especies que actualmente viven. Las ceritas, los turretillos, las citéreas, las planorbas, etc.; son las mas características.

Terrenos terciarios.

Una vez establecidas estas tres grandes divisiones de los terrenos sedimentarios, vamos á presentar en el siguiente cuadro cada una de las formaciones que los componen y el sistema de levantamiento que les caracteriza partiendo de alto en bajo, desde los aluviones que se forman en nuestros dias, hasta los terrenos primitivos.



1.er Grupo.—Formacion contemporánea.

TERRENO DE FORMACION RECIENTE.

Terrenos de aluvion ó de acarreo, que se forman en los valles de los rios y en las vertientes y cañadas. Estan compuestos generalmente de arenas y de guijarros ó cantos rodados en capas irregularmente estratificadas y movedizas.

Volcanes modernos apagados y en actividad. Los grandes volcanes de los Andes han sido levantados en este periodo.

2.º Grupo.—Terreno terciario superior.

*Sistema de la cordillera principal de los Alpes. Arenas de las Landas. Aluviones de Brest, etc. . . . .*

Capas de arena y aluviones antiguos, toba con osamientos fósiles. Las erupciones de traquitas y basaltos corresponden en su mayor parte á esta época.

3.er Grupo.—Terreno terciario medio.

TERRENO TERCIARIO. . . . .

*Sistema de los Alpes occidentales. . . . .*

Depósitos arenáceos marinos conocidos con el nombre de *Faluns* unas veces arenosos y con una multitud de conchas rotas en parte, otras aglomeradas por un cemento calcáreo.

Caliza de agua dulce alternando con asperones, y frecuentemente con lignitos.

Arenisca de Fontinebleau.

4.º Grupo.—Terreno terciario inferior.

*Sistema de las Islas de Córcega y Cerdeña.*

Margas con masas lenticulares de yeso, y osamientos de mamíferos.

Bancos de caliza basta ó de grano grueso.

Arcilla plástica con lignitos.



5.º Grupo.—Terreno cretáceo superior.

*Sistema de las cordilleras de los Pirineos y Apeninos. . . . .* } Capas de creta blanca con sílice en riñones dispuesta por lechos, y capas sin sílice.

6.º Grupo.—Terreno cretáceo inferior.

*Sistema del monte Viso. . . . .* } Creta tobosa.  
Arenisca verdosa, llamada arenisca verde.  
Arenas ferruginosas.

7.º Grupo.—Terreno Jurásico ó del monte Jura.

*Sistema de la Cote-d'Or. (Francia). . . . .* } Capas calizas mas ó menos compactas y margosas, que alternan con capas de arcilla: se dividen en muchos pisos; los superiores se conocen con el nombre de *caliza oolítica* y el inferior se llama *lias*.  
Arenisca inferior al *lias*.

TERRENO SECUNDARIO. . . . .

8.º Grupo.—Terreno de Trias.

*Sistema de Thuringerwald. (Alemania).* } Margas irisadas, que suelen contener montones de yeso y de sal gema.  
Caliza ordinariamente compacta, agrisada, frecuentemente fétida, magnesia y muy abundante en conchas.  
Arenisca de varios colores, llamada arenisca abigarrada

9.º Grupo.—Terreno de arenisca de los Vosgos.

*Sistema de Rhin. . . . .* | Pudingas y areniscas.

10.º Grupo.—Terreno penéano.

*Sistema de los Países bajos y del País de Gales. . . . .* } Bancos de caliza mezclada con esquisto, llamado *zechstein*.  
Bancos de pudinga y arenisca llamada *arenisca nueva roja*.



11.º Grupo.—Terreno carbonífero.

Sistema del Norte de Inglaterra. . . . . } Areniscas, esquistos con capas de ulla y de hierro carbonatado.  
} Caliza carbonífera, ó caliza azul, con capas de ulla.

12.º Grupo.—Terreno devoniano.

TERRENO DE TRANSICION. . . . . } Sistema de los montes de los Vosgos y de las colinas del Bocage en Normandia baja. . . } Grandes capas de arenisca, que llaman arenisca roja antigua con interposicion de capas de antracita.

13.º Grupo.—Terreno siluriano.

} Caliza, esquisto pizarroso, arenisca de grano grueso que llaman *grawacka*.

14.º Grupo.—Terreno cambriano.

Sistema del Westmoreland y del Hundsruck en Escocia. . . } Caliza compacta y esquisto arcilloso. La textura de estas rocas es por lo general cristalina.

15.º Grupo.—Rocas primitivas.

TERRENO PRIMITIVO. . . . . } Granitos y gneis que forman la base principal de la parte interior del globo, accesible á nuestros medios de observacion.

TERRENOS IGNEOS.

Las rocas ígneas, cuyos caractéres distintivos hemos dado ya á conocer, presentan ordinariamente formas macizas ó sólidas no estratificadas; estas masas suelen constituir por sí solas los grupos ó cadenas de montañas, pero con mas frecuencia no forman mas que una parte de aquellas, bien coronando sus cimas ó crestas, ó situadas á sus pies. Las masas ígneas que se encuentran aisladas sobre la superficie del suelo presentan unas veces la forma de domos ó cúpulas redondeadas, y otras la de murallas festonadas ó recortadas.

Cuando las masas ígneas están implantadas en los terrenos de sedimento preexistentes, se presentan ordinariamente



bajo la forma de filones ó masas que cortan la estratificación y cuya potencia varía desde algunos decímetros á muchos cientos de metros; sus afloramientos, difíciles en muchos casos de seguir, se prolongan otras veces bajo la forma de murallas de gran elevación que se estienden á muchas leguas; en fin, se las encuentra en muchas ocasiones en masas intercaladas en el sentido de la estratificación, á veces con tal regularidad que está uno tentado á atribuirles un origen sedimentario, pero otras presentan relieves y ramificaciones que anuncian su intercalación posterior.

En resúmen, los terrenos ígneos son mucho mas notables por la forma y la altura de sus masas que por su extensión superficial; de lo cual resulta que rara vez presentan ejemplos de superposición entre sí y que permitan determinar la época de su formación relativa; y como por otra parte las diversas partes de un mismo terreno no son por lo general contemporáneas, no puede determinarse la época de su emisión sino relativamente á los depósitos de sedimento.

Las principales rocas de origen ígneo son el *granito*, la *sienita*, la *protogina*, la *diorita*, el *pórfido*, la *serpentina*, la *eufotida*, la *traquita*, el *trapp*, y el *basalto*. Al designar estas rocas con el nombre de ígneas, no quiere decirse por esto que sean el producto de los volcanes; puesto que es preciso tener presente que los volcanes son un efecto particular de los fenómenos generales producidos por el calor central de la tierra.

Se prueba que estas rocas deben su origen mas bien á la acción del fuego que á la de las aguas, observando la analogía que existe entre ciertas variedades de ellas con los productos de los volcanes modernos. En efecto, el granito, la sienita, el pórfido, la diorita y el basalto tienen bastante analogía á las traquitas y á las lavas de los volcanes modernos.

Las diferencias de textura y de aspecto que presentan las rocas de origen ígneo se conciben con facilidad cuando se considera que Mr. Watt ha hecho experimentos que prueban que las masas de sustancias minerales cuya composición química es la misma, fundidas y sometidas á un enfriamiento mas ó menos lento producido por diferentes medios, llegan á hacerse terrosas, compactas, vidriosas ó cristalinas, segun la manera como aquel se ha verificado.



ROCAS METAMÓRFICAS.

La distincion entre las rocas ígneas y las sedimentarias es frecuentemente fácil sobretodo, cuando las últimas permanecen en el mismo estado en que se colocaron al sedimentarse; pero, cuando por el contrario, han estado en contacto con rocas ígneas, los efectos enérgicos de temperatura y de presion á que han estado espuestas, han alterado mas ó menos su naturaleza primitiva de tal modo que un centro de emision de rocas ígneas es casi siempre, para los depósitos sedimentarios, un centro de alteraciones que van disminuyendo á medida que la distancia aumenta, si bien se propagan á una tanto mayor, cuanto mas enérgica haya sido la accion y mas impresionable la roca sedimentaria. Las rocas alteradas de este modo reciben el nombre de *rocas metamórficas*.

Estas alteraciones se esplican con facilidad cuando los principios constitutivos permanecen los mismos; asi es como se concibe con facilidad que las areniscas hayan podido convertirse en cuarcitas por el contacto de las rocas ígneas, y las calizas en mármoles, pero no sucede asi cuando se introducen en ellas nuevas sustancias, como se observa en la trasformacion de las calizas en dolomías.

Las principales rocas metamórficas son:

Los *esquistos talcosos* que no parecen ser sino esquistos arcillosos modificados por el calor.

Las *rocas cuarzo-talcosas* ó *cloritosas*, que parecen haber sido primero areniscas y agregados cuarzosos de pasta arcillosa, que han cambiado de aspecto y naturaleza por la accion de una temperatura elevada, y por las emanaciones ígneas que las han consolidado.

Las *cuarcitas* son areniscas cuarzosas cuyo cimento es síliceo, que han adquirido mayor compacidad por los vapores probablemente alcalinos y calientes.

Los *micaquistos* son areniscas cuarzosas micáceas, modificadas por el calor, los gases, una gran presion y la accion química.

Los *gneis* son asimismo areniscas micáceas ó psammitas, que han experimentado por mucho tiempo los efectos de una gran temperatura y presion.

Las *euritas en fragmentos* que se presentan en varios puntos tales como los Vosgos no son otra cosa que areniscas



feldespáticas de grano grueso, que han perdido todo el aspecto de estratificación tomando los caracteres de la eurita y el de las rocas feldespáticas eruptivas: en efecto, se encuentran en estas rocas restos de vegetales voluminosos carbonizados, fáciles de reconocer.

Las metamorfosis que han experimentado las rocas anteriormente espuestas, parecen debidas al calor que las han comunicado los pórfidos que las atraviesan y los granitos sobre quienes reposan.

Las *leptinitas* son segun Mr. Bone, esquistos arcillosos cuarcíferos modificados por la acción ígnea.

Las *calizas* han experimentado tambien modificaciones variadas mas ó menos importantes, segun que la acción ígnea y la presión han actuado mas ó menos sobre ellas. Las principales de estas modificaciones han tenido por resultado transformar las calizas de diversas texturas en mármoles sacaroideos ó estatuarios y en dolomías.

Mr. Hall ha demostrado que el calor podia modificar completamente el carbonato de cal, pues que por medio de una temperatura elevada ha conseguido convertir la creta en un verdadero mármol.

Los *yesos* son el producto de las emanaciones de ácido sulfuroso que han atravesado las calizas.

Es necesario hacer notar que las rocas modificadas, de que acabamos de hablar, no siempre se presentan en las inmediaciones de las rocas de origen ígneo; pero esto no debe sorprendernos, puesto que ya hemos manifestado que estas rocas han podido ser modificadas á distancia por el calor interior.

Las *anfíbolitas*, rocas compuestas esencialmente de anfíbol, no parecen ser de origen ígneo, porque se presentan estratificadas. Algunos geólogos creen que podrian ser el resultado de ciertas capas sedimentarias que habrian experimentado por la acción del calor y de ciertos agentes químicos, cambios que habrian transformado en anfíbol la sílice, la cal y la magnesia, partes esenciales de la composición de esta sustancia, y que son tambien los minerales que se encuentran en los depósitos de sedimento.

Cuando se observa una masa ígnea saliente sobre la superficie del globo, es necesario suponer que su emisión ha sido posterior á la existencia de las rocas de sedimento sobre

Edad relativa y manera como han sido proyectadas las rocas ígneas.



quienes descansa ó se apoya, al menos que no haya sido trastornada toda la comarca en términos que nos autorice á suponer un cambio completo de todo el sistema y capaz de haber invertido el orden de superposicion. Aun cuando las rocas ígneas se encuentran sobrepuestas á ciertas capas de sedimento, no podremos deducir que sean posteriores á la formacion de estas últimas. Si las rocas ígneas estan intercaladas, es necesario admitir que son posteriores á las capas atravesadas por ellas, pudiendo serlo tambien no solo á aquellas sobre quienes descansan sino tambien á las que la recubren.

Las rocas ígneas mas antiguas son los *granitos* que muy abundantes en las primeras épocas de la formacion del globo, se han prolongado hasta el terreno cretáceo inferior; sin embargo, su emision, considerable en los primeros periodos geológicos, ha disminuido muy rápidamente á medida que los terrenos de sedimento han adquirido mas espesor.

Vienen en seguida los *pórfidos cuarcíferos*, que han empezado á presentarse cuando los depósitos de los terrenos de transicion, principalmente del terreno siluriano, y se prolongan hasta la base de los terrenos jurásicos.

Las *serpentinias* y *eufotidas* parecen haberse producido desde la division superior de los terrenos de transicion, extendiéndose hasta los terrenos terciarios superiores.

Los *trapps*, sobre todo muy abundantes hácia la época de la arenisca roja, han empezado á presentarse en la base del terreno carbonífero propiamente dicho, y se han prolongado hasta los terrenos terciarios inferiores.

Los *melafiros* han comenzado en la base de la arenisca roja, y se han prolongado hasta los límites de los terrenos terciarios superiores.

Las *traquitas* y los *basaltos* han empezado á presentarse en la parte superior de los terrenos cretáceos, y su emision, sobre todo abundante al final de los terrenos terciarios, se continúa aun algunas veces.

Por último, las *lavas* y otros productos volcánicos pertenecen esencialmente á la época actual.

Los granitos y los pórfidos, que han llegado á la superficie del suelo en el estado pastoso, no han podido deslizarse, y no están acompañados de escorias; sus filones tienen por lo general poca estension y terminan ordinariamente en punta; los pórfidos cuarcíferos forman, sin embargo, algunas



veces filones estensos, aunque muy delgados, fenómeno que prueba hasta cierto punto que han estado mas flúidos que los granitos.

