BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Domeyko, Ignacio

Tratado de ensayes, tanto por la via seca como por la via humeda, dé toda clase de minerales y pastas de cobre, plombo, plata, oro, mercurio etc., con descripcion de los caracteres, de los principales minerales y productos de las artes en America, y en particular en Chile

Valparaiso 1858

4 Metall. 18 s
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10228135-6

10220103

Metall. 18 5 4°

Domeyko

TRATADO DE ENSAYES,

TANTO POR LA VIA SECA

COMO

POR LA VIA HUMEDA,

DE

TODA CLASE DE MINERALES
Y PASTAS DE COBRE, PLOMO, PLATA, ORO,
MERCURIO, ETC.; CON DESCRIPCION DE LOS CARACTERES
DE LOS PRINCIPALES MINERALES Y PRODUCTOS DE
LAS ARTES EN AMERICA, Y EN
PARTICULAR EN CHILE;

por

Ignacio Domeyko,

MIEMBRO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE: PROFESOR DE QUIMICA.

(Segunda edicion, aumentada y correjida.)

VALPARAISO:
IMPRENTA DEL DIARIO, CALLE DEL CABO, NUM. 29½.

1858.

357 G9

BIBLIOTECA
ROMA
INNOCENZIANA

"Ko" 68
23

TRATADO DE ENSAYES,

TANTO POR

LA VIA SECA COMO POR LA VIA HUMEDA,

DE

TODA CLASE DE MINERALES Y
PASTAS DE COBRE, PLOMO, PLATA, ORO,
MERCURIO, ETC.; CON DESCRIPCION DE LOS CARACTERES
DE LOS PRINCIPALES MINERALES Y PRODUCTOS DE
LAS ARTES EN AMERICA, Y EN
PARTICULAR EN CHILE;

por

IGNACIO DOMEYKO,

MIEMBRO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE: PROFESOR DE QUÍMICA.

(Segunda edicion, aumentada y correjida.)

VALPARAISO.

IMPRENTA DEL DIARIO, CALLE DEL CABO, NUM. 29½.

1858.

Ko 68/23

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTECA
REGIA
MONACENSIS

PROLOGO.

Esta obra, que he escrito y publicado por encargo del Sr. Ministro de Instruccion Pública, está destinada para el uso de los que quieren destinarse al conocimiento práctico de los minerales y al arte de ensayarlos. Es claro que, debiendo variar los métodos de ensayar segun la naturaleza y la composicion de las materias que se quiere ensayar, el estudio de los caracteres de estas últimas debe ser inseparable del estudio de dichos métodos. Por esta razon he creido necesario comprender en el *Tratado de ensayes*, una descripcion mineralójica y tecnolójica de las principales materias metálicas, ya sea minerales, sea artificiales, que tienen alguna importancia en el comercio y la industria.

En vista de esto, he dividido en dos secciones principales cada capítulo destinado a cada metal: en la primera se halla la descripcion, 1.° de las *especies minerales o mineralójicas* del metal; 2.° de los *minerales o metales*, que no son otra cosa mas que unas mezclas de las anteriores, consideradas en el estado en que se emplean para el beneficio; 3.° de los productos de las artes: en la segunda, se trata solo de los modos de ensayar tanto por la via seca como por la via húmeda. Aquella seccion comprende la mineralojia de los metales útiles; ésta el verdadero arte de ensayar.

En toda mi obra he adoptado y seguido el plan del *Tratado de ensayes por la via seca, de Berthier*, obra maestra que debe hallarse en las manos de todos los metalurjistas y directores de injénios, como la única en su especie, que une a la mayor claridad y concision, la precision mas prolija: *lo positivo* libre de todas suposiciones teóricas.

De esta obra he hecho un extracto o traduccion de todo lo que es relativo a los modos de ensayar; y solo en la parte mineralójica he creido útil y necesario inlroducir algunas modificaciones, para adaptar este libro al uso de los americanos

y en particular de los chilenos, dándoles a conocer de un modo mas particular los minerales y productos de la artes de Chile y de las repúblicas hermanas, que los del antiguo continente; y agregando algunos nuevos descubrimientos y observaciones relativas a los métodos que mas comunmente se practican en el nuevo continente.

En la parte mineralójica, acompañada con algunas observaciones jeolójicas sobre el *lecho* de los minerales, he comprendido los resultados de mis propias observaciones hechas por el espacio de cinco años en este pais; y todas las analísis que se citan sin llevar el nombre del autor, han sido hechas por mi o bajo mi direccion por mis alumnos: lo mismo se entiende con respecto a los numerosos ensayos que se hallan en este libro.

Léjos estoi de considerar este gran número de mis analísis como cosa de absoluta exactitud, y cuyos resultados no pueden sufrir modificaciones y correcciones de suma importancia de parte de los químicos: ántes bien me daria por mui satisfecho, si la mayor parte de estas analísis pudiese servirles como indicaciones útiles o *analísis calitativas*, y les diere ocasion para hacer descubrimientos. He citado estas analísis no por darles preferencia sobre las análisis hechas por los químicos distinguidos de nuestra época, sino porque mui pocos minerales y productos de artes de América y sobre todo de la República de Chile, habian sido analizados ántes de la publicacion de esta obra.

La mayor parte de las observaciones que se aplican a las pastas de plata y de oro, han sido extraidas de la obra de Chaudet *El arte del ensayador*, obra adoptada en Francia por todos los ensayadores; y me he atrevido a agregar en la parte *no interlineada* del texto, algunas observaciones comprobadas por mi propia práctica.

He copiado algunas descripciones de minerales de la Mineralojía de don Andrés del Rio, profesor de mineralojía en el colejio real de minería en Méjico, cuya obra, en realidad, es el Tratado mas completo de todos los que conozco, en cuanto a la descripcion de los caracteres mas importantes de las sustancias minerales.

En cuanto al órden en que he colocado los metales, y a la estension que he procurado dar a cada capítulo, he tomado en

consideracion particularmente el grado de importancia que cada uno de estos metales tiene en Chile, tanto para su industria en jeneral, como para sus principales ramos de minería. Por esto he colocado en primer lugar el cobre, en seguida la plata, el oro, el mercurio y despues el hierro y los demas metales.

En fin, al publicar esta obra en que se halla comprendida una parte de mi curso en el colejio de Coquimbo, mi ánimo es de tributar mi reconocimiento, y dar pruebas de amor al pais en que he encontrado descanso y consuelo, en el tiempo de las mayores desgracias de mi querida patria.

Serena, enero 25 de 1844.

Ignacio Domeyko.

ADVERTENCIA RELATIVA A ESTA SEGUNDA EDICION.

Catorce años han corrido desde la publicacion de la primera edicion de este libro, y este tiempo, empleado en la enseñanza pública y estudio de los productos minerales de Sur América, me ha dado a conocer varias especies nuevas, cuya descripcion he creido útil agregar a esta nueva edicion. Inventáronse tambien desde la misma época diversos métodos nuevos, particularmente algunos para ensayes de los minerales y productos metalúrjicos de cobre, cuyo conocimiento es ahora indispensable para los ensayadores. En fin, he visto que en un libro, destinado para servir de texto a la enseñanza y para el uso de los mineros, hacia falta la indicacion de las propiedades mas esênciales de cada metal, particularmente de aquellas que un ensayador o injeniero de minas debe conocer, a pesar de que las mas veces estas propiedades no se hallan en los textos de química jeneral y costaria trabajo buscarlas en las obras especiales de metalurjia. Esta falta que se hacia notar en mi libro he tratado de correjir en esta nueva edicion y al propio tiempo he creido útil introducir en ella los cambios y adiciones siguientes:

En el capítulo que trata de combustibles he añadido nuevos datos sobre la naturaleza del carbon fósil de Chile, y consideraciones especiales, relativas al uso de los ensayes por el

litarjirio y a la eleccion de las diversas especies de combustibles en las operaciones industriales.

Al capítulo de cobre se ha dado mayor estension en lo relativo a los ensayes de las materias arsenicales y antimoniales por la via húmeda, y se han agregado: 1.° el método de Pelouze por el sulf-hidrato de soza, 2.° método de Parkes por el cianuro, 3 métodos colorimétricos.

En la parte que trata de la plata he agregado, *en primer lugar*, un resumen de las propiedades de plata que se aprovechan tanto en las fundiciones como en las amalgamaciones y ensayes de los minerales y productos metalúrjicos de este metal; *en segundo lugar*, una nueva clasificacion de los minerales de plata que comprende las especies nuevamente descubiertas y la cual me ha parecido mas aplicable a la metalurjia de la plata; en tercer lugar, he variado algunas nociones relativas a los ensayes de algunas materias cobrizas, etc.

En cuanto a los demas capítulos, pocas variaciones he introducido; solamente he añadido un método para los ensayes de los minerales de níquel (paj. 449), y un corto artículo sobre la platina.

No desconozco que, al tratar de cada uno de los metales, habria sido útil añadir los ensayes que se hacen por los métodos de Platner mediante el soplete. Pero los ensayes *cantitativos* al soplete forman un estudio especial, descrito con suma prolijidad en la obra de Platner (*Arte de ensayar al soplete*) de la cual habria sido temerario hacer extractos, pues todo en ella es igualmente útil y necesario, todo de igual importancia De manera que, en lugar de estender demasiadamente esta nueva edicion de mi Tratado, intercalando y diseminando en él lo que con tanto método y minuciosidad se halla reunido en la mencionada obra, prefiero recomendarla a los injenieros y ensayadores como única en su especie y cuyas traducciones se han publicado en los mas idiomas modernos.

Deseo que esta nueva edicion, cuya publicacion, como la de la primera, se ha hecho bajo los auspicios del Gobierno, sea mas útil y de uso mas cómodo que la que he publicado en los primeros años de mi residencia en Chile.

Santiago, mayo 3 de 1858.

J. D.

TRATADO

DE LOS ENSAYES POR LA VIA SECA Y POR LA VIA HUMEDA, DE TODA CLASE DE MINERALES Y PASTAS DE COBRE, PLOMO, PLATA, ORO, MERCURIO, ETC.

NOCIONES PRELIMINARES.

Ensayar una sustancia, es determinar la proporcion en que se halla algun metal útil en ella; *analizarla*, significa determinar no solo todos los elementos constitutivos que entran en su composicion, sino tambien la naturaleza de ellos y las proporciones en que están combinados. Así, ensayar un mineral de cobre, es averiguar cuanto por ciento o cuantos quintales de cobre por cajon tiene, y es lo que se llama *determinar la lei del mineral*; mientras que en una análisis del mismo mineral, se hace ver si en este mineral hai azufre, oxíjeno, arsénico, etc., en qué proporcion se hallan *mezclados* o *combinados* sus elementos, y en particular, en qué estado de combinacion se halla entre ellos el cobre, si está al estado de súlfuro, de sulfato, de óxido, de silicato, etc.

Se llama *ensayar por la via seca*, determinar la lei de un mineral o indagar algunas de sus propiedades por medio del fuego y de algunos *flujos* o *fundientes* que unas veces sirven para facilitar la fundicion, otras veces para *reducir* el mineral o cambiar el estado de su combinacion. Ensayar por la via húmeda, es someter un mineral a la accion de los ácidos o de algunos reactivos líquidos.

Antes de esponer los métodos de ensayar cada especie de pastas y minerales, tenemos que describir:

1.° Las principales operaciones que se usan en los ensayes por la via seca:

2.° Los hornos que se emplean:

3.° Los reactivos o flujos:

4.° Los combustibles y modos de ensayarlos.

CAPITULO I.

OPERACIONES QUE SE USAN EN LOS ENSAYES POR LA VIA SECA.

Hemos de distinguir dos clases de *operaciones*, que son: 1.° *mecánicas:* 2.° *químicas*.

§ 1.° OPERACIONES MECANICAS.

Estas operaciones consisten: 1.° en *quebrantar*, 2.° en *entresacar* (chancar) o separar unas de otras las partes de diferente naturaleza, 3.° en moler y cernir, 4.° en lavar, cuando se trata de separar las partes metálicas de las que constituyen el *criadero*.

Dos especies de ensayes se usan en la metalurjia: las mas veces se trata de saber la lei del *comun* del mineral; otras veces se quiere solo conocer la lei de la parte mas pura del mineral, es decir de aquella parte metálica que constituye su verdadero mérito y utilidad.

Modo de tomar el comun del mineral.

¿De qué modo se toma el comun del mineral?—Cuando se trata de saber la lei del comun de los minerales al estado en que se sacan de las minas, importa mucho saber tomar con la mayor prolijidad posible lo que se llama el *comun del mineral*, porque de esta operacion pende en gran parte la exactitud de los resultados. Para esto, no es suficiente tomar a ciegas unos tres o cuatro pedazos de una pila de mineral; sino que se deben examinar bien las variedades principales que se hallan en ella, la clase de mineral que predomina, las partes mas pobres y las mas ricas; y se escojen diversas muestras de todo para formar una mezcla que represente el *comun* del mineral. Las mas

veces, sobre todo cuando el mineral es mui heterojéneo, el único modo de hacer bien esta mezcla, consiste en tomar, sin escojer, pedazos de cada *carga*, o mejor decir, de cada *capacho* (de cada dos quintales) al momento de descargar los minerales. Cuando el mineral se halla amontonado en una pila grande, se corta la pila por unos dos tajos verticales que pasen por el centro, y se ponen a un lado todas las *colpas* que provienen de dichos tajos: despues se quebrantan estas colpas en pedazos pequeños, y se hace de ellos otro monton, el cual se revuelve con mucho cuidado; despues se corta otra vez en cruz, y se toma todo lo que se halla en una de las cuatro partes del monton.—Habiendo obtenido de este modo, o por uno de los métodos anteriores, la mezcla que debe representar el comun del mineral, se reducen primero todos los pedazos por medio de un combo o martillo a polvo de grano grueso, y despues todo se muele en un almirez de hierro o de bronce. El polvo que resulta de esto, se cierne; la parte que queda en el cedazo, se vuelve a echar en el almirez, y se muele; despues se cierne otra vez; y se repiten las mismas operaciones hasta que todo pase por el tamiz. Importa mucho juntar con el comun las últimas partículas que quedan en el almirez, por ser las mas duras o maleables; porque esta parte del mineral es casi siempre la mas pobre o la mas rica de todo el mineral.—Los tamices que se usan para esto, son de tela de diversa finura, y son de clin, de seda o de alambre.

En la venta de los minerales de cobre o de plata en Inglaterra, todo el cargamento se muele y se reduce a polvo, el cual se mezcla, se revuelve con mucha prolijidad, antes de tomar de él una muestra.

El lavado.—Cuando en vez de ensayar el *comun* del mineral, se trata de saber la lei de la parte mas pura que contiene, en este caso, el polvo ya molido y cernido se somete todavia a otra operacion que consiste en separar la parte mas pesada de la mas liviana por medio del *lavado*. Esto se puede efectuar de dos modos:—el primero consiste en deslamar o desleir el polvo en agua, y decantar el líquido, antes que se depongan las partes mas ténues. De este modo se pueden separar varios *tofos o arcillas*, y se concentra en los residuos la parte mas densa que por lo comun es la mas rica del mineral: del mismo

modo se separan tambien los granos mui finos de los que son mas gruesos, y que a veces constituyen especies de diversa naturaleza. El segundo modo de lavar, consiste en someter el polvo a la accion de una corriente de agua por la que se separan unas de otras las sustancias de diferente *densidad*. Se hace uso para esta operacion de una tabla de madera como de media vara de largo y un poco ahondada en forma de una concha oblonga; y se pone en la parte superior de ella el polvo que se quiere lavar. Sobre este polvo se deja caer un chorrito de agua por un tubo que viene de un depósito de agua, y se puede abrir o estrechar, como se quiera, por medio de una llave. Se principia por desleir el polvo, y se revuelve con los dedos, mientras el agua pase turbia; despues se estiende el residuo en la parte superior de la tabla, de manera que ocupe como la cuarta parte de su largo. El agua ha de caer un poco arriba de lo que se lava; y entonces, sujetando bien la extremidad superior de la tabla con la mano izquierda, se le imprimen con la derecha repetidos sacudimientos en direccion del eje lonjitudinal. A cada sacudimiento, todas las partículas se suspenden por un instante en el agua; pero luego vuelven a caer a diversas distancias segun su densidad: las mas pesadas forman arriba una *liz;* las mas livianas pasan por abajo, y la parte intermedia consta de zonas de diversa riqueza y densidad. Despues de esto se hace oscilar la tabla sobre su eje de modo que éste quede inmóvil; y al mismo tiempo se lo inclina un poco a fin de hacer bajar las partes livianas que todavia quedan en la superficie. Cuando ya la mayor parte de partículas livianas se hallan reunidas en lo mas inferior, se les hace caer con el dedo en un vaso colocado debajo de la tabla; y se vuelve a pasar lo restante hacia arriba, para repetir la misma operacion hasta que se purifique del todo el mineral. Agregaremos que para este modo de lavar, no se necesita que el polvo sea mui fino; antes por el contrario un polvo grueso se lava mejor, sin que se pierda la parte mas rica del mineral.