Los pórfidos constituyen en general montañas y domos, y aun cuando los granitos presentan tambien algunas veces esta disposicion, se observan con mas frecuencia formando cadenas largas y de mucha estension, como la de los Alpes y Pirineos: el fenómeno que los ha producido es pues mas general y se ha hecho sentir sobre una escala mucho mas estensa. En fin, existe una gran diferencia entre la manera como se ha verificado la emision de los pórfidos y de los granitos; estas últimas rocas, en efecto, no estan nunca acompañadas de conglomerados, lo que sucede ordinariamente á las primeras.

Los trapps y los basaltos han llegado ordinariamente á la superficie de la tierra por simples hendiduras, y se han extendido en capas delgadas sobre la superficie del suelo. Los basaltos se observan tambien algunas veces levantados en el estado pastoso, pero formando domos ó cúpulas. Estas rocas están habitualmente acompañadas de una cantidad variable de escorias.

Las traquitas se presentan algunas veces bajo la forma de capas largas y estensas constituyendo grandes pisos ó hiladas, casi horizontales; en este caso, esta roca ha llegado á la superficie en el estado fluido; en otras circunstancias ha sido levantada en estado pastoso, y ha formado montañas redondeadas. Siempre va acompañada de una cantidad considerable de conglomerados y escorias por lo regular de aspecto pomáceo.

#### CALOR CENTRAL, LEVANTAMIENTOS.

Las esperiencias hechas en las minas han demostrado hasta la evidencia que la temperatura del globo va creciendo con la profundidad de una manera sensiblemente uniforme, y próximamente igual á 1° por cada 50 metros. Si continua esta ley, es evidente que á menos de un miriámetro de profundidad, la temperatura será la de 5000°, la cual escede á las mas elevadas que podemos producir en nuestros hornos, y á la que todas las rocas que conocemos entrarian en fusion. Se debe pues admitir que el globo terrestre ha estado primitivamente en fusion completa, y al presente todavía se compone de una costra solidificada de poco espesor cuyo interior está lleno de



materias fundidas. Sobre la primera capa solidificada y suficientemente enfriada para que las aguas pudiesen condensarse, es sobre la que se han formado sucesivamente los depósitos de sedimento, en tanto que, á consecuencia del enfriamiento progresivo del globo, nuevas capas de materias fundidas se han ido solidificando debajo de la costra primitiva. Siendo la contraccion el efecto inmediato del enfriamiento y haciéndose sentir este efecto mas enérgicamente sobre la costra exterior, que sobre la masa interior, la costra solidificada debe de un tiempo á otro hundirse y dar paso á la masa central fluida. A estas hendiduras acompañan levantamientos en algunas partes del suelo y depresiones en otras que producen perturbaciones en la disposicion de las aguas, y por consecuencia la destruccion parcial ó total de las especies orgánicas existentes. Estos levantamientos constituyen pues el límite de las diversas formaciones geológicas. No tomando en cuenta las influencias locales debidas á la mayor ó menor resistencia de los terrenos levantados, la reunion de hendiduras producidas en la misma época geológica dá lugar á una série de arcos formados por grandes círculos que pasan por los mismos polos. En realidad, como estas hendiduras están bastante próximas se las puede considerar como una série de líneas rectas paralelas, cuya direccion representa la de las cadenas de montañas producidas por el levantamiento, y la de los terrenos de sedimento que han sido levantados. El estudio de estos levantamientos ofrece mayor interés al geólogo, y le permite volver á trazar la carta geográfica y física del globo en las diversas épocas geológicas.

Nosotros no podemos entrar en estos detalles, limitándonos únicamente á hacer notar que segun Mr. Elie de Beaumont, se puede considerar el suelo de la Europa modificado sucesivamente por doce levantamientos principales.

**FIN.**



# INDICE.

Introduccion. . . . .	<i>pág.</i> 1
NATURALEZA Y DIVISION DE LOS CARACTÉRES QUE SE EMPLEAN EN EL ESTUDIO DE LOS MINERALES. . . . .	9
<b>Caractéres físicos.</b> —Forma. . . . .	10
Formas irregulares. . . . .	15
Estructura. . . . .	25
Fractura. . . . .	33
Tenacidad. . . . .	34
Elasticidad y Flexibilidad. . . . .	35
Ductilidad. . . . .	36
Dureza. . . . .	id.
Raya. . . . .	38
Tiznadura. . . . .	id.
Peso y densidad relativa. . . . .	39
Untuosidad.—Frio. . . . .	43
Color. . . . .	45
Asterismo. . . . .	49
Lustre. . . . .	id.
Trasparencia. . . . .	50
Retraccion. . . . .	51
Policroismo. . . . .	55
Olor. . . . .	id.
Sabor. . . . .	57
Delicuescencia y Eflorescencia. . . . .	id.
Electricidad. . . . .	58
Fosforescencia. . . . .	60
Magnetismo. . . . .	62
<b>Caractéres químicos.</b> — Nomenclatura química.	
Composicion de los minerales y medios de representarla. . . . .	id.
Signos y fórmulas químicas y mineralógicas. . . . .	73
Fuerza de combinacion. Teoría electro-química. Análisis y síntesis. . . . .	77



Análisis cualitativa. . . . .	80
Análisis cuantitativa.—Su necesidad y medios generales empleados. . . . .	90
Exposición y comparación de los análisis. . . . .	91
<b>Caractéres geológicos.</b> . . . .	100
DESCRIPCION DE LOS CUERPOS INORGÁNICOS CUYO CONOCIMIENTO ES MAS IMPORTANTE PARA LA CONSTRUCCION.—	
<b>Oxígeno.</b> . . . .	105
<b>Hidrógeno.</b> . . . .	104
Agua. . . . .	105
<b>Azoe.</b> . . . .	118
Aire atmosférico. . . . .	119
Causas de la insalubridad del aire y medios de evitarlas. . . . .	127
Establecimientos insalubres. . . . .	158
Acido nítrico hidratado. . . . .	141
Amoniaco. . . . .	142
<b>Cloro.</b> . . . .	143
Acido clorhídrico. . . . .	144
<b>Fluor.</b> . . . .	145
Acido fluorhídrico. . . . .	id.
<b>Azufre.</b> . . . .	146
Acido sulfuroso. . . . .	150
Acido sulfúrico monohidratado. . . . .	id.
Acido sulfhídrico. . . . .	152
<b>Fósforo.</b> . . . .	154
Acido fosfórico trihidratado. . . . .	156
<b>Carbono.</b> . . . .	id.
Diamante. . . . .	157
Grafito. . . . .	id.
Antracita. . . . .	159
Ulla. . . . .	160
Turba. . . . .	162
Acido carbónico. . . . .	164
Carburo tetrahídrico. . . . .	167
Carburo dihidrico. . . . .	169
Generalidades sobre el alumbrado de gas. . . . .	id.
Asfalto. . . . .	175
<b>Boro.</b> . . . .	175
Acido bórico. . . . .	id.
<b>Silicio.</b> . . . .	176



Acido silícico. . . . .	176
Cuarzo. . . . .	177
Jaspe. . . . .	184
Arenisca y arenas de transporte. . . . .	185
<b>GENERALIDADES DE LOS METALES Y DE LAS ALEACIONES. —</b>	
Metales. . . . .	187
Aleaciones. . . . .	194
<b>GENERALIDADES DE LOS ÓXIDOS METÁLICOS.</b> . . . .	195
<b>GENERALIDADES DE LAS SALES.</b> . . . .	199
<b>CARACTÉRES DE LOS GENEROS Á QUE CORRESPONDEN LAS SALES DE MAYOR USO.</b> . . . .	203
<b>Potasio.</b> . . . .	206
Hidratado de protóxido de potasio. . . . .	207
Caractéres distintivos de las sales de potasa. . . . .	208
Nitrato de potasa. . . . .	id.
Carbonato de potasa neutro. . . . .	210
<b>Sodio.</b> . . . .	211
Hidrato de protóxido de sodio. . . . .	212
Caractéres distintivos de las sales de sosa. . . . .	id.
Cloruro de sodio. . . . .	id.
Carbonato de sosa. . . . .	214
Borato sódico. . . . .	216
<b>Calcio.</b> . . . .	id.
Protóxido de calcio. . . . .	217
Caractéres distintivos de las sales de cal. . . . .	218
Carbonato de cal. . . . .	id.
Carbonato de cal sacaroideo. . . . .	219
Cal carbonatada compacta. . . . .	220
Mármoles. . . . .	222
Calizas hidráulicas . . . . .	224
Cal carbonatada oolítica y pisoolítica. . . . .	225
Cal carbonatada terrosa. . . . .	226
Cal carbonatada magnesífera. . . . .	227
<b>Análisis de las piedras calizas.</b> . . . .	228
<b>Calcinacion de las piedras calizas.</b> . . . .	231
<b>Caractéres de las diversas cales.</b> . . . .	241
Cales hidráulicas artificiales. . . . .	246
<b>Fabricacion de los morteros, hormigones y mastics.</b> . . . .	247
Mastic ordinario. . . . .	253
Mastic de Dhil. . . . .	id.



Mastic de clara de huevo. . . . .	254
Mastic de limaduras de hierro. . . . .	id.
Mastic de vidrieros. . . . .	id.
Mastic de fontaneros. . . . .	255
Sulfato de cal. . . . .	id.
Cal fosfatada. . . . .	261
Cal fluatada. . . . .	262
<b>Aluminio.</b> . . . .	265
Oxido de aluminio. . . . .	id.
Caractéres distintivos de las sales de alumina. . . . .	264
Sulfato de alumina y potasa. . . . .	id.
<b>Arcillas.</b> . . . .	265
Arcilla plástica. . . . .	266
Arcillas figulinas. . . . .	267
Arcilla caliza. . . . .	268
Arcillas ocráceas y ferruginosas. . . . .	id.
Fabricacion de las tejas, baldosas y ladrillos. . . . .	id.
Vidrio. . . . .	272
Orthosa. . . . .	281
Pomez. . . . .	282
Mica. . . . .	283
Lazulita. . . . .	284
<b>Magnesio.</b> . . . .	285
Oxido de magnesio. . . . .	id.
Caractéres distintivos de las sales de magnesia. . . . .	286
Serpentina. . . . .	id.
Esteatita. . . . .	287
Amianto. . . . .	288
Magnesita. . . . .	289
<b>Hierro.</b> . . . .	id.
Acero. . . . .	296
Oxido ferroso. . . . .	298
Sesquióxido de hierro. . . . .	299
Caractéres distintivos de las sales de hierro. . . . .	300
Azul de Prusia. . . . .	301
Sulfato de protóxido de hierro. . . . .	302
<b>Zinc.</b> . . . .	id.
Sub-óxido de zinc. . . . .	306
Protóxido de zinc anhidro. . . . .	id.
Caractéres distintivos de las sales de zinc. . . . .	307
Sulfato de zinc. . . . .	308



<b>Estaño.</b>	308
Oxidos de estaño.	310
Caractéres distintivos de las sales de estaño.	312
Bisulfuro de estaño.	id.
<b>Plomo.</b>	313
Aleaciones de plomo y estaño.	315
Sub-óxido de plomo.	id.
Protóxido de plomo.	316
Caractéres distintivos de las sales de plomo.	317
Oxicloruro de plomo.	id.
Carbonato de plomo.	318
Cromato de plomo.	321
Cromato de plomo básico.	id.
<b>Cobre.</b>	322
Aleaciones de cobre y zinc.	324
Aleaciones de cobre y estaño.	325
Protóxido de cobre.	326
Bióxido de cobre.	327
Caractéres distintivos de las sales de cobre.	id.
Carbonato de cobre verde.	328
Carbonato de cobre azul.	329
Arsenito de cobre.	330
Acetato de cobre.	331
<b>Mercurio.</b>	id.
Amalgamas de estaño y mercurio.	335
Bisulfuro de mercurio.	id.
<b>Plata.</b>	336
Aleaciones de plata y cobre.	337
Plaqué	258
<b>Oro.</b>	id.
Aleaciones de oro.	339
Dorado y plateado.	340
Galvanoplástica.	342
Fotografía.	344
<b>GEOLOGIA. Nociones generales.</b>	346
<b>ROCAS SENCILLAS.</b>	348
Basalto.	id.
Pizarra.	349
Ampelita.	350
<b>ROCAS COMPUESTAS.</b>	id.
<b>Rocas compuestas cristalinas. Granito.</b>	351



Gneis. . . . .	353
Pórfido. . . . .	354
<b>Rocas compuestas agregadas.</b> . . . .	<b>356</b>
<b>DIVISION DE LAS GRANDES ROCAS QUE CONSTITUYEN LA COR-</b>	
<b>TEZA DEL GLOBO.</b> . . . .	<b>357</b>
Terrenos de sedimento. . . . .	358
Terrenos ígneos. . . . .	364
Rocas metamórficas. . . . .	366
<b>CALOR CENTRAL. LEVANTAMIENTOS.</b> . . . .	<b>369</b>