En lugar de aquella tablita que se emplea en los laboratorios y en algunas minas de Europa, hacen uso los mineros americanos de lo que llaman *achua*, *poruña*, *batea*, cuyo uso cómodo y sencillo se aprende solo por la práctica.

§ 2.° OPERACIONES QUIMICAS.

Las operaciones químicas que se verifican comunmente en los ensayes por la via seca, son: la *calcinacion*, la *reduccion* y la *fundicion*.

CALCINACION.

Importa mucho distinguir la calcinacion que se hace con el contacto del aire, de la que se efectua en vasos cerrados sin ese contacto. Esta tiene por objeto hacer salir del mineral todas las sustancias volátiles que se puedan separar por el fuego, como son el agua, el ácido carbónico y en varios casos el azufre, el arsénico, el antimonio, etc., mientras que el primer modo de calcinar sirve para combinar algunos elementos constitutivos con el oxíjeno del aire.

Calcinacion con el contacto del aire.—Este modo de calcinar se llama tambien *tostar* (griller).

De este modo se calcinan los metales y sus protóxidos, para hacerlos pasar al mayor grado de oxidacion.

Se calcinan los súlfuros, los arseniuros, los arsenio-súlfuros, etc., para separar a lo menos en parte el azufre, el arsénico, el antimonio etc.

A veces, se calcinan los cloruros para trasformarlos en óxidos.

Operacion de calcinar.

Para calcinar un mineral, se lo reduce a un polvo mui fino, y se pone en una tacita chata de arcilla, colocándola en un hornillo ordinario de calcinacion o en un hornillo de copela. Este último método es mejor y mas cómodo, porque el aire que entra en la nufla, es puro, sin vapor de combustible, y por consiguiente capaz de oxidar mas pronto los elementos, y porque en la mufla es mas fácil graduar la temperatura, acercando la taza al bordo de la mufla o poniéndola mas adentro.

No siendo posible efectuar completamente la calcinacion de un mineral, si no se ponen sucesivamente todas sus partículas en contacto con el aire, y como tambien la fundicion del polvo impediria este contacto, es menester revolver continuamente el polvo con un alambre de hierro al principio de la operacion, y templar la temperatura. Los mas minerales que necesitan calcinacion para separar el azufre, el arsénico, o el selénio, son

mui fusibles; pero a medida que avanza la calcinacion, se hacen mas difíciles de fundir: por consiguiente, es preciso principiar la calcinacion a la temperatura mas baja posible, y no elevarla sino cuando dejen de desarrollarse los vapores. En algunos casos, para evitar que desde luego se funda el mineral, es bueno añadir desde el principio un poco de carbon y arena y mezclarlos bien con la sustancia. Cuando la operacion llega al punto de que no se exhale ningun vapor de la materia calcinada, es bueno y en algunos casos absolutamente necesario añadir un poco de carbon molido, tapar el crisol o la tacita en que se hace la calcinacion, y aumentar mucho el fuego. Poco rato despues se destapa el vaso, y se vuelve a calcinar el residuo como antes, repitiendo la misma operacion hasta que no se exhale nada del mineral. De este modo se deben calcinar los arseniuros y arsenio-súlfuros; porque en su oxidacion se desarrolla una gran cantidad de ácido arsenioso, y se forman arsénitos; y como estos últimos no se descomponen por el calor, se necesita añadir carbon, para que el arseniato se trasustancie en arseniuro. Luego que se agrega el combustible, una nueva cantidad de ácido arsenioso se exhala, y por consiguiente, a cada nueva porcion de carbon que se añade, se separa una nueva cantidad de arsénico que se volatiliza, sea al estado de ácido arsenioso, sea al estado puro. La práctica demuestra que al fin queda en el residuo una cierta porcion de arsénico que ya no se puede separar por medio de la calcinacion.

Calcinacion de los súlfuros.

Calcinando los súlfuros, se desarrolla ácido sulfuroso, y se forma un sulfato; y como todos los sulfatos, excepto el sulfato de plomo, se descomponen por el calor albo, y casi todos obran en los súlfuros orijinando óxidos y ácido sulfuroso, la calcinacion puede efectuarse completamente sin añadir carbon; solo se necesita elevar de cuando en cuando la temperatura para descomponer los sulfatos, y esto se efectua tapando el vaso en que se calcina el mineral y adaptando al hornillo el tubo de aspiracion, o bien, poniendo la taza mas adentro de la mufla si la calcinacion se hace en un horno de copela. Cuando se calcina el súlfuro de plomo, no se debe añadir carbon, porque se formaria un sub-súlfuro mui fusible que se pegaria al vaso: no se debe tampoco elevar la temperatura, porque el óxido de plomo es fusible, y por esto no se puede separar el azufre de

la galena por la calcinacion. Hai súlfuros, como el de antimonio, que se deben calcinar a una temperatura baja, desde el principio hasta el fin de la operacion, y otros como el súlfuro de zinc (la blenda) que se pueden calcinar a una temperatura mui elevada.

No se necesita una arcilla mui refractaria para hacer los vasos que se emplean en la calcinacion de los minerales, porque estos vasos, tazas o crisoles no se someten nunca a un calor mui intenso; pero no deben rajarse por las variaciones de temperatura, y en el interior deben ser mui lisos a fin de que se pueda quitar el residuo. Muchas veces, cuando se quiere evitar la pérdida del mineral calcinado que se pegaria, aunque en pequeña cantidad, al foudo de la taza, es preciso calcinar el mineral en el crisol mismo en que se le ha de fundir. En este caso se debe inclinar un poco el crisol mientras dura la calcinacion, para que el aire entre y se renueve mas facilmente en el interior del crisol. Cuando se hace uso de una cápsula de porcelana, es preciso calentarla y enfriarla mui lentamente porque la porcelana se quiebra por las variaciones repentinas de temperatura.

REDUCCION.

Esta operacion tiene por objeto quitar el oxíjeno a un óxido o a un compuesto oxijenado: para esto, se calienta el cuerpo que se quiere reducir con el carbon, a una temperatura mas o menos elevada. La operacion se efectua, 1.° sea mezclando intimamente el mineral con el carbon molido, 2.° sea por via de *cementacion*. Siguiendo el primer método, se necesita añadir un exceso de carbon, y este exceso las mas veces impide la fundicion; mientras que por el segundo método evitamos este inconveniente.

Cuando se pone un óxido metálico molido o en pedazos en medio del carbon en un crisol, y se lo calienta, la cementacion se verifica gradualmente desde la circunferencia de la masa del óxido hacia el centro, de un modo análogo a la cementacion del hierro en barra, cuando se lo calienta en medio de carbon para transustanciarlo en acero. El tiempo que se necesita para esto, depende de la naturaleza del óxido, de su cantidad y del grado de elevacion de la temperatura: así la

cementacion es tanto mas larga cuanto mayor sea la afinidad del metal con el oxíjeno, y cuanto mas se eleve la temperatura. En jeneral, esta operacion se efectua mas pronto, cuando el metal se funde, que en el caso de la cementacion del mismo metal sin fundirlo.

FUNDICION.

Objeto de la operacion. Se intenta de fundir un mineral en un ensaye,

1.° Para determinar poco mas o ménos su grado de fusibilidad.

2.° Para saber qué aspecto y qué propiedades adquiere por la fundicion; si pierde y cuánto pierde de su peso a este grado de temperatura.

3.° En fin, se funde un mineral o cualquiera sustancia heterojénea, sea para estraer un metal o una aleacion, sea para separar las sustancias metálicas de los compuestos pedregosos. En este último caso la operacion toma el nombre de *fundicion cruda;* mientras que, cuando se estrae el metal, la operacion se llama *reduccion* o *desulfuracion* segun el caso en que, para obtener este metal o alguna aleacion se necesita quitar a sus compuestos el oxíjeno o el azufre.

La fundicion se opera en unos vasos que se llaman *crisoles*, y se hacen de arcilla pura o de arcilla mezclada con carbon, arena o cuarzo molido.

Las arcillas constan esencialmente de sílice, alumina y agua; pero se hallan tambien mezcladas con gran número de otras sustancias. Las que son puras, son blancas, opacas, de grano mui fino, untuosas al tacto de una contextura térrea, su peso específico es como de 2, 5. Tienen la propiedad de hincharse y desleirse en el agua, formando unas pastas dúctiles, mas o menos firmes, ligosas, capaces de tomar cualquiera forma que se les dé. Puestas en contacto con aire seco, abandonan poco a poco el agua que habian absorvido, no retienen sino cierta proporcion fija de ella con la cual se hallan combinadas químicamente: al mismo tiempo se contraen considerablemente, y se parten en todos sentidos, si la desecacion no se efectua con la mayor lentitud posible. Calcinadas con un calor graduado, pierden diversas porciones de su agua de combinacion, y tanto

mas se contraen cuanto mayor es la temperatura; en fin al calor rojo abandonan la mayor parte de su agua de combinacion, y la pierden enteramente al calor albo.

Las arcillas puras son refractarias, resisten al mayor fuego de los hornos sin derretirse; pero se ablandan, y a veces toman un poco de lustre en la superficie y en la fractura. Las arcillas húmedas o solo desecadas se atacan en parte por los ácidos muriático y nítrico, y se descomponen casi enteramente por el ácido sulfúrico concentrado a la temperatura de la ebulicion: calcinadas al apuntar el calor rojo, no dejan de ser atacables por estos ácidos; pero una vez sometidas al calor albo, no se corroen por ninguno. Todas se atacan mui bien por los álcalis causticos y los carbonatos alcalinos por la via seca.

Composicion.

Las sustancias que se hallan mezcladas con varias especies de arcilla en la naturaleza, son: el betun, la grafita, el cuarzo, el óxido de hierro, el hidrato de hierro, los óxidos de manganesa, el carbonato de cal, la pirita, el hidrosilicato de magnesia, el hidrato de alumina, el silicato de hierro etc.—El betun dá a la arcilla un color pardo que se vuelve negro por la calcinacion en vasos cerrados, pero desaparece cuado se lo calcina con contacto del aire: algunas contienen tanto betun que se parecen a los combustibles. Las que tienen mucha grafita, se llaman *plombaginas*, y son mui buenas para crisoles.—Hai casi siempre en todas las arcillas arena cuarzosa de grano mui fino, áspero al tacto; y esta arena se puede casi enteramente separar por un lavado hecho con prolijidad. Se hallan tambien mui a menudo en las arcillas, óxidos de hierro y de manganesa; y la presencia de estos óxidos es mui perjudicial, cuando se quiere hacer uso de una arcilla para hacer crisoles o ladrillos refractarios; porque estos óxidos, formando unos silicatos dobles con alumina, mui fusibles, facilitan la fundicion de la mejor arcilla pura. Lo mismo sucede con la pirita: solo ésta se puede separar en parte por medio del lavado.

Las arcillas mezcladas con carbonato de cal, se llaman *margas*, y se reconocen por la efervescencia que producen con los ácidos. Estas arcillas no se pueden emplear en la fabricacion de crisoles o de ladrillos refractarios, porque forman siempre unos silicatos dobles de cal y de alumina, que son mas o menos fusibles; pero las margas son mui buenas para fabricar

loza. La magnesita o silicato de magnesia se parece mucho a las arcillas blancas puras: se deslie facilmente en el agua, y forma con ella una pasta viscosa pero de poca tenacidad. Las arcillas que se hallan mezcladas con esta sustancia, no son refractarias, porque con un calor activo se forman silicatos dobles de magnesia y de alumina, que son fusibles. Por la misma razon no sirven para la fabricacion de crisoles ni de ladrillos refractarios las arcillas que contienen algun silicato de protóxido de hierro, cuya presencia se reconoce por el color gris verdoso que tienen estas arcillas, y que se cambia en color amarillo rojizo, cuando se calcinan con el contacto del aire.

Modo de conocer una buena arcilla.

Resulta de todo esto que, para reconocer si una arcilla es buena para crisoles, ladrillos o planos de hornos, examinaremos:

1.° Su color, que si es amarillo rojizo o rojo, desconfiaremos desde luego de su calidad;

2.° Si es blanca verdosa, gris o negruzca, tostaremos un poco de ella al calor rojo para ver si varia de color y si toma un viso rojizo;

3.° Echaremos sobre ella un poco de ácido muriático para ver si hace efervescencia, y cuanto de su peso pierde por la accion de este ácido, sin elevar la temperatura;

4.° Amasaremos esta arcilla con una cantidad de agua conveniente, para ver si la masa que forma es bastante ductil, tenaz, ligosa; si es bastante plástica para conservar la forma que se le quiere dar.

5,° Hecho un pequeño crisol de esta masa, ya pura, ya mezclada con algo de cuarzo molido o de la misma arcilla cocida, secaremos este crisol y lo espondremos en seguida al fuego mas vivo de los hornillos de fundicion, para poder observar su grado de resistencia.

6.° En fin, someteremos cierta cantidad de la misma arcilla *cruda* a un lavado prolijo con mucha agua, para examinar la naturaleza de las arenas o sustancias estrañas con que está mezclada.

A esto voi a agregar la composicion de las mejores arcillas que se usan en la fabricacion de los crisoles y ladrillos.

	Hayange. (1)	Stour-bridge. (2)	Hoeganas. (3)	Forges. (4)	Le Montet. (5)
Silice	0,661	0,637	0,569	0,650	0,617
Alumina	0,198	0,207	0,219	0,240	0,247
Magnesia	. . . .	. . . .	0,006	. . . .	. . . .
Oxido de hierro. .	0,063	0,040	0,034	. . . .	0,022
Agua	0,075	0,103	0,174	0,110	0,100
	0,997	0,987	1,002	1,000	0,986

	Vanvres. (6)	Devons-hire. (7)	Hesse. (8)	Andennes. (9)	Chango muerto. (10)
Silice	0,540	0,496	0,465	0,520	0,597
Alumina	0,250	0,374	0,349	0,270	0,296
Cal	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,018
Oxido de hierro. .	0,060	. . . .	0,030	0,020	. . . .
Agua	0,140	0,112	0,152	0,190	0,090
	0,990	0,982	0,995	1,000	1,000

(1) *Arcilla de Hayanges*.—Se usa para hacer ladrillos refractarios.—Es un poco amarilla y mezclada con arena.

(2) *Arcilla de Stourbrigde* (Inglaterra).—De color pardo y mui homojénea.—Sirve para hacer crisoles, que se usan en la fabricacion del vidrio y del acero fundido.—Es mui refractaria.

(3) *Arcilla de Hoeganas* (Suecia).—Proviene de un terreno que tiene carbon de piedra.—Mui refractaria.

(4) *Arcilla de Forges* (Francia).—De color pardo.—Se pone blanca por la calcinacion.

(5) *Arcilla de Le Montet* (Francia).—Sirve para hacer ladrillos mui refractarios.

(6) *Arcilla de Vanvres* (cerca de Paris).—De color pardo; calcinada, se pone colorada.—Sirve para hacer los hornillos de laboratorio.

(7) *Arcilla de Devonshire* (Inglaterra).—Una de las mejores de Inglaterra—de color blanco parduzco—calcinándola se pone blanca.