## FE DE ERRATAS.

---

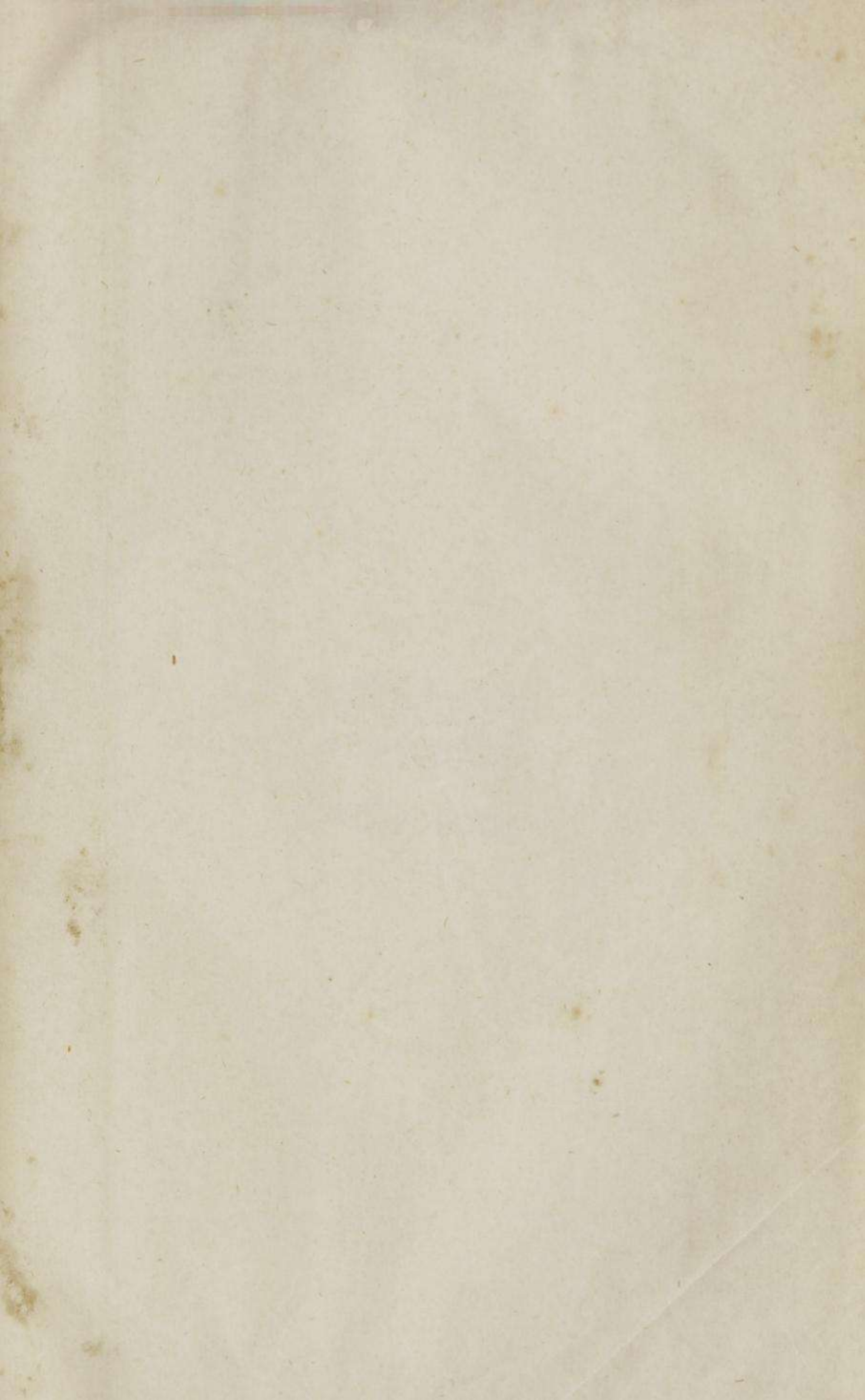
PÁGINA	LINEA	DICE	LÉASE
15	3	uniformes	uviformes
18	30	producen	produce
20	23	adquiria	adquirió
37	3	espoliacion	esfoliacion
71	37	clorhídrico	hidroclórico
118	7	fumarrolas	fumarolas
148	17	cuanto	cuando
165	6	practicado	practicando
174	9	labrillos	ladrillos
192	1	tantano	tantalo
216	1	$\text{NaO}, \text{BO}^3, 10\text{HO}$	$\text{NaO}, 2\text{BO}^3, 10\text{HO}$



TABLE I

Year	Area	Value	Percentage
1900	...	...	...
1901	...	...	...
1902	...	...	...
1903	...	...	...
1904	...	...	...
1905	...	...	...
1906	...	...	...
1907	...	...	...
1908	...	...	...
1909	...	...	...
1910	...	...	...