(8) *Arcilla de Hesse* (Alemania.—Sirve para hacer crisoles mui refractarios, que se llaman crisoles de Hesse; tiene un color rojo pálido por la calcinacion.

(9) *Arcilla de Andennes* (Francia).—Sirve para hacer los mejores crisoles de Paris.

(10) *Arcilla de Chango muerto* (Chile.)—Mezclada con cuarzo molido (pedernal), sirve para hacer crisoles y planes de hornos de reverbero. Es blanca, en algunas partes algo amarillenta, en otras, un poco gris o parduzca—mui refractaria: se parece a la arcilla 5 de le Montet.

Arcilla de Colcura.—Es de color gris amarillento, en partes algo verdoso; no produce el mas pequeño indicio de efervescencia con los ácidos; calcinada con el contacto del aire, se pone mas blanca, algo amarillenta: forma una masa bastante ligosa y tenaz; lavada, deja 15 a 20 p$\frac{0}{0}$ de residuo arenoso de cuarzo con unas pocas hojillas de mica y partículas negras de combustible. Tiene todos los caracteres de arcilla mui buena para crisoles, ladrillos refractarios etc. Esta arcilla empleada actualmente en la fabricacion de los ladrillos refractarios en Lota, consta de

Silice.	51.75
Alumina . . .	29.15
Pro. de hierro	3.40
Cal.	0.75
Sosa	0.85
Agua.	13.75
	99.65.

Por su composicion y sus cualidades se parece mas a la arcilla de Andennes.

De dos especies hai arcillas refractarias en Chile: las unas no son otra cosa mas que rocas felspáticas pertenecientes a los terrenos graníticos o porfiricos, descompuestos en el mismo lugar donde se hallan; las otras son depósitos sedimentarios que segun toda probabilidad vienen de la destruccion de las anteriores. Aquellas, son verdaderas caolinas, se hallan en masas irregulares en medio de granitos o pórfidos y se ven por lo comun mezcladas con granos de cuarzo y hojillas de mica; estas, forman capas bastante regulares en medio de capas de arenisca y pertenecen a los terrenos estratificados modernos. A

la primera categoria pertenece el *tofo* de Chango muerto (10), a la segunda, la arcilla de Lota de que se acaba de dar la composicion química y la cual forma *mantos* en medio de las capas terciarias del terreno liguitífero de Colcura: esta arcilla proviene de la misma localidad de donde se estrae el carbon fósil, de la mina llamada Lota.

Preparacion de la arcilla.

No se emplea aun la mejor arcilla en la fabricacion de crisoles sin purificarla de la arena que contiene. Para esto, primero se separan con la mano las partes mas coloradas, y se escojen las mas limpias. Estas se deslien en el agua para formar una papilla mui líquida, la que se pasa por un tamiz de alambre para separar la parte gruesa de arena y las partículas de arcilla que no se han desleido.—Despues se añade a la papilla mas fina mucha agua, y rovolviendolo todo en unas tinas mui grandes, se decantan las aguas turbias, y se dejan por algun tiempo en un estanque, para que se asiente toda la arcilla pura. Entonces se decantan otra vez las aguas de encima, se recoje el poso que se ha formado, y se lo mezcla con las sustancias que se han de añadir para mejorar la calidad de los crisoles. Esta mezcla se debe hacer del mejor modo posible; y para esto se la revuelve pisándola por mucho tiempo hasta que se forme una pasta mui homojénea. En algunas fábricas suelen dejar esta pasta ya bien revuelta en un lugar húmedo por algunos meses, lo que se llama hacer *podrir la arcilla:* no cabe duda en que de este modo se mejora mucho su calidad.

Fabricacion de los crisoles.

En fin, preparada de este modo la pasta, se pone en unos moldes destinados a darle la forma y el tamaño de los crisoles, los cuales se secan despues mui lentamente y por mucho tiempo, para que disminuyan de volúmen igualmente en todos sentidos sin rajarse. Muchas veces se cuecen a una temperatura moderada para darles el grado de dureza y cohesion conveniente; pero en los laboratorios se emplean comunmente no cocidos.

Los buenos crisoles deben cumplir con las cuatro condiciones siguientes: 1.° Deben resistir a las variaciones repentinas de temperatura sin rajarse: 2.° Deben ser infusibles: 3.° Deben resistir a la accion del litargirio y de varios otros flujos: 4.° Deben ser bastante compactos para que no los atraviesen los líquidos ni las sustancias gaceosas.

Las dos primeras condiciones son las mas importantes. Para que los crisoles resistan a las variaciones de temperatura, se añade a la arcilla pura un *cemento*, es decir, unas sustancias infusibles, que tienen la propiedad de conservar su vólumen a una temperatura elevada: estas sustancias son el cuarzo molido, la arcilla calcinada, unos pedazos de crisoles, la grafita y el cok (o carbon de piedra calcinado). Se reducen estas sustancias a un polvo mas o ménos fino segun el grano que se quiera dar a la pasta. Mientras mas cemento se añada, mejor resistirán los crisoles a las variaciones de temperatura sin rajarse; pero al mismo tiempo se aumenta su porosidad y disminuye su firmeza; de modo que un exceso de cemento hace perder a la pasta su tenacidad.

Los crisoles mas refractarios se hacen con arcilla pura, o la que no tiene mas de tres o cuatro por ciento de óxido de hierro; sobre todo, no debe tener sustancias calcáreas. Sin embargo, los crisoles aun de arcilla pura, no son completamente infusibles, y se ablandan a una temperatura elevada deformándose. Para evitar este inconveniente, se añade a la pasta un poco de cuarzo, de grafita, de cok, o bien de cualquier carbon. La grafita y el cok son mejores para esto que los demas ingredientes, porque no ejercen ninguna accion sobre la arcilla; pero no se deben añadir con mucho exceso, porque quemándose con el fuego, dejarian el crisol mui poroso. El carbon de leña siendo mas combustible que el cok o la grafita, no se debe añadir sino en una proporcion todavia menor.

He aquí la composicion de los mejores crisoles que se encuentran en el comercio.

	Hesse. (1)	Paris. (2)	Inglaterra. (3)
Sílice	0,709	0,646	0,710
Alúmina	0,248	0,344	0,230
Oxido de hierro .	0,038	0,010	0,040
	0,995	1,000	0,980

(1) *Crisoles de Hesse.*—Se hacen con arcilla de Hesse (8), a

la que se añade $\frac{1}{3}$ de su peso de arena pura de cuarzo. Son mui refractarios, y resisten bien a las variaciones de temperatura; pero son porosos, de grano demasiado grueso, y no pueden contener por mucho tiempo el litargirio o las sustancias alcalinas a una temperatura elevada sin fundirse.

(2) *Crisoles de Paris.*—Son tan refractarios como los de Hesse; pero resisten mejor a la accion del litargirio fundido. Se hacen con parte de arcilla de Andenne (9) cruda y 2 partes de la misma arcilla cocida y quebrantada en polvo grueso: para que la superficie sea mui igual, se la cubre con una capa mui delgada de arcilla cruda mui pura.

(3) *Crisoles de Inglaterra.*—Se emplean para hacer el acero de fundicion.

Crisoles de carbon o crisoles de brasca.

Como todas las sustancias oxidadas obran sobre la arcilla de crisoles, y a mas de esto, muchos metales y sus óxidos adhieren fuertemente al crisol, se necesitan en varios casos unos crisoles de carbon, que se hacen con los mismos crisoles de arcilla guarnecidos en su interior con una capa de carbon. Para esto se toma carbon de leña mui puro, se muele y se pasa por un tamiz de seda: despues se humedece el polvo con agua; y se echa en el crisol primeramente una capa de 4 a 5 líneas de espesor de este polvo. Se lo aprieta bien con un majadero de madera, machacando el carbon mas y mas hasta que tome mucha consistencia. Sobre esta capa apretada se pone otra del mismo grueso, y se la aprieta del mismo modo que antes; despues se pone una tercera, y así sucesivamente hasta llenar todo el crisol. Entonces se hace en medio del carbon, con un cuchillo bien afilado, un hueco de la misma forma que el crisol, y es preciso pulimentar la superficie interior con un tubo de vidrio redondo, para que las granallas metálicas que se forman en los ensayes, no pasen en las asperezas y se reunan en una esferilla.

De este modo acomodados los crisoles, se llaman *crisoles de brasca*, y tienen la ventaja de ser mui firmes y mucho mas refractarios que los crisoles sin carbon. A mas de esto las sustancias vítreas que se producen en un ensaye, no pudiendo atravesar la brasca, no ejercen ninguna accion sobre la arcilla del crisol, se recojen puras, y se pueden pesar. No se necesita añadir *reductivo* alguno al flujo, cuando se hace el ensaye en

un crisol de brasca, porque en muchos casos la misma brasca hace reducir el mineral que se ensaya por *via de cementacion.*

Precauciones que se han de tomar en la fundicion.

Se deben emplear los crisoles mas chicos que se pueda, con tal que las sustancias que se funden, no produzcan efervescencia.

Las tapas que sirven para cubrir los crisoles, deben ser de la misma arcilla que los crisoles; y se deja un agujero en el centro de la tapa para dar paso a los vapores y gaces que se desarrollan en el ensaye.

Cuando se hace el ensaye a una temperatura moderada, y las sustancias producen mucha efervescencia, se debe levantar de cuando en cuando la tapa del crisol, y se la quita en caso que la materia llegue hasta el borde. Se tiene entonces el crisol destapado, y se modera la temperatura hasta que el ensaye deje de hervir; despues se vuelve a poner la tapa en el crisol, y se aumenta el fuego.

Si el ensaye se hace a una temperatura mui elevada (p. ex. de 130 ° a 150 ° p.) y en un crisol de brasca, es preciso fijar la tapa en el crisol, por medio de una arcilla tan refractaria como la del crisol, y se la aprieta bien en los bordes con los dedos mojados.

Tambien se debe apretar en el crisol las sustancias que se someten al ensaye, para reducirlas al menor volúmen posible; y se empareja la superficie, dejándola mas bien convexa que cóncava.

Si se colocase el crisol inmediatamente en la reja, la corriente de aire frio que entra por ella enfriaria la parte del crisol que necesita mayor fuego, es decir la parte en que se han de juntar todas las partículas metálicas que se quiere fundir. Por esto los crisoles se ponen siempre sobre unos *apoyos* de arcilla que se colocan en la reja. Estos apoyos deben ser tanto mas altos cuanto mayor es la temperatura en que se hace el ensaye. Tambien se necesita mucho cuidado para colocar los crisoles mui verticalmente, a igual distancia unos de otros, sin que toquen las paredes del horno. Se sujetan con pedazos gruesos del mismo carbon; y despues de llenar con carbon el hornillo, se echan algunas áscuas por encima para prender el fuego.

CAPITULO II.

HORNOS QUE SE EMPLEAN PARA HACER ENSAYES POR LA VIA SECA.

Tenemos que distinguir dos clases de hornos que se usan en los ensayes por la via seca. 1.° Hornos en los que la corriente de aire se establece por aspiracion; y estos son: *hornillos de calcinacion*, *hornillos de reverbero*, *hornos de viento*, *hornos de copelacion*. 2.° Hornos que necesitan fuelles para mantener la combustion, y se llaman *hornos de fuelles o forjas*.

Cuatro partes se distinguen en un horno cualquiera: 1.° *el hogar* o cuba donde se coloca el combustible: 2.° *la reja* o el fondo de la cuba: 3.° *el cenicero*: 4.° *la chimenea*.

§ 1.° HORNILLOS DE CALCINACION.

Estos hornillos son chicos y de poca hondura, porque nunca se usan para producir una temperatura mui elevada. Se hacen cuadrados o redondos; los primeros son mas fáciles de construir, ofrecen mas comodidad para remover y disponer el carbon adentro, y dan lugar para colocar dos o tres crisoles de una vez; pero los segundos producen mas calor con el mismo consumo de combustible. La *cuba* se hace de buenos ladrillos y arcilla refractaria; en los bordes se pone un cuadro de hierro para dar mas solidez al hornillo. La *reja* se compone de barritas de hierro soldadas en cuadro: estas no deben ser gruesas, y deben ponerse distantes unas de otras cuanto se pueda, porque mientras mas se facilite el acceso del aire, mas se eleva la temperatura. El *cenicero* debe tener las mismas dimensiones en superficie que la cuba o el hogar; y la puerta por la que entra el aire, ha de tener el mismo ancho que el cenicero, a fin de facilitar la entrada del aire. La *chimenea* no es fija, y solo se adapta al hornillo, cuando se quiere producir una temperatura elevada. Se compone de un tubo de aspiracion, hecho de una hoja de hierro con un mango de madera; el tubo no tiene mas de 6 a 8 decimentros (1 vara) de alto; y en caso que se necesite una temperatura mas elevada, se pone encima de éste otro mas largo.

Hornillos de evaporacion.

Se usan en un labatorio hornillos de calcinacion de diversas dimensiones y diferente hondura. Los que tienen mui poca hondura, se usan en los ensayes por la via húmeda, como hornillos de evaporacion; y los mas cómodos para estos son unos hornillos portátiles de greda ordinaria, que tienen 6 a 9 pulgadas de diámetro de hondura, con una rejilla movible de greda. De mayor comodidad todavia para el mismo fin, es un *baño de arena*, cuyo fondo y paredes se calientan con la llama de una estufa.

§ 2.° HORNILLOS DE REVERBERO.

Se llaman hornillos de reverbero en un laboratorio, unos hornillos portátiles, redondos, que se pueden cubrir a voluntad con una redoma o reverbero. Estos hornillos pueden servir para calcinar o fundir, pero las mas veces se emplean para *destilar* o *sublimar*. Se componen de tres piezas: 1.° el *hornillo* propiamente dicho, que en nada difiere del hornillo anterior: 2.° el *laboratorio*, que es una pieza cilíndrica, del mismo diámetro que la anterior, y se ajusta sobre ella: 3.° la *redoma* o *reverbero*, pieza del mismo diámetro que el laboratorio, pero hemisférica, y sirve para reflectar el calórico y reconcentrarlo en el interior. Se coloca esta última pieza sobre el *laboratorio*, y éste sobre el *hornillo*. Un agujero redondo, hecho parte en el laboratorio y parte en el reverbero, sirve para dar paso al cuello de la retorta, la que se coloca en dos barras de hierro encima del hornillo. Otro agujero que se halla en el centro del reverbero, se cubre a voluntad con uno o dos tubos de aspiracion; y dando al laboratorio una hondura mas o menos considerable, se puede producir la temperatura que se quiere. Se hacen estos hornillos con arcilla cocida; y para darles mucha firmeza, se rodean con unos arcos o alambres de hierro.

§ 3.° HORNILLOS DE VIENTO.

Estos no se diferencian de los hornillos de calcinacion sino en que tienen una chimenea fija, mui elevada, por la que se determina una aspiracion o corriente de aire mui activa, capaz

de producir mucho mas calor que el que se consigue en los anteriores. El interior de la *cuba*, o el hogar del horno se hace de ladrillos refractarios; su forma es cuadrada, y en los bordes se pone un arco de hierro para que no se deterioren las paredes con las herramientas y tenazas. La *reja* se compone de barras de hierro cuadrado, (de 1 a 1 ½ pulgadas de grueso) movibles, que se puedan alejar mas o menos unas de otras, segun que se necesite mas o menos aire para la combustion. Estas barras descansan por un estremo en otra barra fijada en la misma pared del horno, por el otro en la base de un agujero, en la parte anterior del horno; y por este agujero se retiran o se acomodan a voluntad. Importa mucho no acercar demasiado estas barras unas a otras, y apartarlas cuanto se pueda, a fin de dar libre acceso al aire.—La cuba está abierta por arriba, y no se comunica con la chimenea sino por medio de un conducto horizontal, que principia en la parte superior de la cuba, tiene el mismo ancho que ésta, y se une al cañon de la chimenea. Este conducto horizontal se hace tambien con ladrillos de fuego; y en el orificio de la cuba se adapta una *tapa* (o cubierta) movible, hecha con ladrillos encajados en un cerco de hierro grueso. La *chimenea* se edifica tras del hornillo, y debe ser vertical. Mientras mas alta y espaciosa sea la chimenea, mas activa se produce la corriente de aire; y por consiguiente mas se eleva la temperatura. Sin embargo, hai en esto cierto límite que seria inútil traspasar, al menos en los ensayes por la via seca. Una chimenea de 12 ½ varas a 18 de alto en estos hornos, es capaz de producir un calor que haria ablandar los crisoles mas refractarios. El cañon interior se hace comunmente cuadrado, y se le dan las mismas dimensiones horizontales que las de la cuba o del hogar. Se construye con ladrillos ordinarios; y para darle mas firmeza, es preciso unirlo con barras de hierro verticales que se juntan por medio de unas llaves colocadas horizontalmente en la pared de la chimenea. A una altura como de un pié encima del cañon horizontal, se adapta a la chimenea una plancha de hierro, que se mueve horizontalmente, y sirve para cerrar enteramente el paso del aire, o disminuir su anchura a voluntad.

§ 4.° HORNILLOS DE FUELLES O FRAGUAS DE ENSAYES.

En estos hornillos el aire pasa al través del carbon mediante una máquina soplante en lugar de ser introducido por aspiracion por medio de una chimenea. Por esto, todos tienen el inconveniente de necesitar máquinas y hombres que las muevan, por lo que se usan poco en un laboratorio. Estos hornillos se hacen de diversa forma y construccion: en unos, el aire entra por la reja como en los anteriores, en otros, por los agujeros laterales hechos en la pared del hogar o de la cuba. Producen comunmente mayor temperatura que los de viento; pero como son menos cómodos que estos últimos, citaremos solo una especie que tiene la ventaja de ser portátil, y por esto se usa en las minas.

Es un hornillo redondo, cilíndrico, hecho de una hoja de hierro gruesa, forrada con arcilla refractaria. Tiene 1 pié de alto, 10 pulgadas de diámetro esterior y 6 pulgadas de diámetro interior: a 2 ½ pulgadas del fondo se pone una reja, hecha de una sola pieza de hierro batido de 6 líneas de grueso, horadada con unos agujeros algo inclinados hácia el centro, de modo que todos se dirijan hácia un punto que está como 3 pulgadas arriba del centro de la reja, precisamente en el lugar en que se coloca la parte inferior del crisol, donde se necesita mayor fuego para la fundicion. La cuba tiene 6 pulgadas de hondura, y la tobera del fuelle entra por un agujero hecho en el mismo cenicero. El grado de temperatura que se quiere producir en este hornillo, pende de la presion del viento y por consiguiente del peso con que se cargan los fuelles: y en caso de necesidad de un fuego mui activo, *p. ex.* para fundir hierro o manganesa, se hará uso del cok (carbon de piedra calcinado) y no de carbon de leña.

Fragua. Cuando necesitamos hacer unos pocos ensayes, podemos valernos de una fragua de herreria. En este caso, se debe levantar al rededor de la *tobera* tres paredes rectángulas con buenos ladrillos unidos con arcilla y de bastante altura para que se elevende 3 a 6 pulgadas encima del crisol. Se coloca este crisol en un apoyo de arcilla en el mismo centro entre las tres paredes y la de la fragua; se llena todo de carbon, y se dá viento. Como

el viento toca inmediatamente al crisol por un solo lado, sucede mui a menudo que este se raja; y para evitar esto, es preciso poner cuidado en tener el espacio entre la tobera y el crisol siempre lleno de carbon.

§ 5.° HORNILLOS DE COPELACION.

Estos son verdaderos hornillos de reverbero en medio de los cuales se coloca una pequeña pieza semi-cilíndrica que se llama *mufla*. Esta pieza estando rodeada por todas partes de combustible, se calienta fuertemente; y se pueden ejecutar en su interior todas las operaciones que necesitan acceso del aire, como la calcinacion o tuesta, la escorificacion y la copelacion, las cuales no se pudieran verificar con el contacto del carbon. Se hacen estos hornillos de diverso tamaño: los mas grandes son cuadrados como de quince pulgadas 6 lineas de ancho y 14 pulgadas 8 líneas de alto. Los mas chicos son elípticos, y su mayor diámetro no pasa de 8 pulgadas. Las mas veces se hacen de buena arcilla refractaria, y se consolidan con fajas de hierro ajustadas con tornillos y tuercas; pero en grandes injenios donde los tienen siempre con fuego, se hacen muchas veces de hoja de hierro gruesa, guarnecida interiormente con arcilla.

Los hornillos ordinarios constan de tres piezas, que se colocan unas sobre otras: 1.° el cenicero, 2.° el laboratorio, 3.° la cúpula.

El *cenicero*, tiene a lo ménos una puerta: es mas ancho que el cuerpo del hornillo, y bastante grueso para sostener la base de éste, sobre muescas o entalladuras que hai en ella. El *laboratorio* u *hogar* en que se coloca la mufla, está con una reja en la parte inferior y tiene algunas aberturas. La primera es ancha y semi-circular, y es por donde entra la mufla. La segunda se halla en la pared posterior; y por esta abertura entra en lo interior el ladrillo sobre que descansa la mufla. Otras aberturas sirven para pasar en lo interior un alambre de hierro a fin de revolver el combustible, y hacerlo bajar en la reja. Comunmente se hacen en los tres costados e inmediatamente encima de la reja tres de estas aberturas que pueden cerrarse cuando se quiera, con unas puertas de arcilla cocida. Debajo

de la mufla hai una tablita de la misma materia, que forma cuerpo con el hornillo, y se estiende por la superficie anterior: su uso es para poder sujetar la puerta de la abertura durante la copelacion. La cúpula se adapta exactamente al laboratorio, y se termina por un cañon de barro que le sirve de chimenea, y al cual se adapta un tubo de aspiracion de hoja de hierro para producir una temperatura elevada. No hai mas que una abertura en la cúpula: esta se halla en el lado anterior, es semi-circular y sirve para introducir el conbustible.

Muflas. Las muflas son semi-cilíndricas, constan de una bóveda algo baja y de una área horizontal. Se hacen de la misma mezcla de arcilla y *cemento* que sirve para hacer crisoles: no es necesario que sean mui refractarias; pero deben ser firmes, de modo que no se rompan por las variaciones de temperatura. En la pared posterior de la mufla y en las dos laterales se hacen unas rajaduras horizontales de algunas líneas de largo; y es por donde se establece la corriente de aire que se necesita para las calcinaciones, copelaciones, etc. Para colocar la mufla, se levanta la cúpula, se sienta la mufla por un lado sobre el citado ladrillo, por el otro sobre el borde de la puerta; y se embetunan las junturas con arcilla. Importa mucho que la área esté horizontal y al mismo nivel que la tablilla.

El pequeño hornillo elíptico de los SS. Aufrye y d'Arcet tiene solo 7 pulgadas 9 líneas de largo, y 19 pulgadas 4 líneas de alto. Su cenieero tiene solo una abertura en el lado anterior. El laboratorio tiene 5 aberturas: una de la mufla, otra para el ladrillo de atras; una tercera debajo de la tablilla, destinada para pasar un alambre con que se haeen caer en el cenicero las cenizas que tapan la reja: en fin, a la derecha e izquierda se hacen un poco encima de la reja otras dos aberturas que se cierran y abren cuando se quiere, y sirven para introducir el aire, y templar el fuego. Se usan para este hornillo muflas de dos distintos tamaños: unas solo tiene 2 pulgadas 7 líneas de profundidad, y no pueden contener mas de una copela; otras tienen 4 pulgadas, y son destinadas para recibir dos copelas una atras de otra. La chimenea es de hoja de hierro, que tiene a lo ménos 20 pulgadas de alto.

Se hace uso para los hornillos de copelacion de una mezcla de carbon de leña y cok; pero se debe empezar siempre por

calentar solo con el carbon de leña, porque el cok no se enciende sino cuando el hornillo ya está caliente. Cuando el calor llega al rojo, los grandes hornillos se pueden calentar con el cok puro; pero en los de mediano tamaño, se debe agregar siempre una cierta porcion de carbon de leña; y los chicos se alimentan solo con este último.

Modo de hacer copelas.

Las muflas son destinadas para recibir copelas, que son unos vasos hechos de huesos calcinados. Se hacen calcinar al efecto hasta que se pongan bien blancos, huesos de cualquier animal; se pulverizan en un mortero o molino; y se los pasa luego por un tamiz de un espesor determinado; debiendo evitarse tanto el que el polvo sea demasiado grueso como demasiado fino. Este polvo se lava con mucha agua a fin de limpiarlo de todas las sustancias salinas solubles; y despues se amasa el residuo con agua, de modo que adquiera la consistencia de una pasta algo sólida, que se pone en moldes destinados a darle forma y magnitud conveniente. Estos moldes son de laton, y constan de tres piezas que se pueden separar fácilmente; a saber, de un *segmento de cono*, de un *fondo movible* cuyas orillas circulares están cortadas por el mismo ángulo de inclinacion que las paredes interiores del segmento en que se apoya; finalmente, de un *molde interior*, que tiene forma hemisférica con un realce en su seccion, apoyado en los del *segmento del cono*, y tiene un mango de madera o cobre de 1 ½ a 2 pulgadas de largo. Cuando se ha puesto ya en el *cono* la porcion necesaria de materia, se aprieta con los dedos, se quita el sobrante con una hoja de cobre, se rocia entonces la superficie con polvo finísimo de hueso; y se introduce en ella el molde interior, dandole repetidos golpes con un mazo de madera, hasta que su realce toque con los del *cono*, y quede bien formado el recipiente de la copela. Para sacar la copela del interior del molde, se coloca el asiento que es móvil, como se ha dicho, sobre una columnita de madera, cuyo diámetro es igual al suyo; cargando un poco sobre el *molde*, baja el cono, y la copela queda entonces descubierta.

Formadas así las copelas y puestas en tablas, se dejan en paraje bien caliente con estufas en invierno, hasta que por medio de la evaporacion espontánea pierdan la humedad supérflua, y adquieran un principio de solidez, en cuyo estado se las

mete en un horno dándole el suficiente calor para que puedan cocerse.

Para dar a las copelas las calidades que deben tener, es preciso observar algunas reglas. 1.° El polvo de hueso no ha de ser ni mui grueso ni mui fino: pues en el primer caso dejaria entre sus partículas espacios demasiado grandes, esparcidos con mucha desigualdad, de manera que la copela despues de seca, quedaria demasiado porosa; y en el segundo al contrario, apretándose demasiado las partículas, no dejarian suficientes vacíos para recibir el óxido de plomo o litarjirio que resulta de la copelacion, y cuya introduccion no se verificaria por consiguiente sino con mucha dificultad. 2.° Es necesario que la pasta de hueso no esté demasiado seca ni demasiado húmeda, porque en el primer estado no se haria homojénea con la presion, o quedaria tan compacta que no conservaria bastantes poros con relacion a su peso; y en el segundo, la superabundancia de agua que queda en la materia, y puede no salir con la presion por estar exactamente cerrado el molde, dejaria demasiado vacío en lo interior de la misma al evaporarse; y semejante vasija sobre ser mui frájil, podria tambien absorver plata.

CAPITULO III.

DE LOS REACTIVOS QUE SE EMPLEAN EN LOS ENSAYES POR LA VIA SECA.

Hemos de distinguir cinco clases de sustancias que se emplean en los ensayes por la via seca, y llevan el nombre de *reactivos*.

1.° *Reductivos* o sustancias que producen la reduccion de los óxidos.

2.° *Reactivos oxidantes*, que sirven para oxidar.

3.° *Reactivos desazufrantes*, que producen la reduccion de los súlfuros.

4.° *Reactivos* azufrantes.

5.° *Flujos* o *fundientes*, que facilitan la fundicion.

§ 1.° REDUCTIVOS O SUSTANCIAS QUE SIRVEN PARA REDUCIR LOS OXIDOS.

Las sustancias que producen este efecto, son:
El hidrójeno,
El carbon,
Los aceites crasos, el sebo y las resinas,
El azúcar, el almidon y las gomas,
El ácido tártrico,
El ácido oxálico,
El hierro y el plomo metálico.

El hidrójeno no se emplea en los ensayes por la via seca, por ser mui complicados los aparatos que sirven para reducir los óxidos por medio de este gas.

El carbon es el reactivo mas comun que se emplea para reducir los óxidos en los ensayes por la via seca. El mejor carbon para esto, es el de leña bien seco, limpio, pulverizado y cernido. Todos los óxidos metálicos se reducen completamente por el carbon a una temperatura mas o menos elevada. La ceniza del carbon no tiene casi ningun influjo notable sobre los resultados de un ensaye; pero hai dos inconvenientes que presenta el uso del carbon en los ensayes: desde luego, el carbon tiene la propiedad de combinarse con algunos metales, y por consiguiente de aumentar la lei del mineral; segundo, siendo infusible, y no pudiendo entrar en combinacion con las sustancias vítreas, queda esparcido en la escoria y entre las granallas del metal, se opone a la reunion de éstas en una sola esferilla, y hace difícil la fundicion cuando se halla en una cantidad mayor que la que se pueda quemar por el oxíjeno del óxido. No se puede remediar el primer inconveniente; pero la cantidad de carbon que entra en combinacion con algunos metales, como, por ejemplo, con el hierro, el cobalto y el niquel, nunca excede 2 o 3 por ciento; y se compensa con la cantidad de óxido que queda sin reducirse en las escorias. Para evitar el segundo inconveniente, se debe procurar de no emplear sino la cantidad de carbon necesaria para la reduccion del óxido, sin exceso; o bien podemos reducir los óxidos por la via de cementacion en los crisoles de brasca o crisoles guarnecidos de carbon.

Los aceites crasos, el sebo y las resinas.—No son buenas estas sustancias para reducir completamente los óxidos, porque en jeneral se volatilizan a una temperatura menor que la que se necesita para reducir algunos óxidos; y por otra parte producen mucha efervescencia en la fundicion, pudiendo ocasionar pérdidas de la sustancia.

El azúcar, el almidon, las gomas.—Son mejores para operar la reduccion, porque no son volátiles: obran en los óxidos no solo por el carbon, sino tambien por el hidrójeno que contienen: pero tienen el inconveniente de producir efervescencia como las sustancias anteriores.

El ácido tártrico y el ácido oxálico, no se emplean al estado puro; pero el primero entra en la composicion del crémor que se usa mui a menudo en los ensayes y es bitartrato de potasa: sal que se descompone facilmente por el fuego.

El ácido tártrico consta de	carbono	0,368
	hidrójeno	0,030
	oxíjeno	0,602
		1,000

Obra pues este ácido por el exceso de carbono que contiene, siendo insuficiente su oxíjeno para trasformar todo su hidrójeno en agua y el carbono en ácido carbónico.

PODER REDUCTIVO DE LOS CITADOS REACTIVOS.

Fundiendo los diversos reductivos con un exceso de litargirio, segun el método que se va a describir en el artículo que trata de los ensayes del combustible, Berthier ha determinado el poder reductivo de estos reactivos; y ha probado que mientras el carbono puro, como el diamante, es capaz de producir con el litargirio 34 veces su peso de plomo,

El carbon de leña calcinado produce como 32 veces su peso de plomo,

El id. de leña ordinario produce como 28 veces su peso de plomo,

La resina	14 ½	id.	id.
El azúcar	14 ½	id.	id.
El almidon ordinario.	11 ½	id.	id.
El ácido tártrico	6	id.	id.

y por consiguiente el poder reductivo en estas diversas sustancias, varia como los números 32, 28, 14 ½, 11 ½, 6.

Mui rara vez se hace uso en los ensayes por la via seca de un reductivo, sin que se mezcle al mismo tiempo con otra sustancia, que facilite la fundicion: estas mezclas se llaman *flujos reductivos*; y se hablará de ellas en el artículo de los flujos.

§ 2.° REACTIVOS OXIDANTES.

Los reactivos de esta clase son:
El oxíjeno del aire,
El litargirio y el carbonato de plomo (cerusa),
Los silicatos y los boratos de plomo,
El nitrato de potasa,
El nitrato de plomo,
El peróxido de manganesa,
El deutóxido de cobre,
Los álcalis caústicos,
Los carbonatos alcalinos,
Los sulfatos de plomo, de cobre, de hierro.