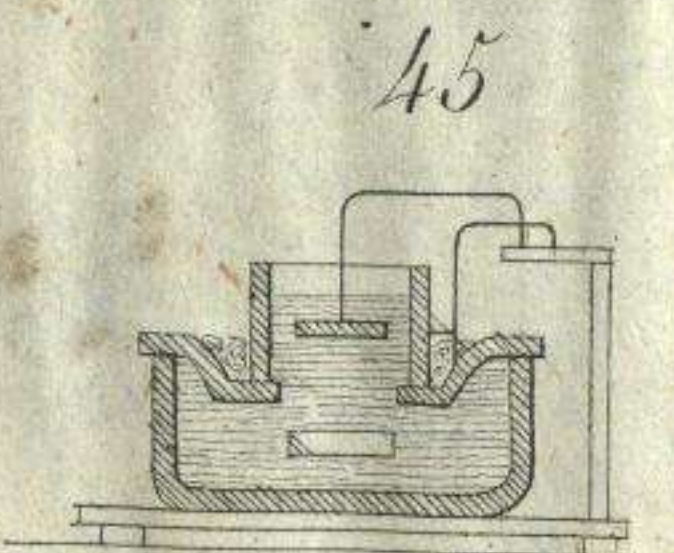
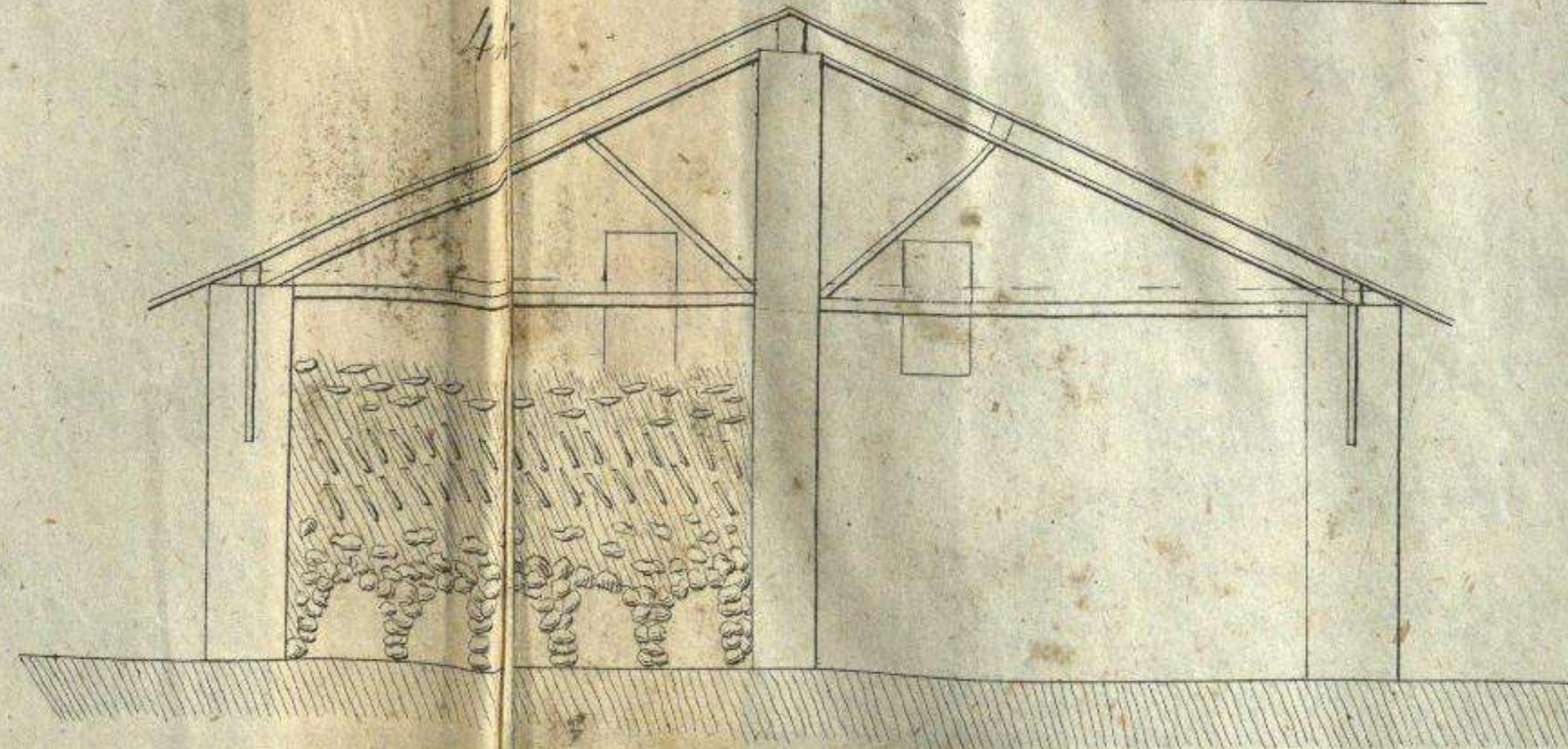
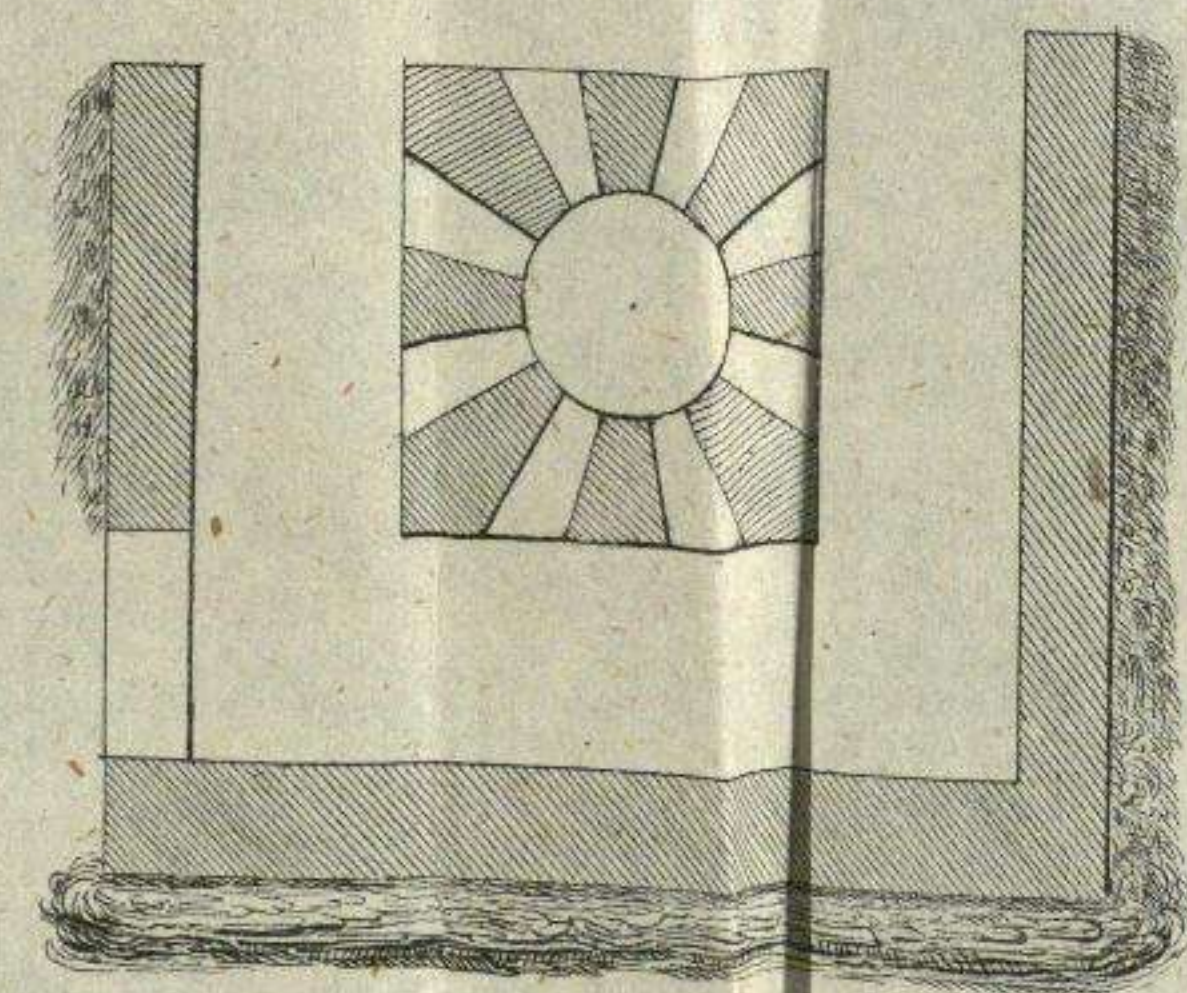
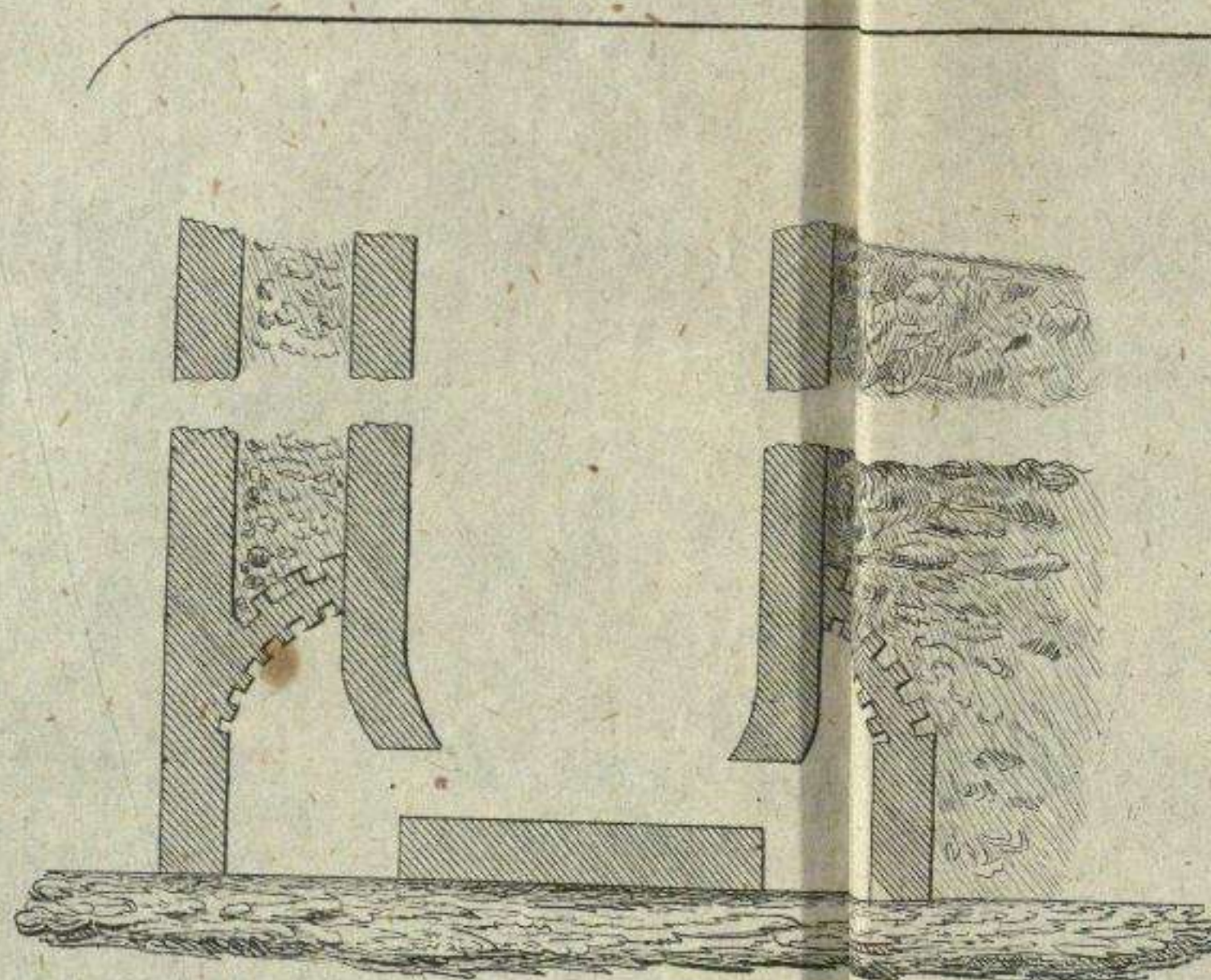
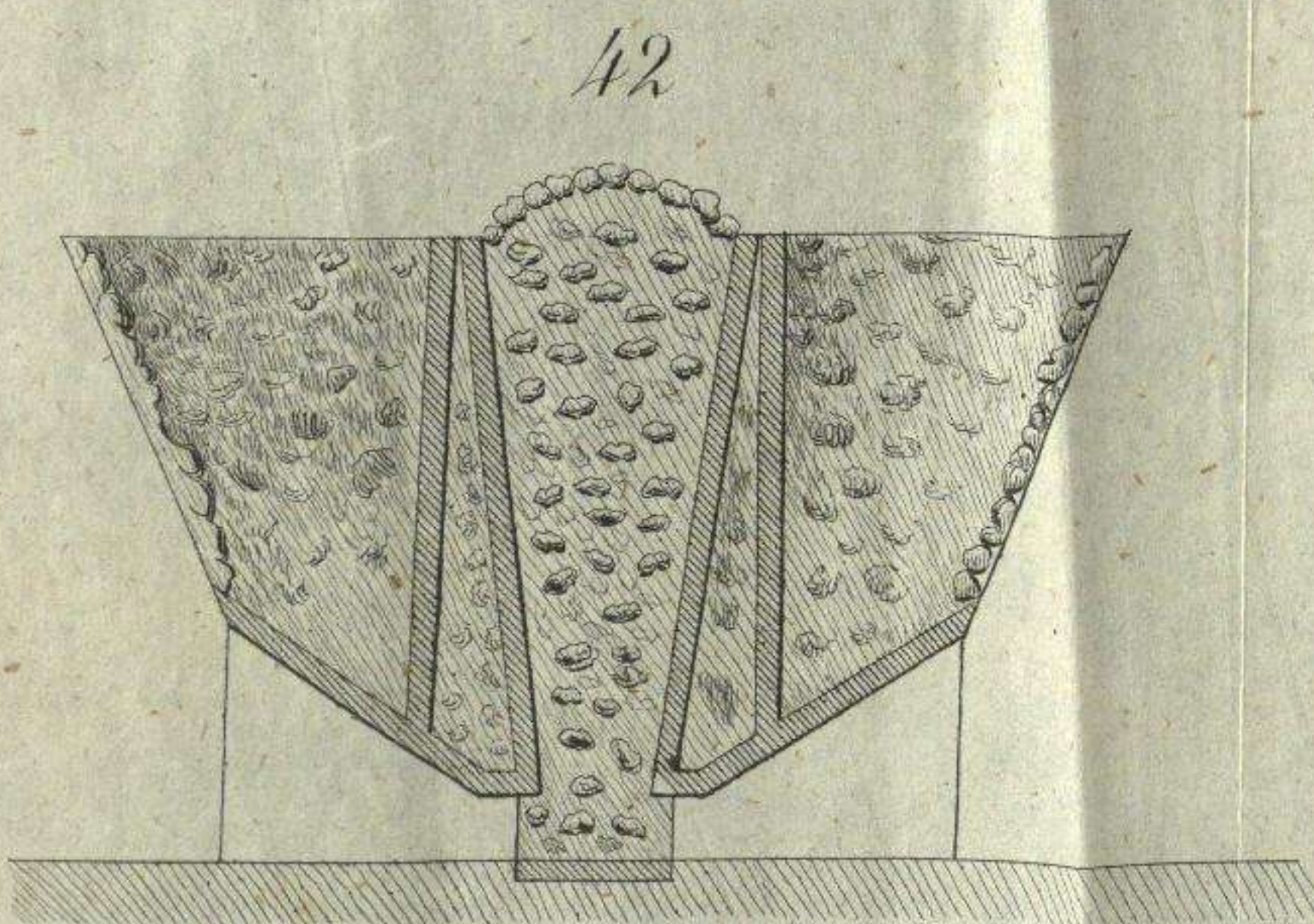
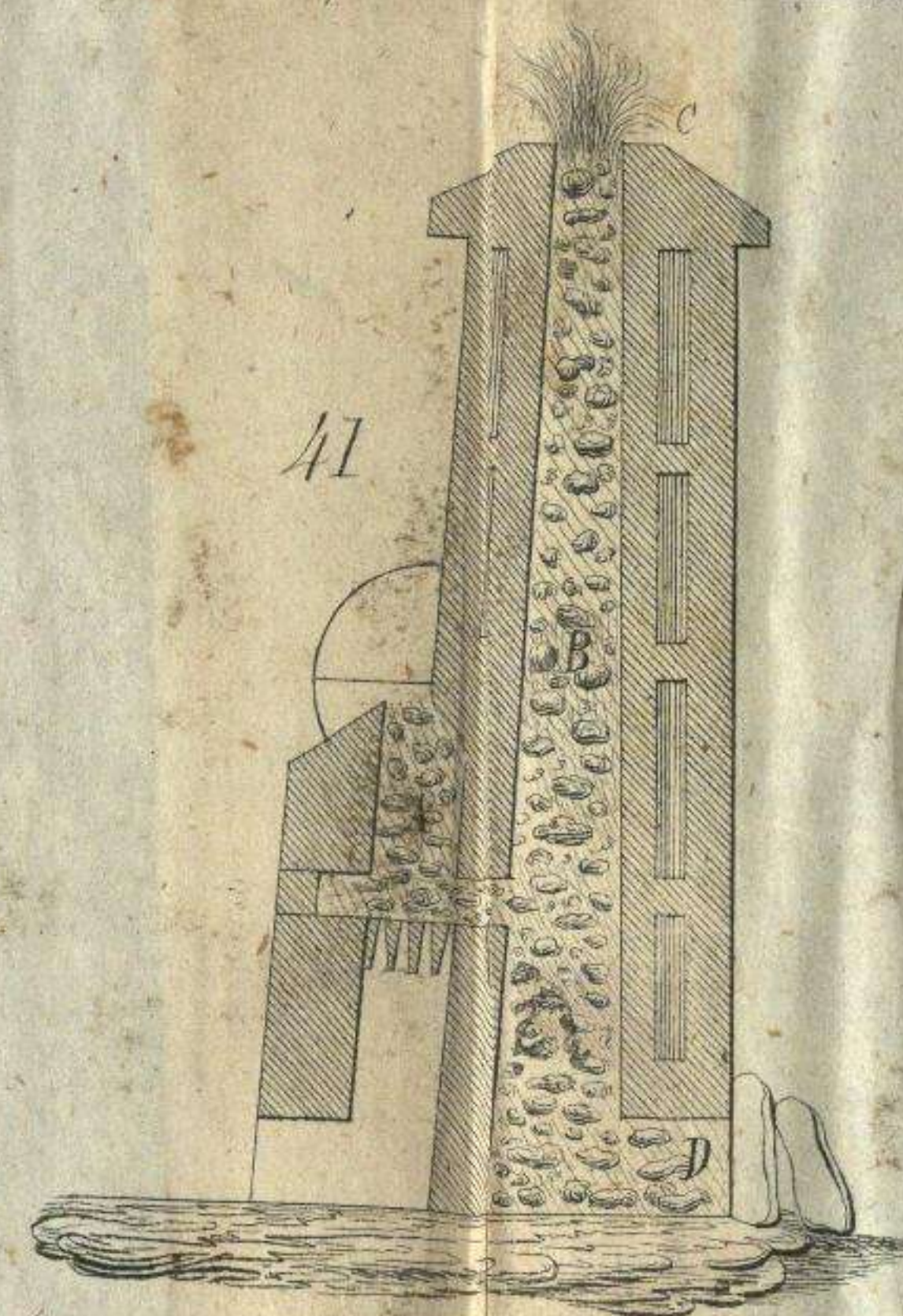
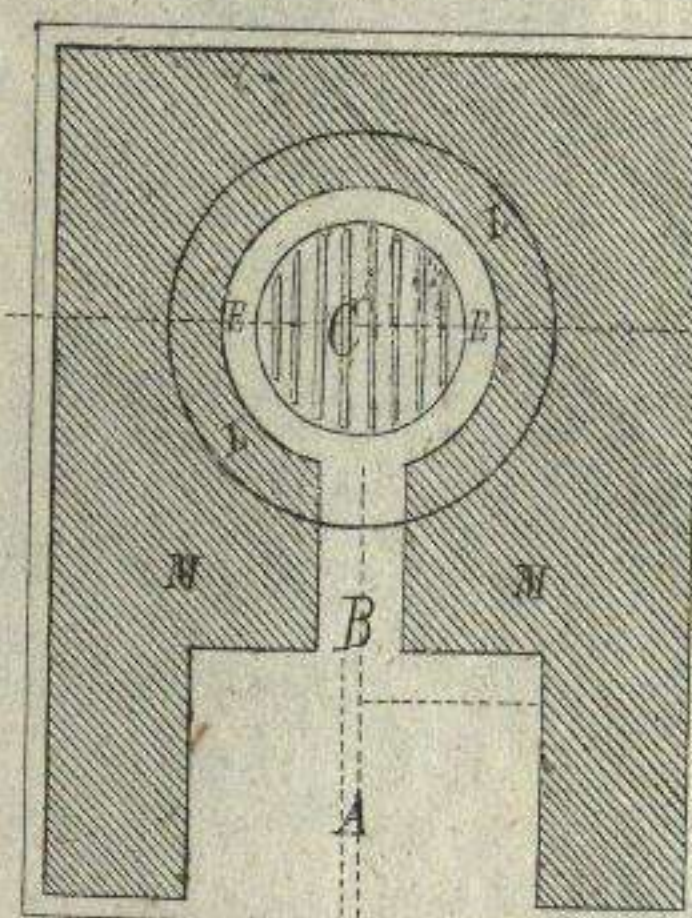
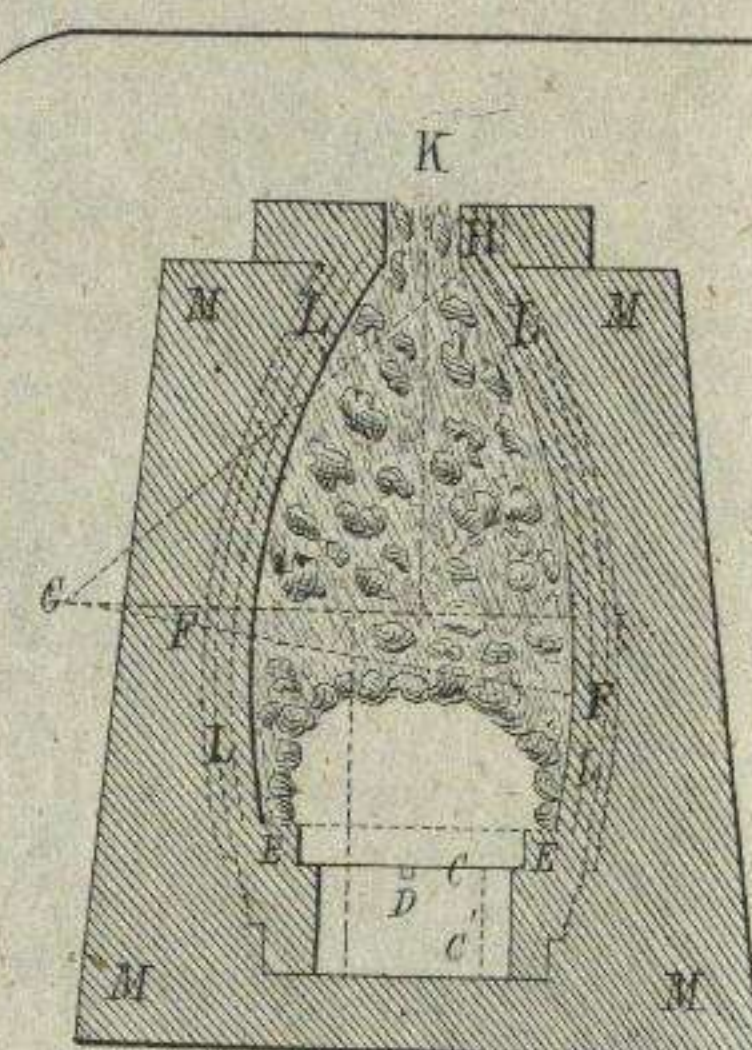
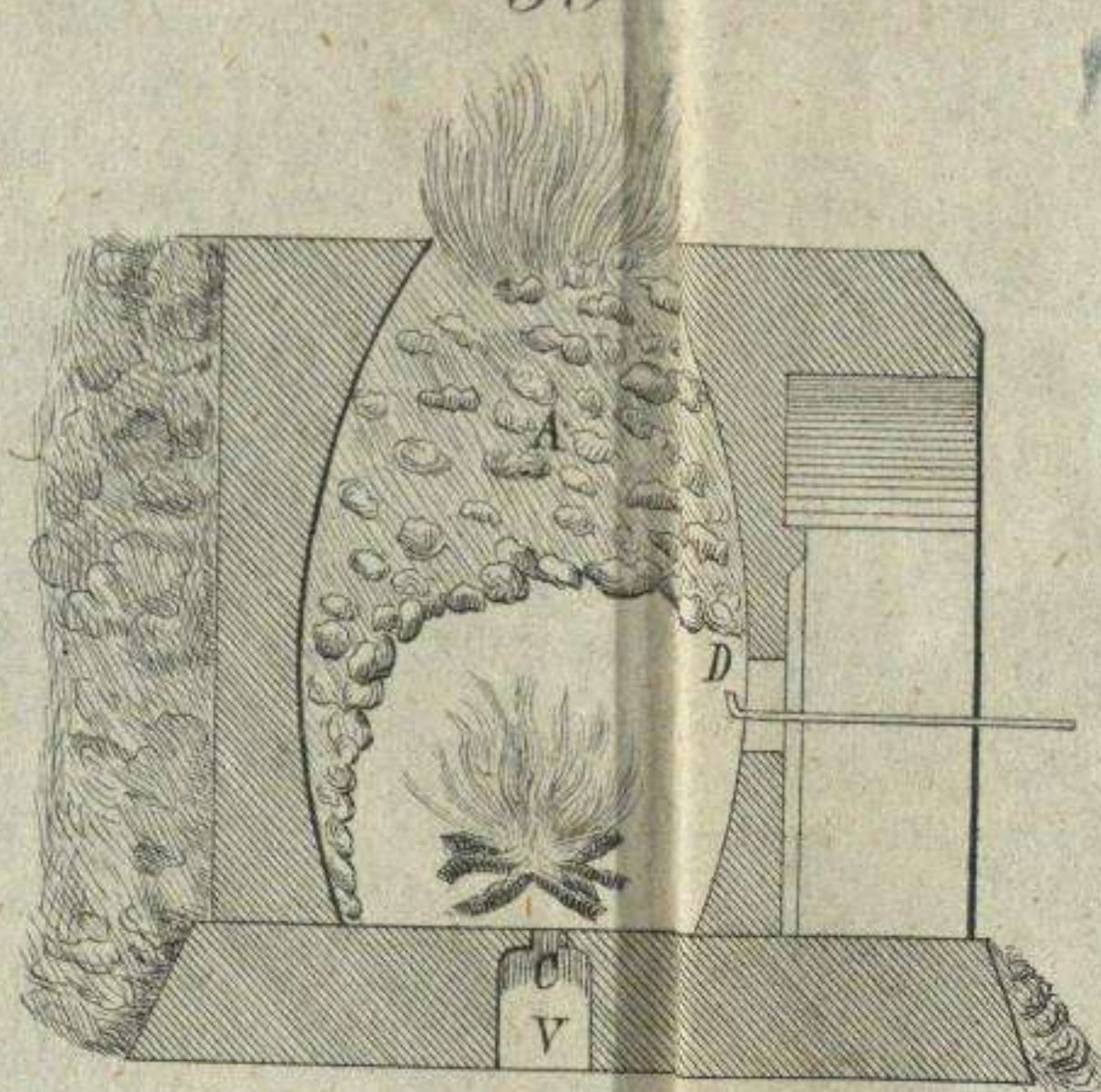
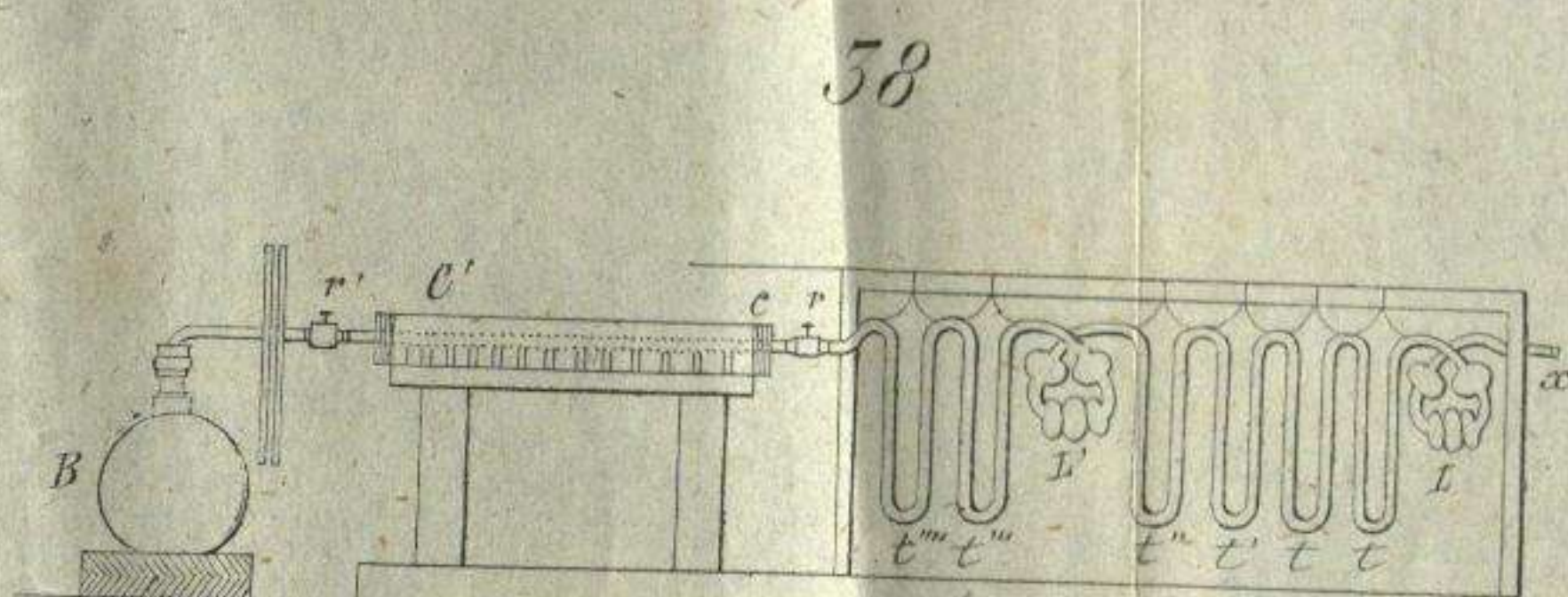
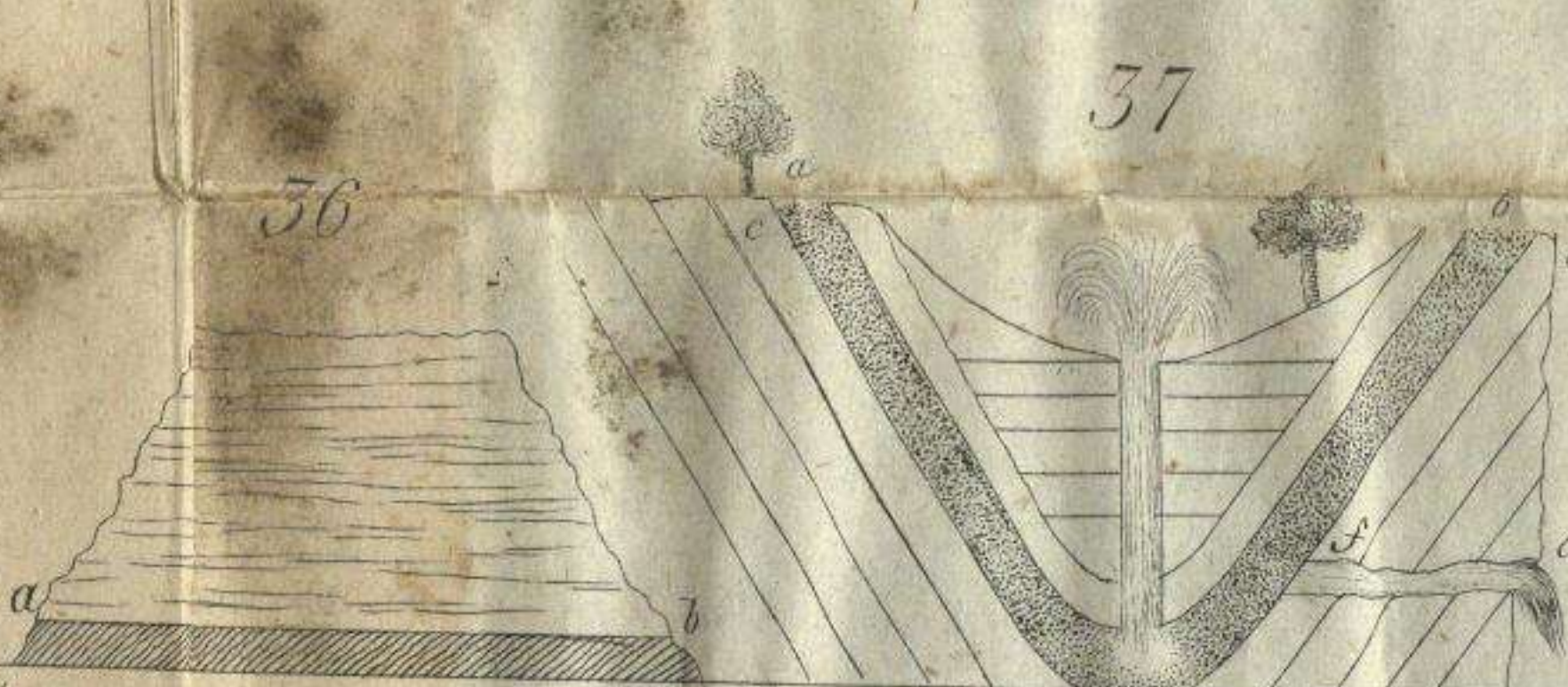
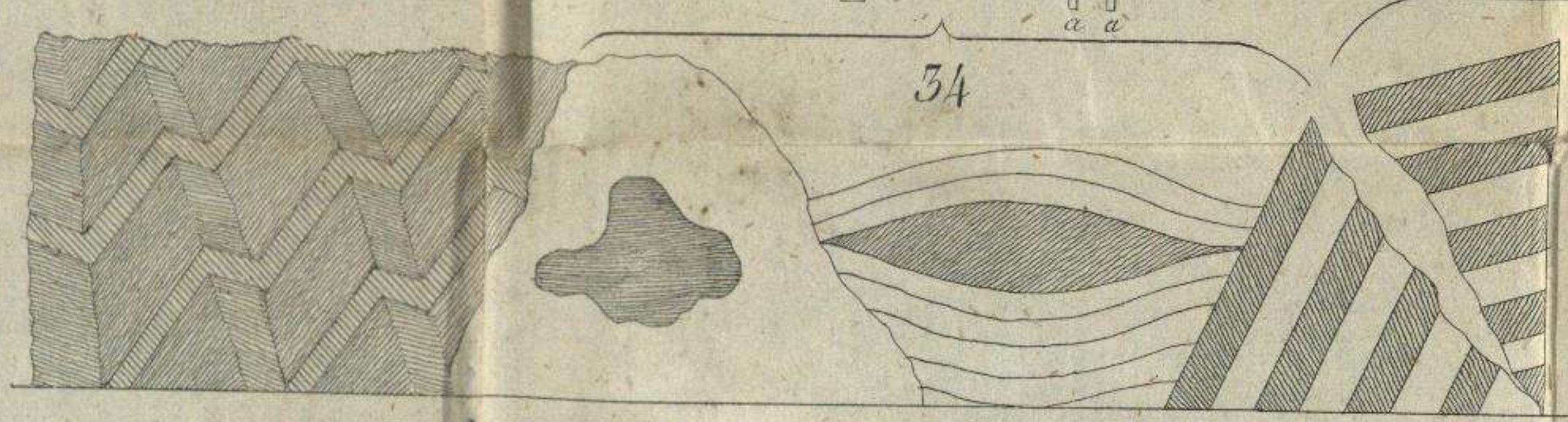
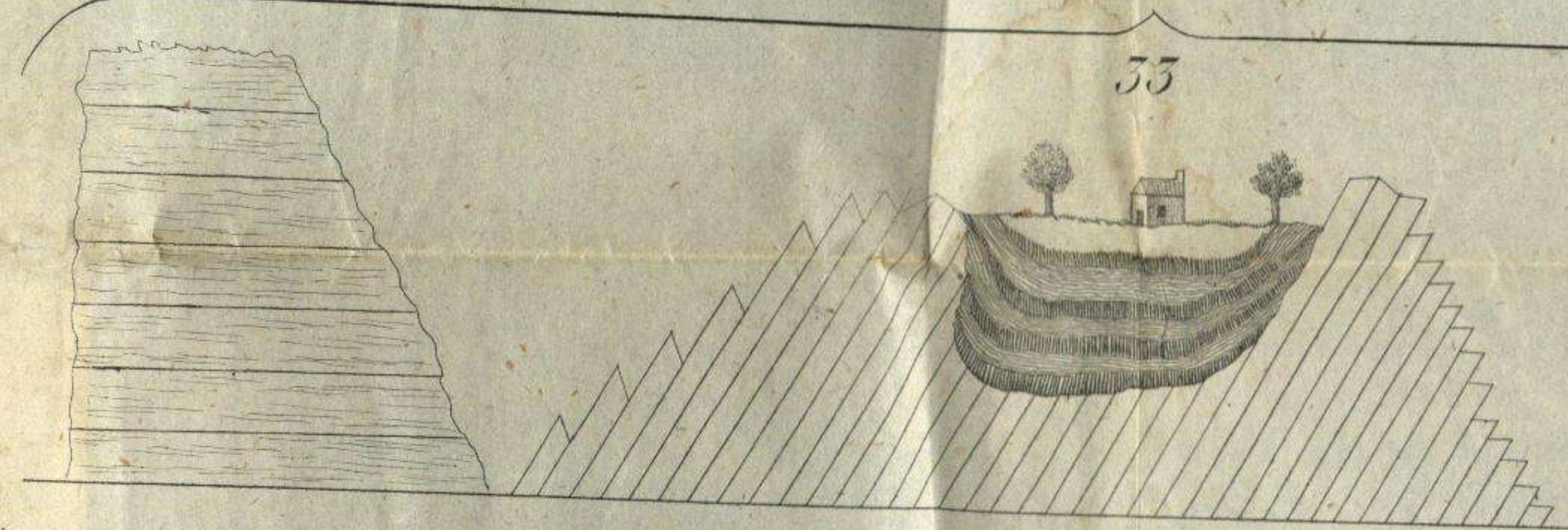
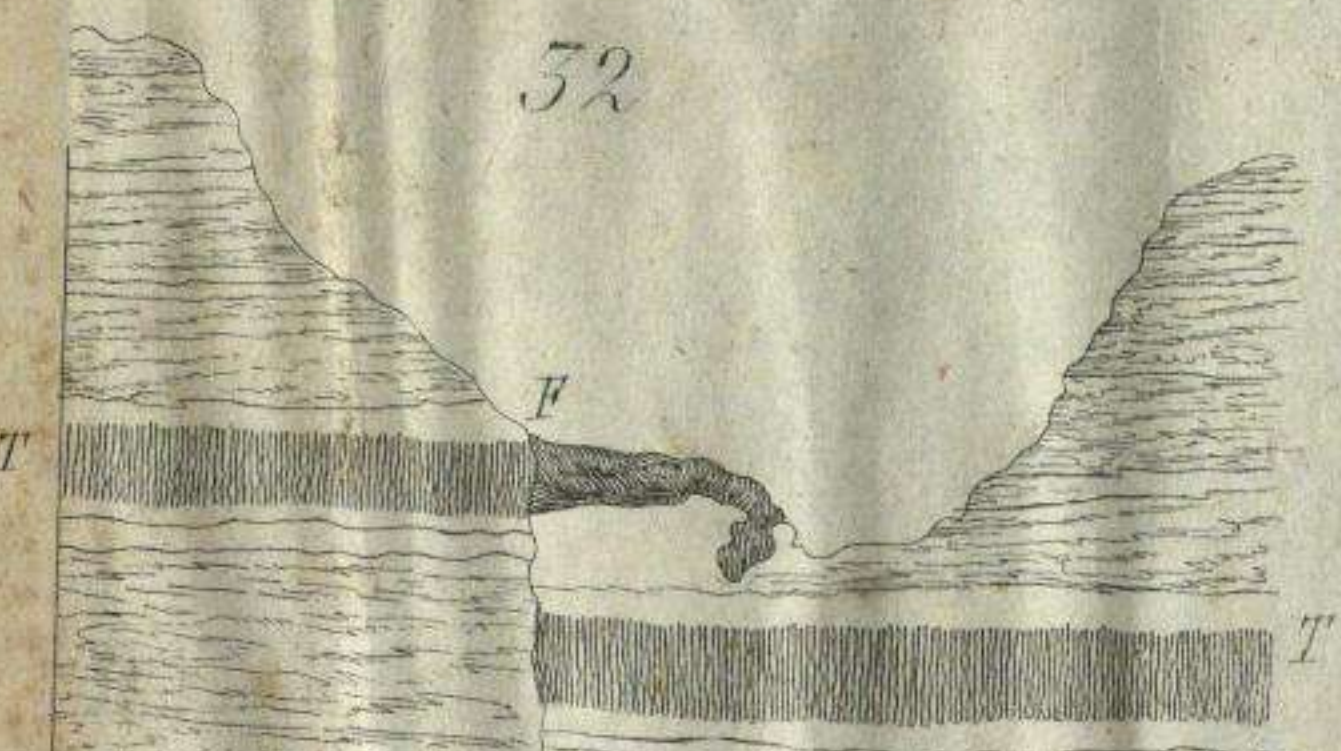
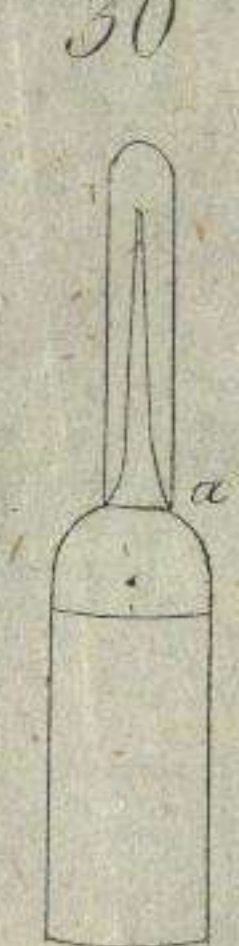
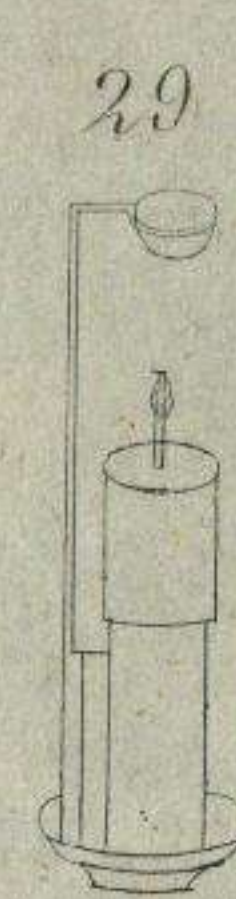
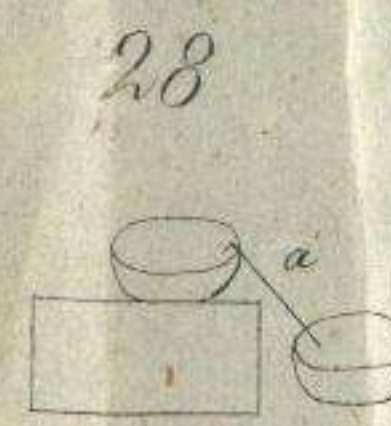
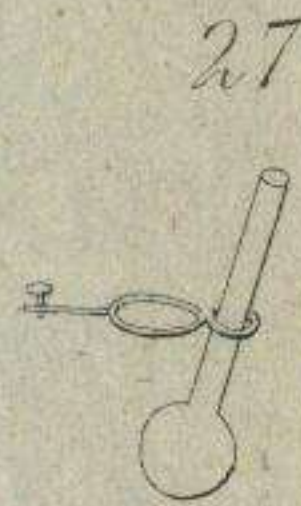
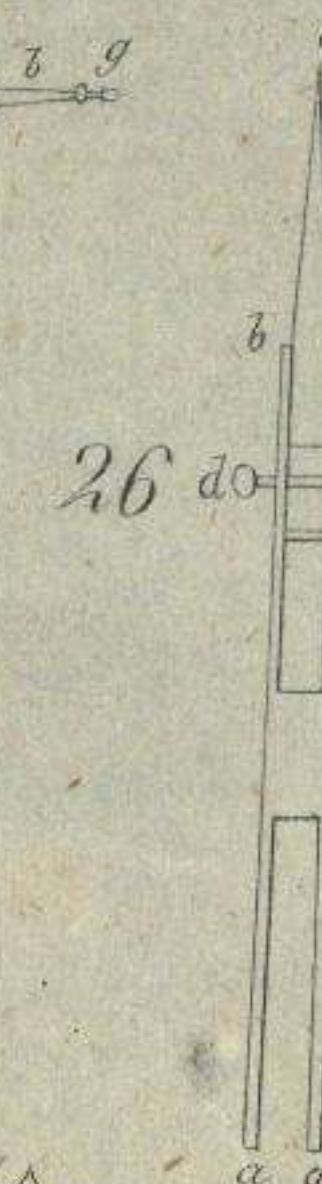