No se emplean en los ensayes sino el litargirio, el salitre y los carbonatos alcalinos.

Litargirio.

El *litargirio* hace oxidar los mas metales, excepto el mercurio, la plata etc.; y forma en jeneral compuestos mui fusibles con los óxidos: por esto se emplea mui a menudo en los ensayes de oro y de plata y es uno de los reactivos mas útiles.

El litargirio es protóxido de plomo fundido: el que se halla en el comercio, proviene de la copelacion en grande del plomo; y en jeneral, el que tiene color rojo, suele estar mas puro, y por esto mejor para los ensayes, que el amarillo.

La cerusa es carbonato de plomo. Cuando se somete a una temperatura elevada, se descompone en ácido carbónico que se exhala, y en protóxido de plomo: por esto, fundida en un ensaye, produce el mismo efecto que el litargirio: solo siendo mas liviana que este, necesita crisoles mas grandes; y a mas de esto, estando siempre mezclada con cierta cantidad de acetato o subacetato de plomo, puede a veces, cuando la funden, producir por sí sola 5 por ciento de plomo.

Accion del protóxido de plomo sobre diversos metales, y sobre el azufre por la via seca:

Sobre el azufre:—el óxido se reduce completamente por el azufre; se forma ácido sulfuroso que se exhala, y no se forma ácido sulfúrico.

Sobre el arsénico:—si hai exceso de litargirio, todo el arsénico se oxida; si no lo hai, una parte de arsénico se volatiliza, y otra se combina con el plomo reducido, formando un arseniuro, sobre el cual las escorias no ejercen ninguna accion.

Sobre el antimonio:—el antimonio en parte se oxida, y forma escoria con el litargirio, y en parte queda aleado con el plomo.

Sobre el zinc:—una parte de zinc se volatiliza, otra queda al estado de óxido combinado con el litargirio, formando una escoria cristalina amarilla. Para fundir el óxido de zinc, se necesita ocho veces su peso de litargirio.

Sobre el hierro:—el litargirio se reduce por el hierro; y se forma un óxido intermedio entre el protóxido y el óxido magnético, que pasa a la escoria; pero el exceso de hierro no se alea con el plomo.

Sobre el cobre:—el litagririo no se reduce completamente por el cobre, y no lo hace pasar sino al menor grado de oxidacion: de esto resulta una escoria fusible, compuesta de dos óxidos y una aleacion de dos metales.

Salitre. *El nitrato de potasa* es un oxidante mui activo, por ser mui fácil de descomponerse, y porque tiene una gran porcion de oxíjeno. Cuando esta sal se halla en exceso con las sustancias que la descomponen, entonces se dosarrolla deutóxido de azoe, que se reconoce por el vapor amarillo que produce con el contacto del aire; y en este caso el salitre cede 0,237 de oxíjeno a las sustancias oxidables. Al contrario, cuando no se halla en proporcion suficiente para oxidar todas las sustancias, se desarrolla azoe casi puro; y la sal emite como 0,395 de oxíjeno.

Alcalis caústicos (potasa y sosa).

El carbon descompone los álcalis caústicos, apoderándose del oxíjeno del agua, y transustanciándolos en carbonatos; pero estando en exceso, descompone tambien los carbonatos, y separa de ellos el metal. El azufre, el fósforo y algunos metales oxidables como el hierro, el zinc etc. descomponen tambien el agua de estos hidratos.

Los carbonatos alcalinos tienen la propiedad de oxidar algunos metales como el hierro, el zinc, el estaño, por la accion del ácido carbónico que contienen; una parte de este ácido se trasustancia en óxido de carbono, y se produce un compuesto de álcali, de ácido carbónico y óxido metálico. No ejercen ninguna accion sobre el plomo, ni sobre el cobre ni el antimonio.

Los sulfatos de plomo, de cobre, de hierro tienen la propiedad de oxidar los mas metales, aun la plata; y es el ácido sulfúrico el que cede una parte de su oxíjeno pasando al estado de ácido sulfuroso.

§ 3.° REACTIVOS DESAZUFRANTES.

Los reactivos que quitan el azufre a las sustancias minerales, son:

El oxíjeno del aire,
El carbon,
El hierro metálico,
El litargirio,
Los álcalis caústicos,
Los carbonatos alcalinos,
El salitre,
El carbonato y el sulfato de plomo.

Los reactivos que se emplean en los ensayes, con mayor frecuencia son: el hierro, el litarjirio, los carbonatos alcalinos y el salitre.

El carbon descompone algunos súlfuros, como los de mercurio, de antimonio y de zinc, formando súlfuro de carbono; pero no se emplea en los ensayes sino para aumentar la enerjia de la accion de los álcalis y de los carbonatos alcalinos sobre los súlfuros.

El hierro descompone los súlfuros de plata, de mercurio, de plomo, de bismuto, de estaño, de antimonio y de zinc; pero no descompone sino en parte los súlfuros de cobre. Por esto se emplea frecuentemente en los ensayes, sea al estado de lima-

dura, sea en unos clavos pequeños o pedazos de alambre. En lugar de hierro se puede hacer uso del óxido de hierro mezclado con carbon.

El litargirio ejerce una accion mui enérjica sobre los súlfuros, aun en una temperatura poco elevada; es el reactivo que se emplea casi esclusivamente en los ensayes de los súlfuros que contienen plata u oro: se obtienen estos metales al estado de alcaciones con plomo, y se separan por medio de la copelacion.

Cuando se emplea el litargirio en proporcion suficiente, y el metal no es mui oxidable, pero fácil de alearse con el plomo, todo el azufre del súlfuro se desarrolla al estado de ácido sulfuroso y el metal queda aleado con el plomo; pero si el súlfuro es de una base mui activa (como son los súlfuros alcalinos y alcalino-térreos), no se desarrolla ácido sulfuroso y se forma ácido sulfúrico que se combina con los óxidos.

La cantidad de litargirio que se emplea.

La cantidad de litargirio que se necesita para descomponer completamente los súlfuros, es considerable, y no es la misma para todos los súlfuros.

Cuando no se emplea en proporcion suficiente, solo una parte de súlfuro se descompone reduciendo al mismo tiempo una parte de óxido de plomo; y los restos del súlfuro y del litargirio forman entre sí y con el óxido metálico que se ha podido producir, un compuesto que pertenece a la clase de *oxisúlfuros*, y es comunmente mui fusible. El óxido de plomo y los súlfuros se hallan con tanta fuerza unidos en estas combinaciones, que la galena que se corroe con tanta facilidad por el litargirio puro, no puede separar nada de plomo de un oxisúlfuro, cuando este se halla saturado de súlfuro: antes bien ella misma se une a la misma combinacion, sin sufrir la menor alteracion.

Tambien hai óxidos que combinándose con óxido de plomo, disminuyen considerablemente su accion sobre los súlfuros. Sin embargo, agregando a cualquier oxisúlfuro una cantidad suficiente de litargirio, se puede siempre descomponor en totalidad el súlfuro que contiene.

Resulta de los esperimentos de Berthier que:

El súlfuro de manganesa necesita 30 veces su peso de litargirio, y produce 6 a 7 veces su peso de plomo.

Proto-súlfuro de hierro	30	„	„	7	„	„ „
Persúlfuro de hierro o pirita. .	50	„	„	8 a 9	„	„ „
Súlfuro de cobre.	25	„	„	7	„	„ „
Súlfuro de antimonio	25	„	„	5 a 6	„	„ „
Súlfuro de zinc (blenda). . . .	25	„	„	6 a 7	„	„ „
Súlfuro de mercurio.	16	„	„	2	„	„ „
Súlfuro de plomo (galena) .	1000	partes con 1865 de litargirio, todo se transforma en plomo.				
Súlfuro de arsénico. . . .	50 a 60	„	„	10	„	„ „

Los álcalis caústicos y los carbonatos alcalinos descomponen a todos los súlfuros, con la diferencia que los carbonatos no lo hacen, sino cuando están en contacto con el carbon. Se forman siempre unos súlfuros con base de metales alcalinos; y estos súlfuros retienen en combinacion una cierta cantidad del súlfuro que se esperimenta. En todo caso, si se añade el carbon, éste impedirá que se oxiden el metal y el azufre.

La reduccion al estado metálico de una parte de álcali que se combina con el azufre, se hace unas veces por una parte de azufre del súlfuro metálico, cuando su metal es poco oxidable, y entonces se forma ácido sulfúrico que queda al estado de sulfato en la escoria; otras veces por el metal mismo, cuando es mui oxidable: pero con el carbon que se añade, ni el azufre puede pasar al estado de ácido ni el metal al estado de óxido; y entonces por este mismo carbon se reduce el álcali.

El salitre obra con mucha actividad sobre todos los súlfuros; y en algunos casos puede producir esplosion, o hacer salir la sustancia del crisol, si no se temple su accion por medio de una materia inerte, como el carbonato de sosa que no ejerce ninguna accion sobre el súlfuro, y solo hace apartar las partículas de la mezcla unas de otras, para disminuir el efecto. Las mas veces el salitre hace oxidar los dos elementos del súlfuro al mismo tiempo; pero si los súlfures son de los metales poco oxidables, como la plata, el cobre, el plomo, se puede aislar estos metales al estado puro, empleando tanto salitre cuanto se necesita para oxidar solo el azufre del súlfuro.

§ 4.º REACTIVOS AZUFRANTES.

Los reactivos que hacen pasar los metales al estado de súlfuros, son:

El azufre,
El súlfuro de mercurio (cinabrio),
La galena,
El súlfuro de antimonio,
Las piritas de hierro,
Los persúlfuros alcalinos,

La única sustancia que se emplea como reactivo azufrante en algunos ensayes y beneficios en grande es la pirita.

§ 5.º REACTIVOS FUNDIENTES O FLUJOS.

Se llaman *flujos* los reactivos que facilitan la fundicion de una sustancia mineral en un ensaye por la via seca. Se pueden clasificar los flujos en flujos no metálicos y flujos metálicos.—Los primeros son:

1. La sílice,
2. La cal, la magnesia,
3. La alumina,
4. Los silicatos de cal y de alumina,
5. Los vidrios,
6. El ácido bórico,
7. El borax,
8. El fluoruro de calcio (o flusplato),
9. El carbonato de potasa y el de sosa,
10. El salitre,
11. La sal marina,
12. El flujo negro y sus equivalentes,
13. El cremor o tartrato de potasa,
14. El jabon y varios flujos compuestos.

Los flujos metálicos son:

15. El litargirio y la cerusa,
16. El vidrio de plomo (silicato de plomo),
17. El sulfato de plomo,
18. El deutóxido de cobre, el óxido de hierro,
19. Y algunas mezclas metálicas.

Los flujos 12, 13, 14 son al mismo tiempo fundientes y reductivos; es decir, facilitan la fundicion al mismo tiempo que reducen el óxido; los demas producen solo el primer efecto sin poder verificar la reduccion.

Clasificacion en cuanto al uso.

En cuanto al uso de los diversos materiales que se emplean como flujos en un laboratorio o en los beneficios en grande, estos pueden clasificarse del modo siguiente:

A *Flujos especiales*
1. ° Silice y los silicatos de alumina o arcillas.
2. ° Cal, magnesia, óxidos de hierro etc. y sus carbonatos.

B *Flujos jenerales*
3. ° Litargirio.
4. ° Borax.

C *Flujos alcalinos*
Potasa, sosa del comercio (carbonatos).
Flujo negro, flujo blanco, etc.

Consideraciones jenerales.

Todo mineral en estado en que se trae al injenio para ser fundido, o al laboratorio para ser ensayado, consta de dos partes, que son: la parte metálica, *útil*, la que contiene todo el metal que se quiere estraer; y la parte *estéril* o criadero.

Aquella puede ser compuesta de unos sulfuros, sulfo-arseniuros, sulfo-antimoniuros etc., los que con excepcion de la blenda, son fusibles, los mas mui fusibles, y se separan en estado de *ejes* por su gran densidad, sin necesidad de flujos; o bien puede ser metal oxidado que tambien se separará en la fundicion si al propio tiempo logramos reducir su óxido; mientras que la otra parte, es decir, el *criadero* será el único que podrá impedir la fundicion si no es fusible por sí solo.

Por esta razon el arte de fundidor consiste en el conocimiento de los criaderos y la eleccion de los fundientes mejor apropiados para cada criadero en particular.

Los criaderos son: o bien *ácidos*, los que nuestros fundidores llaman *sercos*, o bien *basicos*. Los primeros constan de cuarzo, o de arcillas refractarias es decir de materias que contienen *exceso* de sílice; los segundos constan por lo comun de carbonatos térreos y óxidos de hierro, de manganeso etc. Ni los primeros ni los segundos son fusibles por sí solos; pero si a los primeros añadimos en proporciones convenientes los segundos, o bien a los segundos los primeros, podremos en ambos casos

formar *silicatos fusibles*, los que, fundidos, llevan el nombre de *escorias*.

Dar el grado conveniente de liquidez a estos silicatos, es decir, a las escorias, es lo que constituye el verdadero acierto en las fundiciones; y para esto, como para la eleccion de los citados fndientes, se necesita un conocimiento exacto de la fusibilidad de los silicatos en jeneral y en particular de los que pueden formarse en las operaciones metalúrjicas.

Muchos esperimentos hechos per Berthier, han probado:

Fusibilidad de los silicatos.

1.° Que la fusibilidad de los silicatos *simples* alcalinos, terreo-alcalinos y terreos (de potasa, de sosa, de barita, de cal, de magnesia, de alumina) penden de la fusibilidad de la base, del grado de su afinidad con la sílice, y de la proporcion en que esta base se halla en el silicato. Por ejemplo, la potasa y la sosa siendo fusibles y bases salificables mui activas, sus silicatos son tambien fusibles y tanto mas cuanto mayor es la proporcion del álcali, mientras que la cal, la magnesia, la alumina siendo infusibles y de menor enerjia para los ácidos que los álcalis, todos sus silicatos *simples* son mui refractarios.

La misma regla se observa entre los silicatos simples metálicos. *Por ejemplo*, el óxido de plomo siendo fusible y base salificable mas activa que el óxido de cobre, sus silicatos siempre son mas fusibles que los de cobre, y tanto mas cuanto mayor es la proporcion de la base.—Se advierte, sin embargo, que esta regla jeneral no se verifica cuando se comparan los silicatos de óxidos metálicos con los anteriores: por ejemplo, el óxido de plomo es mucho mejor fundiente que la barita, aunque ésta última lo hace precipitar de todas sus disolusiones.

2.° La fusibilidad de un silicato *multíplice* o polisilicato pende de la de los *simples*, que entran en su composicion; y parece que es siempre mucho mayor que la fusibilidad media de estos últimos. Esta regla es de la mayor importancia para la metalurjia, porque en ella se apoya el arte de fundir toda clase de criaderos minerales. En efecto, resulta de ella: primero, que cualquer silicato, por mas refractario que sea, se puede fundir con otro que sea fusible,—segundo, que muchos silicatos infusibles o mui difíciles de fundir, pueden formar en sus combinaciones algun silicato (escoria) mui fusible. Si tenemos, por ejemplo, un criadero de algun metal, compuesto de arcilla pura,

refractaria, que es un silicato *simple* de alumina: si a este silicato se agrega otra base como cal u óxido de hierro o de manganesa, se formarán en la fundicion silicatos dobles de alumina y de cal, de alumina y de hierro, de alumina y de manganesa, que podrán ser fusibles y mui fusibles: y si se agregan dos o tres bases al mismo tiempo, podrá resultar un silicato (una escoria) mui fusible, con tal que no haya gran exceso de las bases, las que no pudiendo fundirse porsí solas formarian un silicato mui básico, refractario.

Para hacer mas fácil la aplicacion de estos principios a la práctica, citaremos los resultados de los muchos esperimentos de Berthier, hechos con los silicatos de cal, de magnesia, de alumina, de manganesa, de hierro, de cobre, de plomo y de plata.