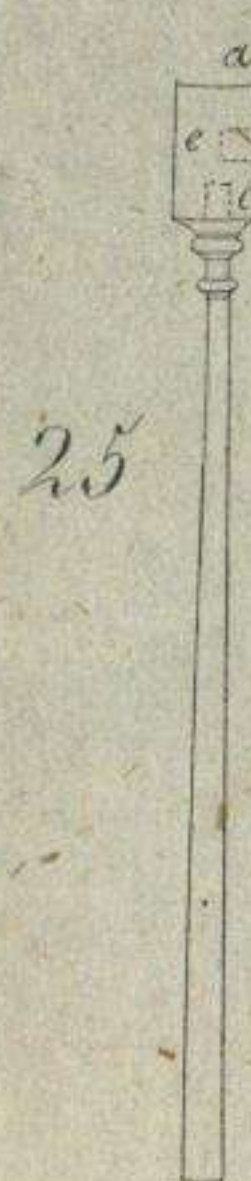
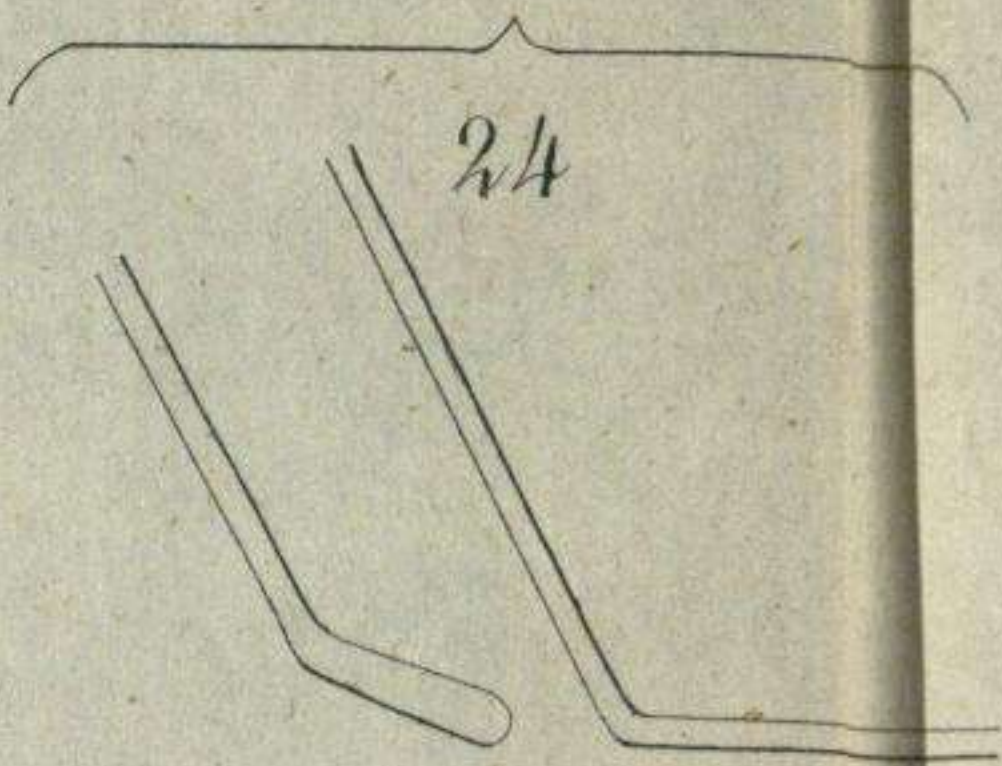
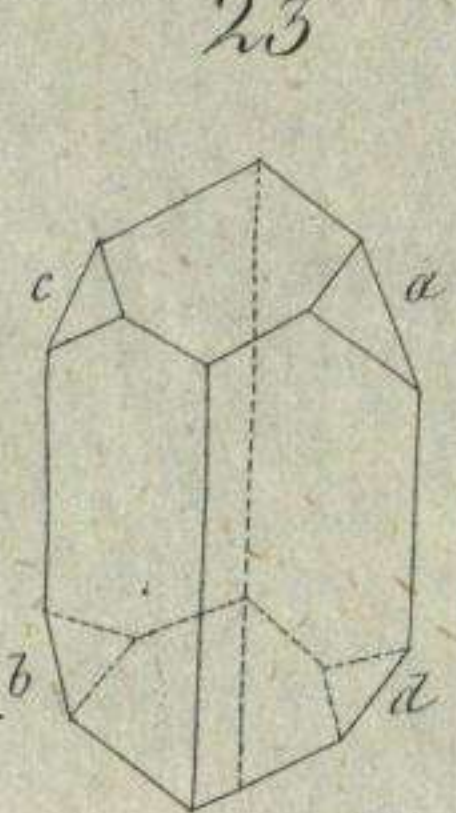
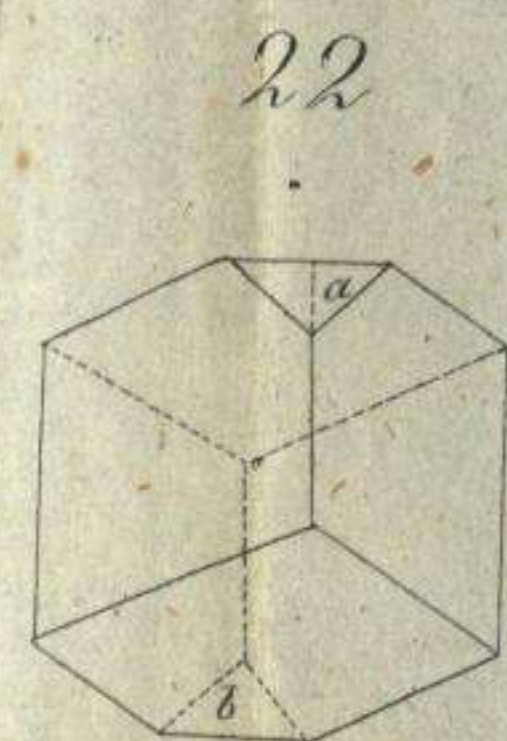
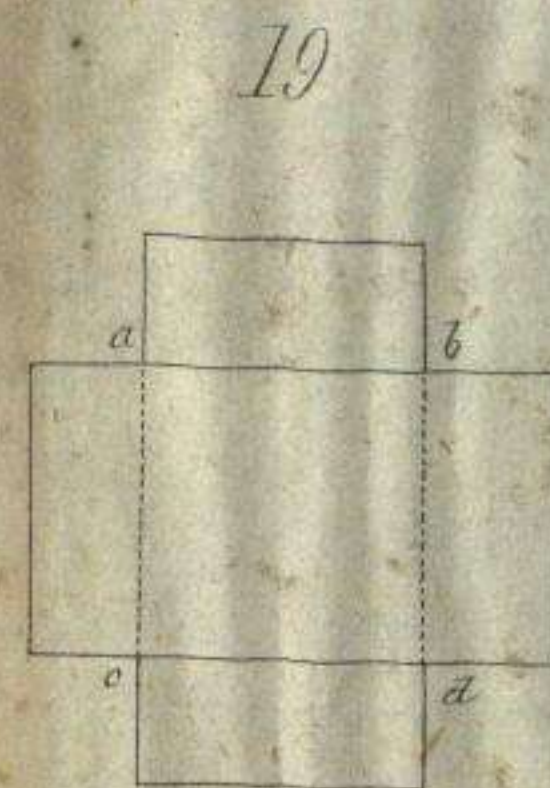
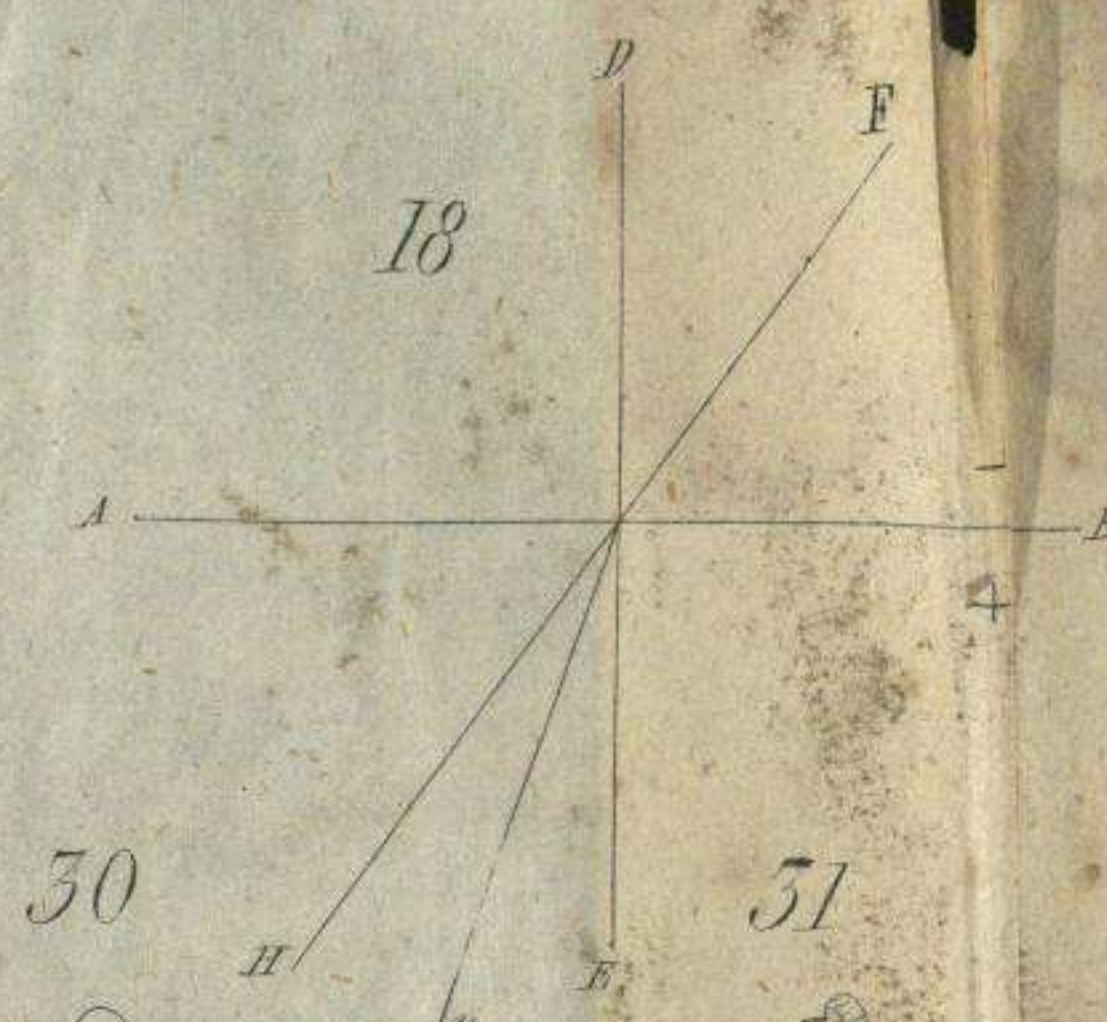
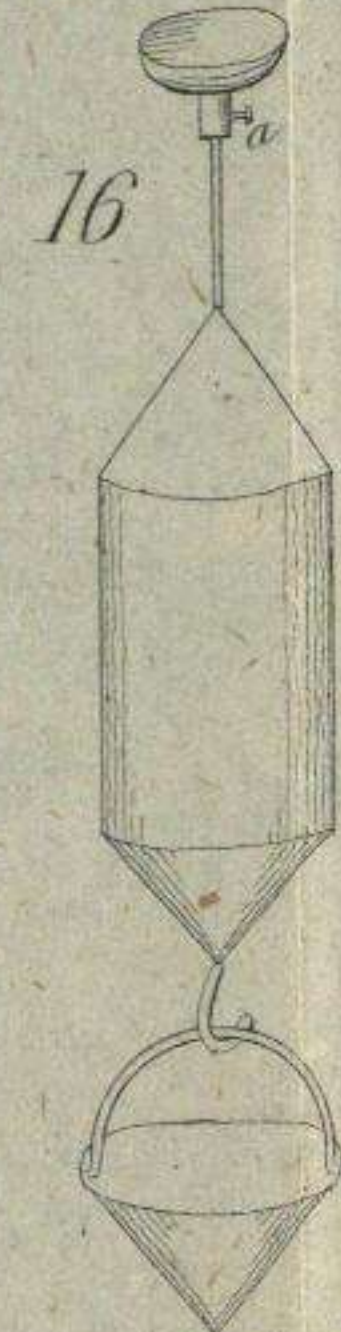
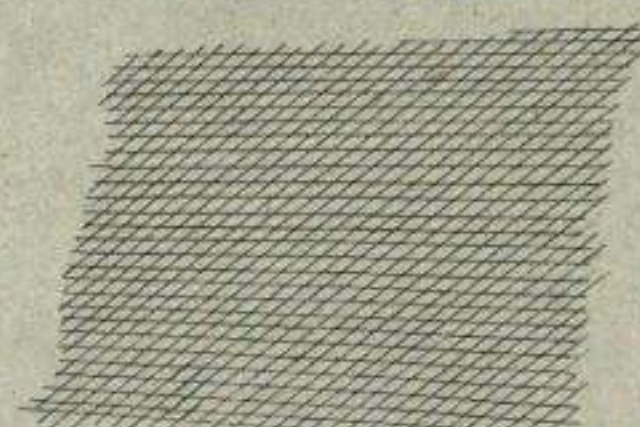
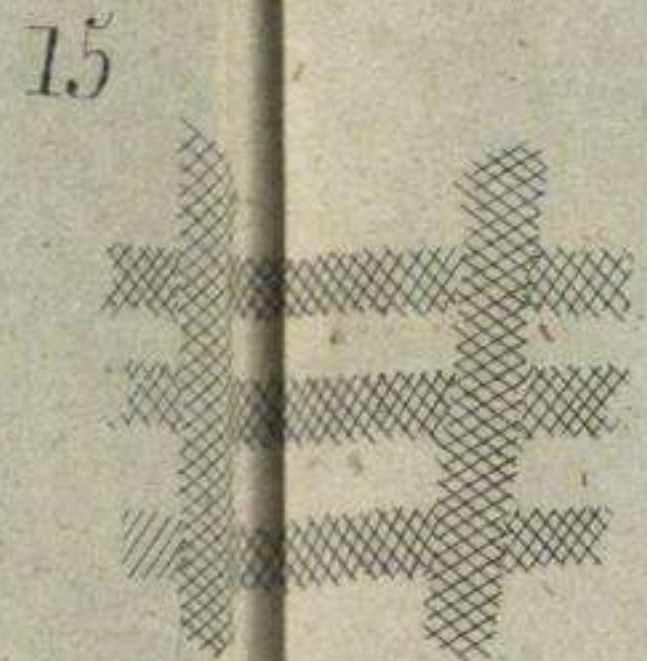
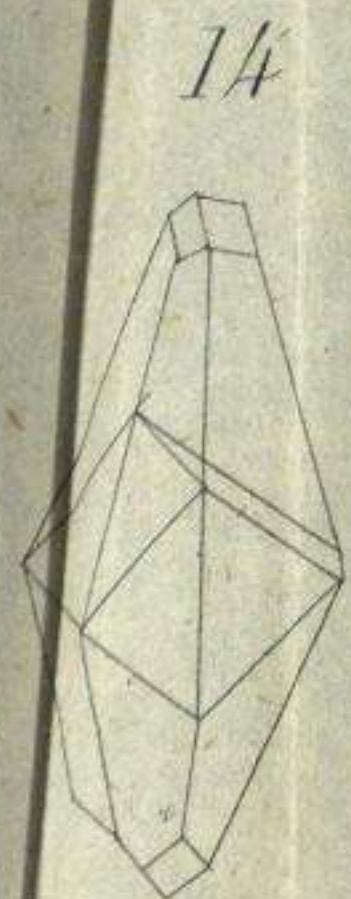
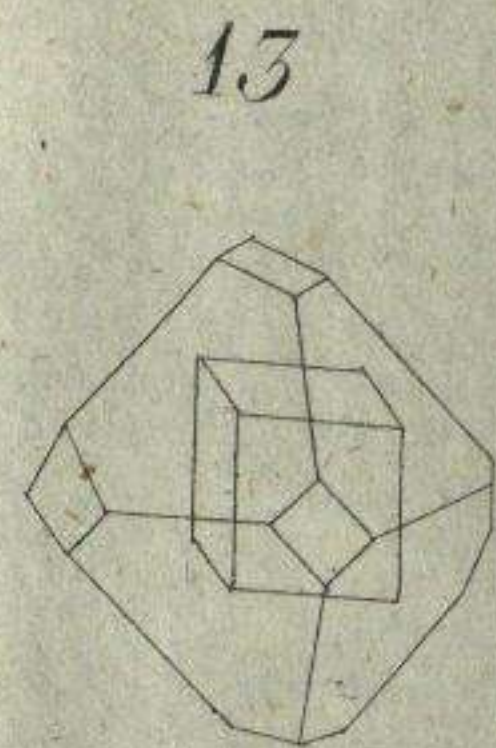
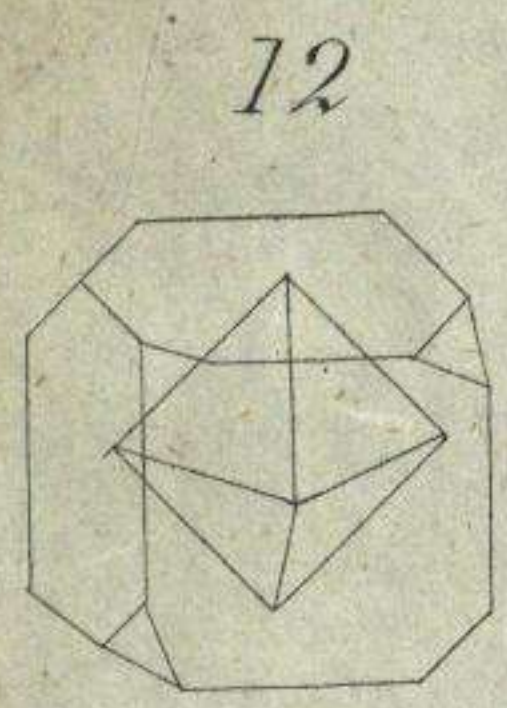
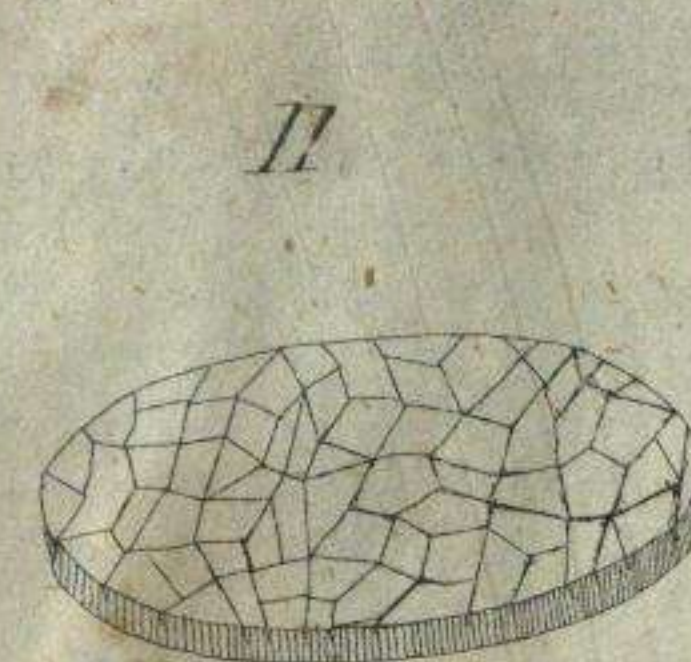
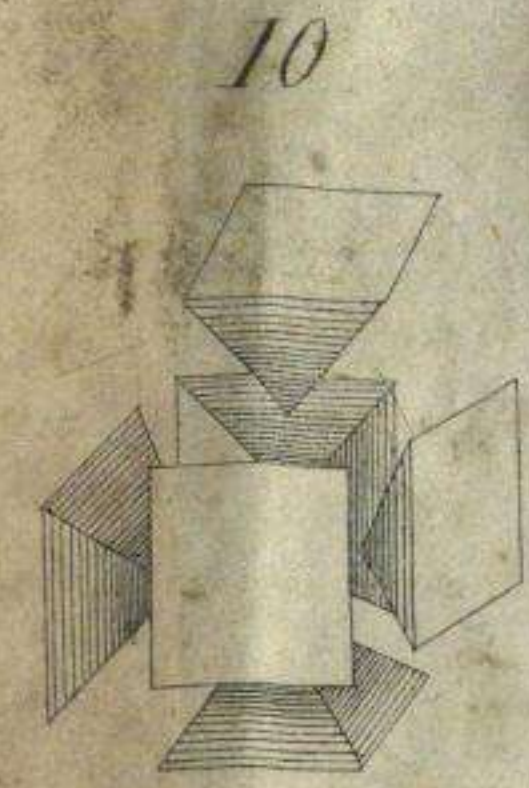
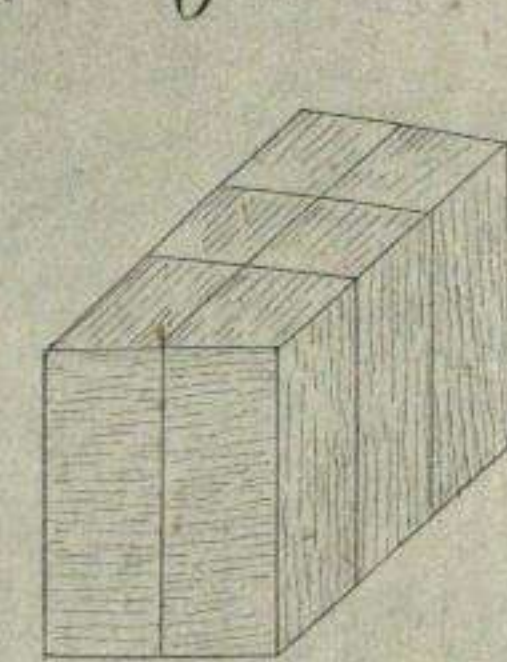
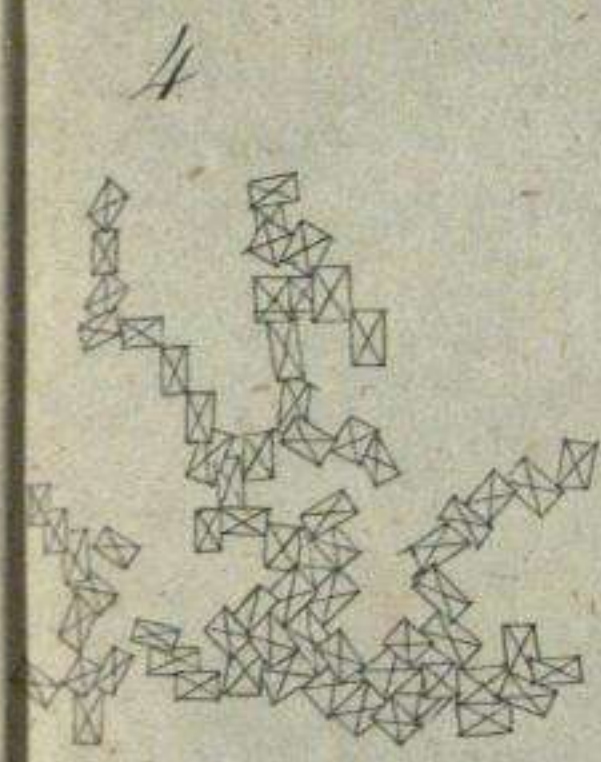
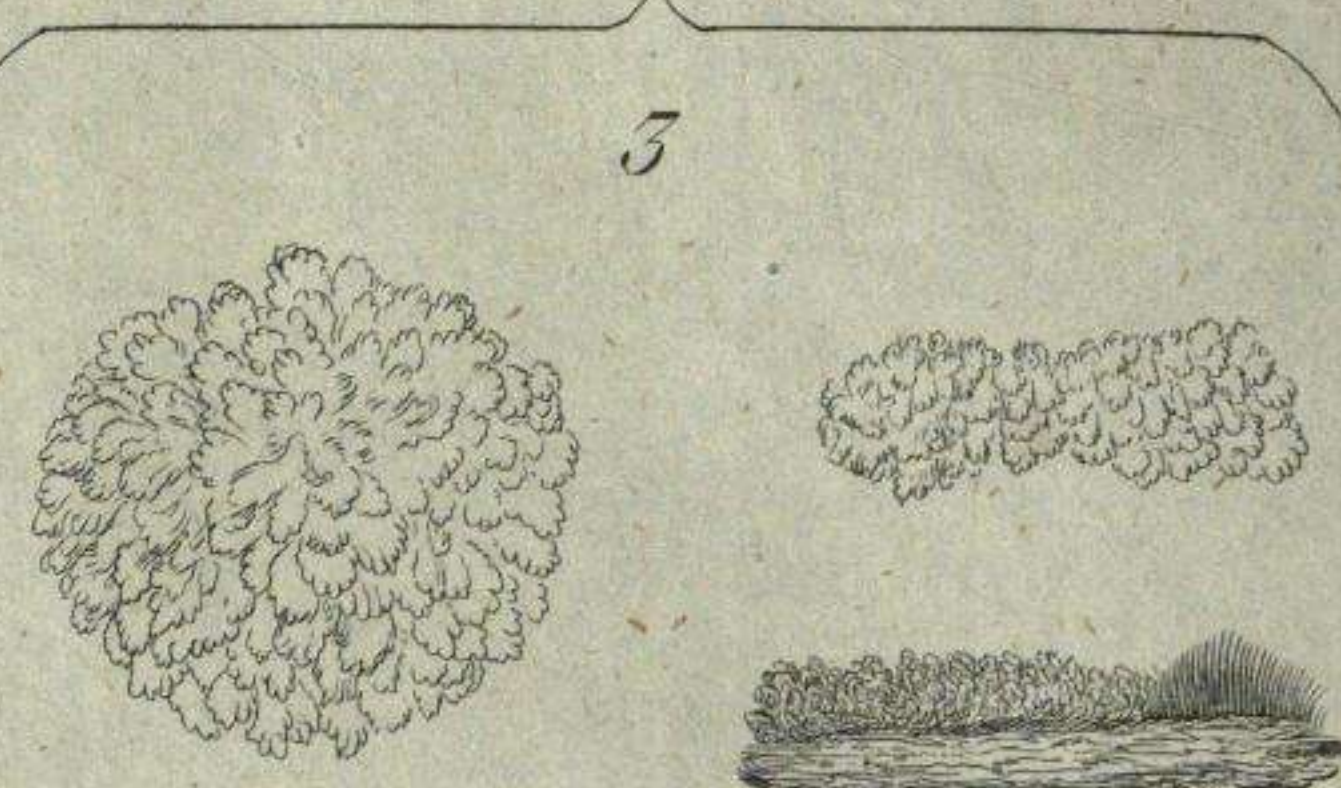
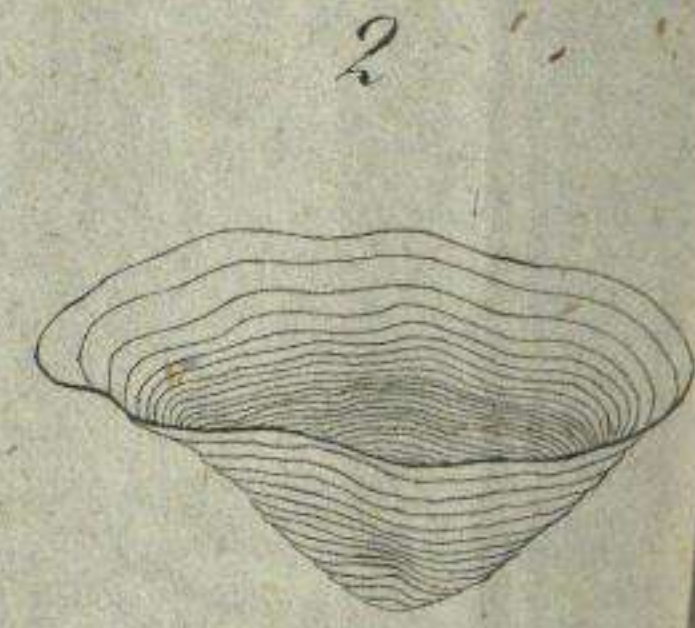
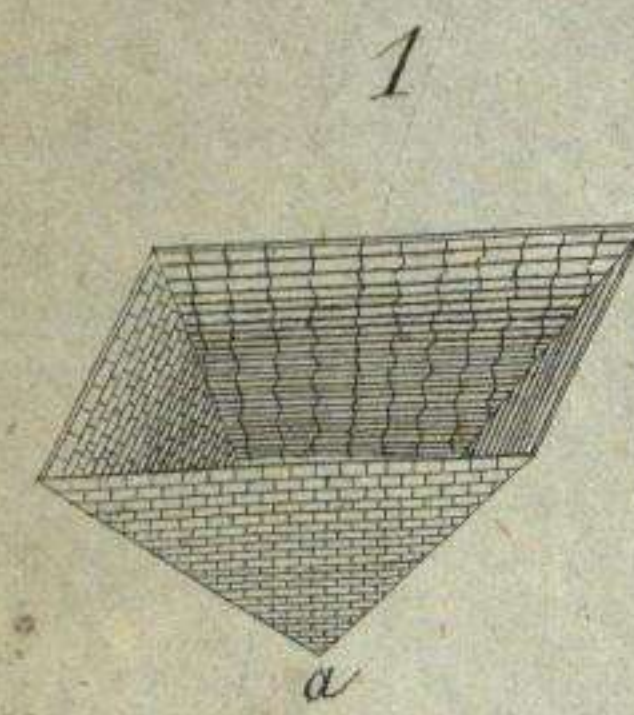