Silicatos térreos.

Cal y magnesia. La cal que sola no forma con la sílice silicato alguno fusible, puede facilitar la fundicion de varios silicatos infusibles o mui difíciles de fundir, entre otros, los silicatos de magnesia, que son todos mui refractarios.—Así, los silicatos siguientes

	CMS^2	CM^2S^6	CM^3S^9	
Sílice	—0,390—	0,575—	0,704—	0,733
Cal	—0,355—	0,173—	0,093—	0,109
Magnesia	0,259—	0,252—	0,203—	0,159

son todos fusibles, y producen esmaltes o piedras opacas, a veces semitrasparentes.—El primer silicato se conoce en la mineralojía con el nombre de *olivina*: el segundo tiene la composicion análoga a la de la *piroxena:* el tercero se encuentra mui a menudo en las rocas de Chile, y se llama anfíbola.

Cal y alumina. Aunque son infusibles los silicatos simples de cal y alumina, hai silicatos dobles que tienen por base estas dos tierras, y se funden completamente en los hornos.—La esperiencia ha probado que los mas fusibles son aquellos cuya composicion varia entre $(C\ A)S^2$ y $(C\ A)S^{\frac{1}{2}}$, y que el compuesto es tanto mas fusible cuanto mas se acerca, por la proporcion de sus bases, a la fórmula $C^2\ A$. El silicato $C\ A$ se funde todavia mui facilmente; pero el de $C\ A^2$ ya es mucho mas difícil de fundir. Resulta de esto que las arcillas refractarias siendo de la fórmula $A\ S^2$, se necesita, para facilitar la fundicion, añadir una cantidad de cal que varia entre C y C^2,

o bien un equivalente de carbonato de calcio. Se hace todavia mas fácil de fundir la arcilla, añadiendo al mismo tiempo un poco de sílice, lo que no se necesita cuando se encuentra en la arcilla una cantidad notable de arena. La práctica nos enseña que, cualquiera que sea la arcilla, se puede hacerla bastante fusible para las operaciones metalúrjicas, añadiendo como la mitad o tres cuartas partes de su peso de carbonato de cal. Las arcillas que tienen cierta proporcion de hidrato de alumina, necesitan que se añada al mismo tiempo la sílice y la cal.

Las arcillas no dejan de ser fusibles, aun cuando tienen un exceso de cal, si al mismo tiempo no tienen una proporcion mui considerable de alumina. Una buena arcilla plástica (argile plastique) no se funde sino con $2\frac{1}{2}$ veces su peso de carbonato de sosa.

Silicatos fusibles.

Los silicatos que Mr. Berthier ha esperimentado como fusibles, son los siguientes:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sílice	—0,259	—0,410	—0,582	—0,437	—0,705.
Cal	—0,463	—0,368	—0,261	—0,260	—0,105.
Alumina	0,278	—0,220	—0,157	—0,313	—0,190.

Los (2) y (3) tienen una composicion análoga a la de las escorias de los hornos altos.

El (4) se encuentra en la naturaleza, y se llama *epidota*.

El (5) es una especie de feldespato.

Silicatos metálicos.

Manganesa. Hai silicatos de manganesa, que se funden mui facilmente, como son los siguientes:

	Mn S	Mn S^2
Sílice	—0,338	—0,466,
Manganesa	0,662	—0,534;

pero los mas fusibles son los que se componen de sílice, manganesa y cal, o bien de sílice, manganesa y alumina; de modo que el óxido de manganesa puede considerarse como una liga en la fundicion de los silicatos de cal y alumina.

Hierro. La sílice forma con el protoxido de hierro unos silicatos mui fusibles.—Así, los que se componen de

	f^2S	fS	fS^2	fS^3
Sílice	———	0,180	—0,310	—0,475	—0,575,
Protóxido de hierro	0,820	—0,690	—0,525	—0,425,

son todos mui fusibles; y los mas constituyen las escorias de fragua.

Los silicatos de peróxidos no son fusibles.

Los óxidos de hierro facilitan la fundicion de todos los silicatos térreos infusibles o difíciles de fundir.—Así, se funden mui fácilmente todos los silicatos siguientes:

Sílice	0,337	0,329	0,403	0,376	0,361
Protóxido de hierro	0,364	0,475	0,175	0,420	. . . .
Peróxido de hierro	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,306
Cal	0,299	0,196	. . . .	. . . .	0,333
Alumina.	. . . .	. . . .	. . . .	0,204	. . . .
Magnesia	. . . .	. . . .	0,422	. . . .	. . . .

Cobre. Mr. Berthier ha esperimentado los silicatos siguientes:

	(1)	(2)	(3)
Silice — —	0,177 —	0,301 —	0,393,
Protóxido de cobre	0,823 —	0,699 —	0,607.

El (1) apenas principia a fundirse al calor de 50° del pirómetro.

El (2) se funde mui bien en un vidrio rojo violaceo.

El (3) se funde, y la materia se ablanda por el fuego, sin ponerse bien líquida.

Mezclando 58 p. de deutóxido de cobre con 42 de sílice, y fundiendo la mezcla en un horno de ensayes, se obtiene un vidrio rojo; y por consiguiente el deutóxido se reduce a protóxido por el calor y por la accion de la sílice.

Protóxido de cobre y alumina. El protosilicato de cobre facilita mucho la fundicion de los silicatos de alumina, formando silicatos dobles de cobre y de alumina.

Zinc y tierras. Los silicatos simples de zinc no son fusibles, pero se funden mui bien añadiendo otras bases térreas.—Así, varios silicatos de zinc y cal, otros de zinc y de alumina y otros de zinc y de hierro se funden fácilmente, produciendo vidrios o esmaltes mui homojéneos.

Plomo. El óxido de plomo puede formar compuestos fusibles con todos los silicatos, si se añade en proporcion conveniente.

El cristal es un silicato de plomo y de potasa.

Un silicato de cal y de alumina que necesita un calor mui

intenso de 150 ° p. para fundirse, se derrite mui fácilmente a la temperatura de 60 °, añadiendo $\frac{3}{4}$ partes de su peso do litargirio.

Plata. Sucede muchas veces que en las operaciones metalúrjicas el óxido de plata entra en combinacion con la sílice, y queda en las escorias. Este óxido facilita la fundicion de un modo todavia mas activo que el óxido de plomo.

Plata y plomo. Cuando se funde la plata con sílice y sulfato de plomo o minio, resulta un vidrio que tiene 5 a 6 por ciento de óxido de plata.

Pasemos ahora a tratar de cada una de las tres clases de flujos arriba indicados.

A. *Flujos especiales.*

Sílice. La sílice es infusible, pero facilita la fundicion de los *criaderos basicos*, si se añade en proporcion conveniente para formar silicatos que no sean ni demasiado *ácidos* ni demasiado basicos.

La sílice que se emplea en los ensayes se prepara por medio de cuarzo mui limpio, sin color, o bien por medio de arena cuarzosa. La mas pura es la de *cristal de roca:* para reducir este mineral a polvo, es bueno calentarlo hasta que tome calor rojo y en este estado echarlo en el agua fria para que por este enfriamiento repentino las partículas se disgreguen mas fácilmente, y se puedan moler en polvo mui fino. Si se quiere tener sílice mui pura, es necesario hacer hervir este polvo con ácido clorhídrico para librarlo de hierro y otras sustancias atacables.

Arcillas refractarias. Empléase con frecuencia para fundir los criaderos basicos, calizos o ferrujinosos en lugar de sílice o cuarzo puro, cualquiera arcilla refractaria, es decir, arcilla que contiene gran dósis, de sílice: en tal caso con el elemento *ácido* (sílice) se introduce en la mezcla una otra base mas (la alumina), la cual, con las que existen en el criadero podrá formar un polisilicato fusible. Si el criadero es mui ferrujinoso, convendrá emplear una arcilla margosa.

En los beneficios en grande, costaria demasiado buscar con este objeto cuarzo puro que por lo comun forma *vetas* en medio de otras rocas; se prefiere pues mezclar los minerales de criaderos

basicos calizos oferrujinosos, con minerales de criaderos cuarzosos (secos), o bien con escorias mui *ácidas* (que tienen exceso de sílice); y solamente por falta de estos últimos minerales o escorias se emplean materiales arcillosos o rocas silicatadas con exceso de sílice.

Cal, magnesia, etc. No se emplean estos óxidos al estado caustico sino en estado de carbonatos, porque el mismo efecto en los ensayes o fundiciones producen estos últimos que la cal o magnesia calcinadas. Cien partes de carbonato de cal o de piedra caliza pura que se emplean para cocimiento de las cales, equivalen a 56 de cal caustica.

La cal como la magnesia son bases mui enérjicas y se emplean con mucha ventaja en los ensayes y fundiciones de los minerales cuyos criaderos abundan en sílice o son de cuarzo puro. Pero siendo los silicatos térreos simples poco fusibles o refractarios, conviene emplear la cal magnesiana, es decir, los dos óxidos a un tiempo, si el criadero es de puro cuarzo; o bien cal y materias ferrujinosas, para que se formen unos polisilicatos de composicion análoga a los silicatos mas fusibles de esta naturaleza: con tal que la proporcion de las bases no pase de ciertos límites.

Las piedras calizas, aun las que a simple vista parecen mui puras, contienen mui a menudo carbonato de magnesia de hierro, de manganesa, etc. Las de Chile son por lo comun arcillosas y dejan en los ácidos un resíduo mas o menos abundante.

Oxidos de hierro, de manganesa, etc. Se emplean con provecho en la fundicion de los criaderos mui *secos*, es decir, mui silicatados, minerales de hierro, ya manganesiferos, ya sin manganesa, con tal que la proporcion de ellos no pase ciertos límites que corresponden a los silicatos de protóxidos de hierro y de manganesa fusibles. Estos minerales son por lo comun de hierro hidratado o peroxidado anhidro; y como los silicatos de peróxido de hierro son infusibles, conviene que se hallen en contacto con algun combustible que facilite la reduccion del peróxido al menor grado de oxidacion. Las escorias mui ferrujinosas tienen el defecto de corroer los ladrillos o materiales de los hornos, formando con ellos silicatos mui fusibles.

Se suele emplear en Chile como *flujo* en la fundicion de los minerales de cobre en los hornos de reverbero la pirita de hierro.

En tal caso el azufre de la pirita sirve para azufrar el cobre e impedir su oxidacion, mientras que el hierro de la misma pirita, al pasar en parte al estado de protóxido, sirve de fundiente *basico* a las sustancias silicatadas del criadero.

Fluoruro de calcio. Emplease esta sustancia en los beneficios en grande como fundiente para minerales de criaderos mui silicatados (*secos*), y en tal caso produce doble efecto: en primer lugar, volatilizando una parte de sílice al estado de fluoruro de silicio, disminuye su cantidad; en segundo lugar, formándose el óxido de calcio, este concurre a formar unos polisilicatos calizos bastante fusibles.

Sobre todo es un flujo mui bueno para el sulfato calizo.

B. *Flujos jenerales*.

Los vidrios son unos silicatos multíplices y todos mui fusibles: por esto se usan como flujos en los ensayos. Los de botellas son menos fusibles que el vidrio blanco, porque tienen una gran proporcion de alumina y poco álcali.

El borax facilita la fundicion de todos los cuerpos en jeneral, porque tiene la propiedad de producir compuestos mui fusibles, tanto con la sílice como con las bases, formando con la primera un borosilicato y con estas unos boratos multíplices que son todos fusibles: es mejor para esto que el ácido bórico, porque es menos volátil: sin embargo, no es fijo, y se volatiza en cantidad mui notable a una temperatura elevada. Tiene tambien otro inconveniente, que es el de producir mucha efervescencia, cuando tiene agua, o está atravesado por algunos vapores.

Calentando el borax con los silicatos que tienen exceso de sílice, se volatiza un poco de ácido bórico, y cuando los silicatos tienen exceso de base, se volatiliza una porcion de sosa.

Se hace uso de borax: 1.° para ensayar los minerales de oro o de plata a la temperatura de 20 a 21° p; 2.° para fundir varios minerales con el intento de separar los súlfuros y los arseniuros metálicos de las tierras y materias pedregosas que constituyen el criadero, a fin de determinar la cantidad de *eje* que se pueda extraer de un mineral; 3° para ensayar los

minerales de hierro, de estaño, etc. a la temperatura de 130 a 150 ° p, con el contacto del carbon.

Se encuentran ahora en el comercio dos especies de borax: 1. ° el *borax ordinario* que cristaliza en pirámides, y contiene 47 por ciento de agua; 2. ° el *borax nuevo*, que cristaliza en octaedros, y tiene solo 30 por ciento de gua. El primero se conserva mui trasparente en el aire húmedo, y se pone opaco en el aire seco: el segumdo, al contrario, se pone opaco en el aire húmedo, y es mas duro que el borax ordinario.

No se debe hacer uso en los ensayes sino de borax vitrificado, es decir, borax sin agua, para evitar la efervescencia. Para preparar el borax, se funde el del comercio en un crisol de platina, se pulveriza despues en un almirez de piedra, y se conserva en una botella tapada.

El borax vitrificado se compone de

Sosa ———31

Acido bórico 69.

La cantidad de borax que se necesita.

El borax puede disolver por la via seca, una cantidad de varias bases, tanto mas considerable, cuanto mayor es el calor en que se funde la mezcla. De esto resultan varios boratos dobles, triples, etc. que todos son mas o ménos fusibles segun la fusibilidad de las bases que se añaden, y la proporcion en que se mezclan con el borax.

Así, todas las arcillas plásticas se funden bien con 2 veces su peso de borax al calor albo, y no necesitan mas que una 4. ª o 5. ª parte de su peso de borax para fundirse a la temperatura de 130 ° p.—La sílice puede fundirse hasta con la 6. ª parte de su peso de borax vitrificado, a una temperatura elevada, y la cal con una 3. ª parte de su peso del mismo borax.

Por esta razon no se emplea en los ensayos mas que 1 a 1 ½ de borax por una de las materias infusibles.

Litargirio. El litargirio forma con la sílice y los silicatos infusibles escorias mui fusibles y tambien con los mas óxidos metálicos forma compuestos bastante fusibles; pero no se combina con los óxidos terreos (cal, alumina, magnecia), haciendo con estos unas mezclas espesas, poco fusibles: por esto no es un flujo tan universal como el borax. Sin embargo, su uso es jeneral en los ensayos cuando se quiere obtener una

alcacion de plomo con los metales contenidos en el mineral que se ensaya, y en estos casos el exceso de litargirio hace siempre el papel de flujo.

La proporcion en que se emplea el litargirio cono fundiente es la siguiente:

La cal y la alumina necesitan 10 veces su peso de litargirio;

La magnesia todavia mas;

El sulfato de barita y el sulfato de cal	7 a	8	id. id.
El sulfato de cal	15 a	20	id. id.
El óxido de zinc.	8		id. id.
El óxido de titano.	8		id. id.

La *cerusa* (o albayalde) obra del mismo modo que el litargio; el vidrio de plomo (cristal) es mejor fundiente que el litargio para los criaderos con que no se combina el litargio y que no tienen sílice.

No se emplea el litargio sino en los ensayes que no necesitan una temperatura mui elevada: por ejemplo en los que se hacen con el calor de 27 a 50p.

C. *Flujos alcalinos.*

Carbonato de potasa y carbonato de sosa. Estas sales no solo tienen la propiedad de oxidar, y de quitar el azufre, sino que tambien facilitan la fundicion de varias sustancias; y a este respecto obran como flujos.—Así, la sílice y varios silicatos verifican la descomposicion de estas sales, con desarrollo de ácido carbónico y formacion de silicatos, que son mas o menos fusibles. Se puede facilitar esta descomposicion añadiendo carbon; y en todo caso, cuando se funden con algun silicato metálico estos carbonatos en presencia del carbon, los álcalis que se apoderan de la sílice, facilitan al mismo tiempo la reduccion del óxido metálico.

Los óxidos térreos (cal, magnesia, alumina) no tienen la propiedad de espeler el ácido carbónico de los carbonatos, y no pueden entrar en ninguna combinacion con ellos; solo se esparcen, y se mezclan íntimamente con la materia fundida, disminuyendo mucho su fluidez.

Los mas óxidos metálicos descomponen en parte el carbona-

to de potasa o de sosa, haciendo salir una cierta cantidad de ácido carbónico, y formando un compuesto triple de óxido metálico, álcali y ácido carbónico: para que este compuesto sea fusible, se necesita un exceso de álcali. Así, el deutóxido de cobre mezclado con 3 partes de carbonato de potasa, se funde en una escoria mui fluida, opaca, de color lacre al esterior, y de color verde en el interior.

La cantidad de álcalis que se necesita.

El hierro espático necesita de 3 a 4 veces su peso de carbonatos para fundirse.

El peróxido de manganesa	3	id.	id.	id.
El óxido de estaño	— 5	id.	id.	id.
El óxido de zinc	— 7 a 8	id.	id.	id.

El litargirio se funde en todas proporciones con los carbonatos.

Es mui particular la accion que se verifica entre los carbonatos alcalinos y aquellos de los carbonatos térreos, que no se descomponen con el calor rojo. A esta temperatura se combinan, y forman una masa mui líquida; pero si se aumenta el grado de calor, los carbonatos térreos, descomponiéndose, producen efervescencia, la masa se pone mas y mas espesa, y al fin de la operacion se obtiene un residuo infusible, que es una mezcla de carbonato alcalino y de óxido téirreo caústico. Así el carbonato de cal mezclado con 2 veces su peso de carbonato de sosa, se derritió con el calor rojo en un líquido como agua; y cuando se aumentó el fuego hasta el calor albo, la masa perdió toda su fluidez. El sulfato de cal y el sulfato de barita se funden cada uno con menos de la mitad de su peso de carbonato de sosa.

La sílice o el cuarzo, las arcillas, los silicatos de cal, etc. necesitan 6 a 8 partes de su peso de carbonatos alcalinos, para adquirir una fluidez completa.

El salitre obra tambien como fundiente al calor albo, por la potasa que contiene.

Sal comun. Se emplea a veces esta sal, sea para impedir el contacto del aire con la materia fundida, sea para templar la efervescencia. Mezclándola con un flujo, puede tambien facilitar la fundicion de algunas sustancias; pero tiene el inconveniente de ser mui volátil, y de volatilizar algunos me-

tales de un modo notable. Así calcinando en un crisol de tierra
10 *gr*. de limadura de cobre puro
10 *gr*. de sal comun,
toda la sal se volatiliza: añadiendo despues flujo negro para fundir y reducir todo el cobre, se obtiene solo 9. 7 *gr*, de cobre; y por consiguiente hai una pérdida de 3 por ciento, que no se puede atribuir sino a la volatilizacion del metal por el cloruro de sodio. La sal comun no se combina ni con las tierras (óxidos térreos), ni con los óxidos métalicos, ni con los súlfuros.

Flujo negro y sus equivalentes. Es el reactivo mas útil, y se emplea mui a menudo en los ensayes por la via seca. Consta de una mezcla de carbonato de potasa y de carbon mui fino: por esto produce la reduccion de los óxidos al mismo tiempo que facilita la fundicion.

Modo de hacer el flujo negro.

El flujo ordinario se hace con 2p. (a lo ménos) de crémortártaro y 1p. de salitre. Se muelen las dos sales por separado, despues se mezclan íntimamente, y se echa la mezcla en una cazuela de hierro: se le pega fuego por medio de un carbon encendido, y se deja arder el todo, sin revolver la materia. Concluida la combustion, se muele el flujo, y se pasa por un tamiz de clin tupido, ántes que se enfrie; y se guarda en un frasco bien tapado, para que no atraiga la humedad.

Las mas veces se necesita un flujo que tenga mas carbon que el anterior; y para esto, se prepara con 3p. de crémortártaro y 1p. de salitre.

Inconveniente.

Estos flujos tienen el inconveniente de producir mucha efervescencia, sobre todo, al principio de la operacion; por esto, no se debe llenar el crisol sino a los dos tercios de su capacidad, y como por otra parte algunos minerales difíciles de fundir, necesitan a lo ménos 3p. de su peso de estos flujos, se sigue de allí, que en muchos casos se han de emplear crisoles mui grandes.

Para evitar estos inconvenientes, y hacer un flujo mas fundiente, suelen añadir los ensayadores una cierta proporcion de borax; y entonees es preciso ayudar la combustion del flujo, enrojeciendo la cazuela en un hornillo de calcinacion.

Flujo para ensayes de cobre.

Un flujo mui cómodo, particularmente para los ensayes de cobre, se hace del modo siguiente:

Se toma 5 partes de crémor-tártaro,
2 id. de salitre,
1 id. de borax.

Se coloca la cazuela en un hornillo de calcinacion, y se calienta hasta enrojecer el fondo; se echa despues la mezcla por porciones en la cazuela, y se deja arder sin revolver la masa, continuando siempre en calentar la cazuela. En esta operacion se produce mucha efervescencia, se hincha la masa; y luego que toda se pone negra, se quita la cazuela, e inmediatamente se muele la sal en un almirez de hierro, se cierne, y se coloca en una botella donde se ha de guardar bien tapada.

El carbon que se halla en el flujo negro, está al estado de un polvo impalpable, adhiriendo a las bartículas alcalinas; por esto no impide la fundicion, y está siempre esparcido de un modo uniforme en todas las partes de la materia fundida.

El flujo ordinario contiene 5 por ciento de carbon y 4 por ciento de carbonato de cal. El flujo que se prepara con 2½p. de crémor-tártaro bruto y 1 de salitre, contiene 8 por ciento de carbon y 5 por ciento de carbonato de cal: en fin, el que se hace con 3p. de crémor-tártaro y 1 de salitre, tiene 12 por ciento de carbon y 6 por ciento de carbonato de cal.

Mezclas equivalentes. Se puede reemplazar el flujo negro con una mezcla de carbonato de sosa puro y fundido con varios reductivos: el carbonato debe ser bien molido y cernido; el carbon que se añade, se ha de moler tambien en polvo mui fino, y se emplea mui seco. Se pueden hacer tres clases de flujo:

Carbonato de sosa 94 — 88— 82
Carbon — 6 — 12— 18;

pero ninguno puede adquirir tanta fluidez por el fuego, como el flujo negro.

En lugar de carbon, se puede tambien hacer uso de azúcar o de almidon.

Crémor tártaro. Esta sal consta de tartrato ácido de potasa y un poco de tartrato de cal: el crémor-tártaro bruto contiene tambien una cierta cantidad de materia vejetal, que le da un color lacre. El tartrato ácido puro consta de

Potasa — 0,2488,
Acido tátrico 0,7038,
Agua — 0,0474.

Este reactevo obra del mismo modo que el flujo negro, y es capaz de reducir mas óxido que el flujo, porque contiene mas combustible; pero, por la misma razon, tiene el inconveniente de hacer difícil la fundicion del mineral.

Flujos compuestos. Muchos flujos compuestos no metálicos han sido inventados por los ensayadores; pero ninguno, segun la opinion de Berthier, es tan bueno y tan cómodo como el flujo negro. Así, el flujo de Crammer consta de

Crémor-tártaro 60,
Vidrio molido 30,
Carbon — 10.—Este fllujo tiene demasiado carbon, y debe ser poco fusible.

Flujo de Pelair:—Vidrio — 50
Sal comun 50.—Este flujo no sirve sino para librar la sustancia fundida del contacto del aire; y para esto es preferible la sal comun pura.

Flujo de Guyton.—Vidrio molido 85
Borax — 10
Carbon — 5.—Este flujo puede ser bueno para hacer ensayes con una temperatura elevada: es un vidrio mui fusible; pero no lleva ninguna ventaja al borax puro.

Flujo de Chaptal.—Borax — 60
Cal — 6
Salitre — 34.—El borax puro es preferible a este flujo.

CAPITULO IV.

LOS COMBUSTIBLES Y MODOS DE ENSAYARLOS.

§ 1.° DE LOS COMBUSTIBLES EN JENERAL, Y DEL MODO DE ENSAYARLOS.

1 Composicion. Los combustibles se componen esencialmente de carbon, hidrójeno y oxíjeno; mui a menudo contienen tambien azoe. Estos cuatro elementos se hallan en proporciones mui variables, pero siempre de modo que el carbon y el hidrójeno *sobran,* es

decir, se hallan en cantidad mas que suficiente para formar con el oxíjeno, ácido carbónico y agua.

Este *sobrante* de carbon y de hidrójeno se combina con el oxíjene del aire, cuando el combustible se pone a un grado de calor tan elevado que se enciende. Durante esta combinacion que se llama combustion, se desarrolla mas o ménos colórico. La combustion se verifica unas veces con llama, otras veces sin ella. Cuando el combustible no contiene ningun *sobrante* de hidrójeno, o bien cuando la combustion es tan completa que de ella no resulta ninguna otra cosa mas que ácido carbónico y agua, el combustible arde sin llama; y por lo contrario se produce llama, cuando el combustible es capaz de dar por destilacion gaces o vapores que pueden arder, o lo que es lo mismo, absorber oxíjieno del aire. La llama tanto mas relumbra cuanto mas *carbono* contiene; y en jeneral las llamas se consideran como unas mezclas de gaces y vapores, que en el acto de combinarse, encierran todavia en su interior partículas de carbon, las cuales, por el mismo desarrollo de calórico que proviene de esta combinacion, se calientan hasta ponerse luminosas.

Llama.

Calentar un combustible sin contacto del aire, se llama *carbonizarlo;* en esta operacion se exhalan todas las sustancias gaseosas y líquidas; y cuando el calor se ha llevado al apuntar calor rojo blanco, y por un tiempo suficiente, no queda otra cosa mas que una masa sólida, negra, que se llama *carbon*, cuando proviene de los combustibles vejetales; y se llama *cok*, cuando resulta de la carbonizacion de un combustible mineral.

Carbonizacion.

Carbonizar en unos vasos cerrados, se llama *destilar*. Las sustancias gaseosas que se desarrollan en la destilacion de los combustibles, son: ácido carbónico, óxido de carbon, hidrójeno puro, hidrójeno proto-carbonado, azoe, amoniaco, e hidrójeno sulfurado. Estos gaces se hallan casi siempre mezclados con unos vapores aceitosos, que no se condensan por la presion atmosférica. Las sustancias líquidas, que provienen de la misma destilacion, son: agua, unas veces amoniacal, otras veces acidulada por el ácido acético, varios aceites (huiles empyreumatiques, pirogénées) mui líquidos, de color amarillo pálido, y en fin, aceites espesos de un amarillo pardo, que se llaman alquitran.

Destilacion.

Para adquirir un conocimiento completo de un combustible,

en cuanto un metalurjista tiene necesidad de conocerlo para sus operaciones, es preciso determinar en una *analisis inmediata*, la naturaleza y la proporcion de los gaces, de los líquidos y del carbon que se producen en la calcinacion de este combustible sin contacto del aire, y en fin, la cantidad del calórico que emite en su combustion. Esta cantidad de calórico que un combustible emite o puede emitir en circustancias determinadas, se llama *poder calorífico*.

Modo de analizar un combustible.

El aparato mas sencillo para una analísis inmediata, es una pequeña retorta o un tubo de vidrio como de 5 líneas de diámetro, cerrado por un estremo y encorvado en forma de una retorta. Se adapta a la boca de este tubo un corcho atravesado por un tubo mas angosto y tambien encorvado, de modo que pueda conducir los gaces al recipiente de una cuba de mercurio. Se introduce en el fondo (es decir en la panza) de la retorta un peso determinado *p. ex.* de 100 a 200 granos de combustible reducido a polvo grueso o mejor a unos pedacitos pequeños: un polvo demasiado fino se adheriria al cuello de la retorta en todo su largo sin pasar al fondo. Despues se une el tubo angosto con la retorta; y se rodea la panza en un hornillo de evaporacion, con carbon encendido, de modo que se caliente por sí sola, y el cuello esté algo inclinado hácia su estremo abierto, a fin de que las sustancias líquidas puedan pasar a esta parte sin recaer en la panza.

Se principia por calentar lenta y gradualmente; y al fin se aumenta el fuego hasta ablandar el vidrio. Despues se deja enfriar completamente el aparato; y cuando ya está a la temperatura del aire, se mide el volúmen del gas en el recipiente; se corta con una lima la panza o la parte corva del tubo ancho donde se halla el carbon; se hace despegar este último, y se pesa inmediatamente. En cuanto a los líquidos, solo se puede recojer una parte de ellos, la que se reune en la parte encorvada del tubito angosto, mientras que todos los líquidos espesos, principalmente los aceites que se desarrollan a fines de la operacion, adhieren fuertemente al vidrio. Se determina el peso de estos, pesando primero el tubo con los líquidos pegados al vidrio; despues se quebranta el mismo tubo en pedazos gruesos; se vuelve a calentar con el calor rojo, hasta que se ponga perfectamente limpio, y otra vez se pesa. La pérdida

del peso corresponde al peso de los líquidos que habia adentro.

Sustancias líquidas.

Cuando se quiere solo examinar las sustancias líquidas, que se producen en la destilacion, se hace la operacion como antes; pero en lugar de adaptar al cuello de la retorta otro tubo y hacerlo parar en la cuba de mercurio, se mete la boca de la retorta sucesivamente durante la operacion en unos pequeños matraces o botellitas livianas de peso bien conocido: cambiando estas botellas de tiempo en tiempo, y volviendo a pesarlas, se recojen separadamente diversas fracciones de las materias líquidas, que corresponden a diversas épocas de la destilacion. Para tener la proporcion total de los líquidos, se debe agregar a estas fracciones el peso de los líquidos que adhieren al cuello de la retorta, el cual peso se determina por el método anterior.

Carbon. Cuando la destilacion se hace en unos aparatos de vidrio, siempre se obtiene una proporcion de carbon demasiado grande, porque no podemos aumentar bastante fuego para hacer salir todas las sustancias volátiles, sin que se funda al mismo tiempo el vidrio. Por esto, para conseguir exactamente la proporcion de carbon, lo mejor es poner en un crisol de platina 100 a 200 granos (10 g.) de combustible; y colocado este crisol bien tapado en otro un poco mas grande e igualmente tapado, esponer todo a un calor rojo albo en un hornillo de calcinacion. Para evitar que una parte del carbon, cuyo peso queremos determinar, se consuma con el contacto del aire, se ponen tambien encima de la tapa del crisol interior, algunos pedacitos de carbon, a fin de que el aire esterior que entra, siendo absorbido por estos pedacitos y convertido en ácido carbónico, no pueda ejercer alguna accion sobre el combustible que sometemos a la destilacion.

Ceniza. Para determinar la proporcion de la ceniza, se toman 200 granos (10 g.) de combustibles en polvo; y se calcinan con el contacto del aire en una pequeña tacita de porcelana o de platina, teniendo cuidado de revolver el polvo con una espátula, a fin de renovar la superficie de todo, y evitando de perder las partículas mui finas de la ceniza, que se van comunmente al aire con mucha facilidad. Se hace esta operacion en la mufla de un hornillo de copelacion, o en una lámpara de alcohol; pero se puede tambien verificar en un hornillo de calcinacion ordinario.

Poder calorífico. Se sabe que no todos los combustibles, por igual peso, emiten igual cantidad de calórico, cuando arden; esta cantidad no se puede medir de un modo absoluto; pero se pueden comparar las diversas cantidades de calórico emitidas en la combustion de diversos combustibles, comparando entre sí los efectos que estas cantidades producen. Para comparar estos efectos, unas veces se busca cuanta agua los diversos combustibles pueden evaporar; otras veces, cuanto hielo pueden derretir, y otras veces de que cantidad de agua pueden aumeutar la temperatura de un grado del termómetro o bien, lo que es lo mismo, de cuantos grados puede elevar la temperatura de un peso de agua igual al de conmbustible: en todo caso se supone que la combustion se verifica completamente y en las mismas circunstancias. El último término de comparacion es el que se usa actualmente; y se toma siempre por unidad de comparacion, (unidad calorífica) un peso de agua igual al peso del combastible consumido, y calentado hasta tomar 1.° de temperatura mas de la que tenia: esta unidad se llama *caloría* (caloríe).