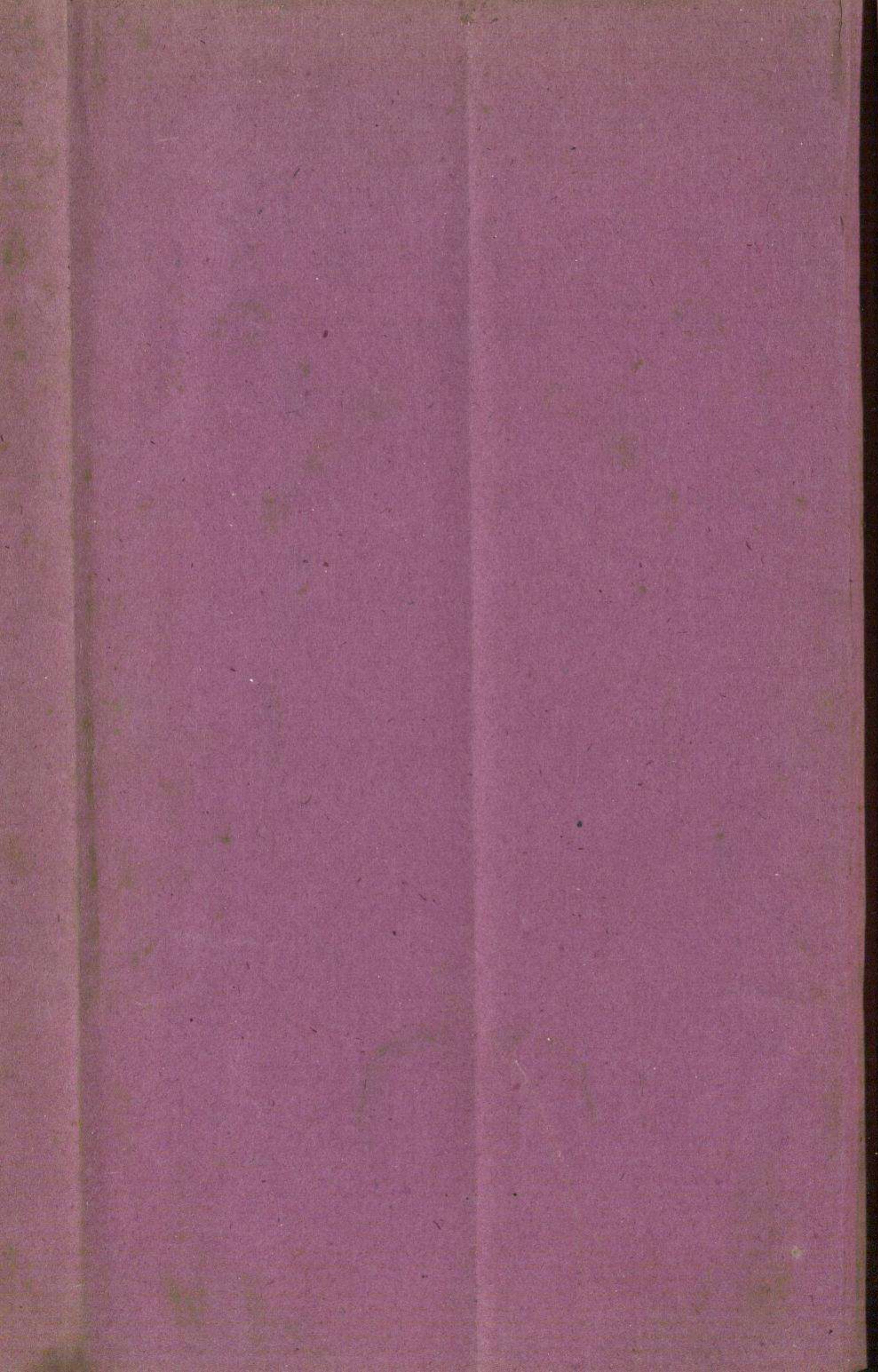






















MINERALOGIA

QUÍMICA

Y GEOLOGIA

09515