La determinacion del poder calorífico en *calorías*, se hace directamente por medio del calorímetro del Rumfort, que se compone de una cuba rectangular de cobre delgado, sostenida por 4 pies, y atravesada por un serpentin horizontal. Este serpentin está abierto por un estremo en la parte inferior de la cuba, y por el otro en la parte superior; en la boca de aquel estremo terminada en forma de embudo, se hace arder sobre una rejilla un peso determinado del combustible que se intenta examinar; y en la cuba se vierte un peso determinado de agua por una abertura hecha en la misma pared de la cuba, teniendo cuidado de tapar esta abertura con un corcho atravesado por un termómetro.

El calorímetro de Rumford da siempre resultados inexactos por la pérdida de calórico que es inevitable, tanto en el hogar mismo, por el calórico radiante que se dispersa en todos sentidos, como por el que llevan consigo los gases de combustion al salir del serpentin. Varios otros calorímetros mas perfectos se han propuesto y se han empleado para obtener resultados exactos; pero los mas tienen el inconveniente de ser demasiado complicados, inaccesibles al uso de los ensayadores y los fundi-

dores, y exijen prolijidad que solo en las investigaciones puramente científicas es dado de practicar.

De todos los métodos que se han inventado para determinar el poder calorífico de unmodo aproximativo, el mas fácil y mas pronto para los metalurjistas es sin duda el método de Berthier por medio del litarjirio.

Ensaye de un combustible por el litarjirio. Este método se funda en la suposicion de que las diversas cantidades de calórico emitidas por la combustion de los diversos combustibles, se hallan exactamente entre sí en razon directa de las cantidades de oxîjeno que estos combustibles absorven durante la combustion. Si esta suposicion fuera exacta se podria, conociendo bien de que elementos se compone un combustible, determinar por el cálculo su poder calorífico. En efecto, bastaria para esto buscar con cuanto oxíjeno deberia combinarse el combustible (a mas del oxíjeno que tiene él mismo) para que se transformase completamente en ácido carbónico y agua, y comparar despues esta cantidad con la que se absorve por otro combustible cuyo poder calorífico se ha determinado por esperiencia, por ejemplo, por el carbon puro.

Admitido este principio, resulta que, sin conocer la composicion de un combustible, se podrá determinar su *poder colorífico*, siempre que se pueda determinar el peso del oxíjeno que este combustible absorve durante la combustion. Esto se consigue mediante algunos óxidos, que se reducen con tanta facilidad, cuando se los hace calentar con un combustible, que este se halla completamente quemado, sin que alguno de sus elementos pueda escaparse a la accion del oxíjeno, o desarrollarse al estado de vapor durante la operacion. Conociendo pues la composicion del óxido, se conocerá siempre el peso de oxíjeno absorvido por el combustible, por el peso del metal que resulta de aquella reduccion, con tal que el metal y el óxido sean fusibles, porque de otro modo seria imposible separarlos. Ninguno de estos óxidos reune propiedades mas ventajosas para estas clases de operaciones, que el litargirio, que es mui fusible, mui reductible, y no deja escapar ningun elemento del combustible sin quemarlo, menos algunas sustancias betuminosas mui volátiles de algunos combustibles minerales.—La operacion se efectua del modo siguiente.

Operacion. Se toma 1 gramo (20 granos) de combustible reducido al polvo mas fino posible; y se mezcla con una cantidad de litargirio un poco mayor que la que puede reducirse por este gramo de combustible, que será lo menos 20 gramos, y cuando mas 40 gramos, variando esta proporcion segun la naturaleza y el aspecto del combustible. Se introduce esta mezcla al fondo de un buen crisol de tierra refractaria; y se ponen por encima 20 a 30 gramos de litargirio puro: el crisol no se debe llenar sino cuando mas, a la mitad de su altura. Se coloca este crisol sobre un apoyo en un hornillo de calcinacion, que se ha de calentar de antemano, y debe estar lleno de carbon bien encendido; se tapa el crisol con su tapa de tierra; y se va aumentando el fuego gradualmente. A medida que la operacion avanza, la masa se ablanda, hierve, se hincha, y al fin se funde; luego que esté fundida, se cubre la tapa del crisol con carbon; se adapta el tubo de aspiracion; y se da un golpe de fuego por 10 minutos, a fin que todo el plomo que se ha reducido, pueda reunirse en una sola masa. Se saca el crisol, se enfria al aire, se quiebra; y se retira la esferilla de plomo que se pesa. Cuando este plomo es poco dúctil, y se divide en hojitas, es prueba que la operacion se ha hecho demasiado pronto, y que el metal se halla todavia penetrado de un poco de litargirio, que no deja de aumentar sensiblemente su peso. Aunque esto poco influye en los resultados del ensaye, mejor es volver a repetir la misma operacion, manteniendo el crisol en el fuego por un poco mas tiempo que antes, sin prolongar demasiado esta operacion, por que en este caso se corroeria el crisol, y se agujerearia.

En lugar de dejar enfriarse la masa en el crisol. se puede vaciarla inmediatamente en un molde de hierro; y de este modo, si el crisol es de buena calidad, puede servir para dos y aun tres operaciones. Conviene sin embargo tomar un crisol nuevo para cada ensaye, cuando se quiere obtener resultados exactos; y aun se debe repetir cada operacion a lo menos dos veces. Se advierte tambien que, para adquirir seguridad, solo se debe contar con los resultados, que no se diferencian entre sí de mas de 1 a 2 decígramos (2 a 4 granos).

Precauciones.

El mejor litarjirio del comercio es siempre algo rojizo, porque contiene un poco de mínio. La proporcion de este último

es comunmente mui pequeña: sin embargo para que no influya en los resultados, se evita de agregar gran esceso de litargirio; o bien, se funde de antemano el litargirio en un crisol sin adicion de carbon, o con adicion solo de una milésima parte de su peso; se deja enfriar la masa en un crisol tapado, se la muele despues, se cierne, y se hace uso de este litargirio purificado, como se ha dicho antes.

Cálculo.

Se sabe que el *carbono* puro produce con el litargirio puro 34 veces su peso de plomo, y el hidrójeno 103,7 veces su peso; es decir un poco mas que 3 veces tanto como el carbon. Con estos datos se puede determinar el equivalente de un combustible, sea en *carbono*, sea en hidrójeno, es decir, a cuanto *carbono* o hidrójeno equivale un combustible con respecto a su *poder calórífico*. Cuando un combustible contiene materias voláiles, se sabe la proporcion de ellas por una análisis inmediata. Conociendo pues la proporcion de plomo que proviene del ensaye del mismo combustible, sabremos a cuanto carbon equivalen las sustancias volátiles; y por consiguiente de qué valor o *poder calorífico* son las sustancias que se pierden comunmente en la *carbonizacion* de un combustible. Supongamos que un combustible destilado, como hemos dicho antes, produce una cantidad C de carbon y otra U de sustancias volátiles; y que a mas de esto, dá un peso P de plomo en un ensaye por litargirio. La cantidad C de carbon corresponderia a 34 veces C de plomo; y por consiguiente restando esta cantidad de plomo del peso P de plomo (es decir P-34 C), obtendremos la cantidad de plomo que producen con el litargirio las sustancias volátiles; y como la cantidad de *carbono* que corresponde al plomo, es 34 veces menor que este, luego 1/34 (P-34C) será equivalente en carbon, a la parte volátil del combnstible.

Ejemplo:—1 gramo (20 granos) de carbon fósil de Concepcion fundido con 40 gramos de litargirio, ha dado 21 gr, 188 de plomo.—Diremos: si 34 gr. de plomo corresponden a 1 gr. de carbon puro, 21 gr, 188 de plomo han de corresponder a 1/34 (21 gr,188)=0gr,623: es decir que cada 1000 quintales de carbon fósil de Concepcion equivalen a 623 quintales de carbon puro. Pero 10 gramos del mismo carbon fósil sometidos a una análisis inmediata, es decir destilados, calcinados

etc. han dado carbon fijo	gr. 4,106	por 1 gramo,	gr.	0,4106
ceniza	— 0,284	—	—	0,0284
materias volátiles, líquidas y gascosas	5,610	—	—	0,5610
	gr. 10,000			1,00000

Todo el plomo que provenia de 1 gr. de combustible, pesó 21 gr, 118=P; luego 0gr, 4106 de carbon puro hubieran producido solo

34 veces 0gr, 4106, es decir, 13 gr, 96 de plomo; por consiguiente, restando esta cantidad de 21 gr, 188, lo que queda, es decir, 7 gr, 228 es la cantidad de plomo que se ha reducido por la combustion de las materias volátiles; y como la cantidad de carbon puro que corresponde al peso del plomo, es siempre 34 veces menor que éste, se sigue de allí que las sustancias volátiles de 1 gr. del combustible, equivalen con respecto al efecto calorífico que pueden producir, solo a 0gr, 212 de carbon puro, o bien a 212 quintales de carbon por cada 1000 quintales de combustible.

Estas operaciones tan sencillas y fáciles de verificar, dan a conocer el valor relativo de diversos combustibles, y pueden indicar el mejor partido que se pueda sacar de ellos.

Caloría. Ahora, conociendo la proporcion de plomo que un combustible puede producir con el litargirio, resta saber: ¿cómo se deduce de esto la *capacidad calorífica* del mismo combustible en *calorías*? Se sabe por unos esperimentos directos, hechos con la mayor prolijidad por Despretz, que una libra de carbon puro emite en su combustion tanto calórico, que con él puede hacer subir la temperatura de 7815 libras de agua de 1. ° del termómetro cent: esto quiere decir que el carbon puro emite en su combustion 7815 unidades caloríficas o calorías. Y como el carbonpuro produce con el litargirio 34 veces su peso de plomo, se sigue de esto que cada parte de plomo corresponde a 7815/34=230 unidades o calorías. Aplicando esto a nuestro ejemplo, veremos pues que el carbon fósil de Concepcion, produciendo 21 2/10 veces su peso de plomo, cuando se funde con el litargirio, su capacidad calorífica o poder calorífico es 230 veces 21, 2/10, lo que equivale a 4896 *calorías*.

El método de Berthier, a mas de ser fácil y cómodo, seria

mui exacto, si la suposicion en que está fundado, "*que las cantidades de colorico emitidas por diferentes combustibles son proporcionales a las cantidades de oxijeno absorvido*" fuera exacto. Pero la cantidad de calórico producida en la combustion debe precisamente depender de la capacidad calorífica de los cuerpos producidos en esta combustion, y tambien, los cuerpos que por su combustion producen algun compuesto sólido o líquido deben emitir mas calórico que los que en igual caso producen algun gas.

Es por consiguiente natural que el carbon convertido por la combustion en óxido de carbon o ácido carbónico, y el hidrójeno en agua, no deben producir cantidades de calórico proporcionales a las de oxíjeno absorvido, y los esperimentos de Dulong confirman completamente esta suposicion.

En efecto, resulta de los datos hallados en los papeles de este sábio, despues de su muerte, que el poder calorífico del hidrógeno y del carbono que pasa a diversos estados de combinacion con el oxíjeno, puede representarse por los números siguiente:

Hidrójeno, en calorias	34,742
Carbono al pasar al estado de óxido .	1,386
Id. al pasar al estado de ácido .	7,170

Por consiguiente, apesar de que, por igual peso de combustible, el hidrójeno obserbe como 3 veces tanto oxígeno que el carbono al convertirse en ácido carbónico, el primero en su combustion emite casi 5 veces mas calórico que el segundo. Y como los combustibles empleados en la metalurjia contienen, segun hemos dicho (pag. 46), a mas de carbono, un exceso de hidrójeno cuya proporcion es mui variable, y en cuya combustion se desarrolla mucho mas calórico que lo que se supone en los ensayes de Berthier, resulta que los resultados de estos ensayes dan para el poder calorífico números siempre inferiores a los verdaderos y tanto mas inexactos cuanto mas hidrójeno contiene el combustible.

Pero estas consideraciones nos revelan que sin someter un combustible cualquiera a una combustion completa, y sin necesidad de apreciar directamente los efectos caloríficos de esta combustion, podemos de antemano calcular el poder calorífico de este combustible si conocemos su composicion, es decir, las

proporciones de carbono, oxíjeno e hidrójeno que lo constituyen.

Admítese para esto, que la cantidad de calórico desarrollado por un combustible compuesto, es igual a la suma de las cantidades de calórico producidas por sus elementos: se entiende que se ha de restar de la cantidad total del hidrójeno lo que se absorve por el óxijeno del combustible; tomemos por ejemplo la antracita de Pensilvania cuyo análisis ha dado

Carbono.	0,9045
Hidrójeno	0,0243
Oxíjeno	0,0245
Ceniza	0,0467

Restando de la cantidad de hidrójeno la que corresponde a 0,0245 de oxíjeno, tenemos 0,0209 para el exceso de hidrójeno cuya combustion produce calórico. En tal caso el poder calorífico total del combustible será igual a

$$0.9045 \times 7170 + 0.0209 \times 34742 = 7211.$$

Este resultado presenta la mayor exactitud de que son susceptibles los métodos científicos actuales. Pero el análisis exacto del combustible es operacion mui delicada que no siempre podrá efectuar un ensayador o director de establecimientos metalurjicos y no por esto hemos de renunciar al uso mui fácil y cómodo del método de Berthier. Sus resultados, en primer lugar, poco se apartaran de los verdaderos, para los combustibles que contienen mui poco hidrójeno en exceso, como son los antracitas, el coke, el carbon calcinado, algunas leñas, turbas, etc.; en segundo lugar, determinado que sea por este método y del modo como está indicado en la páj. 54 la cantidad de calórico que produce la parte volátil del combustible, se sabrá, por esta cantidad, el grado de confianza que podrá inspirar el ensaye; pues, en jeneral, esta cantidad de calórico pende de la cantidad del hidrójeno que se halla en exceso, y el ensaye será tanto mas aproximado a la verdad cuanto menor sea el poder calorífico de la parte volátil del combustible. En fin, a pesar de que las materias volátiles combustibles varian de composicion y pueden ser mas o menos hidrojenadas en las diversas especies de carbon, leña o turba, los ensayes de Berthier darán resultados comparativos en la práctica bastante exactos, a lo menos para combustibles de la

misma naturaleza y de cantidades de calórico desarrolladas por sus partes volátiles poco variables.

§ 2.° DE LAS DIVERSAS ESPECIES DE COMBUSTIBLES.

Los combustibles que se usan en la metalurjía, son la leña, el carbon de leña, la turba, diversas especies de carbon fósil (carbon de piedra), que se conocen bajo el nombre de *ullas*, y en fin, el carbon que proviene de la carbonizacion de las ullas, y se llama cok, (palabra inglesa, admitida actualmente en todos los idiomas de Europa).

Leña. Todas las especies de leña constan de carbon, de hidrójeno y oxíjeno en proporciones exactamente propias para formar agua; a mas de esto tienen ceniza y una cantidad de agua ya formada, que se halla como encerrada en los poros de la leña, y se puede casi completamente espeler de ella, exponiendo la leña a una temperatura de 150 a 160 grados cent, sin que por esto la leña principie a carbonizarse. Esta agua se llama *agua higrométrica;* y no se debe equivocar con la otra que se llama *agua de combinacion*, y que proviene de la combinacion del hidrójeno y oxíjeno, que son elementos constitutivos de la leña. Esta combinacion no se verifica, sino durante la *carbonizacion*, es decir, durante la destruccion completa de la leña: espelida una vez esta agua, ya no puede volver a entrar en combinacion con el carbon para reconstituir la leña; mientras que el agua higrométrica sale sin alterar la naturaleza de la leña, y puede otra vez entrar en ella, por la propiedad que tienen todas las especies de leña de absorver la humedad.

Composicion.

Pero, no solo son siempre los mismos los elementos que entran en la composicion de toda clase de leña, sino que tambien estos elementos se hallan en ella siempre en las mismas proporciones, cualquiera que sea la especie de la leña, con tal que esté bien seca y purificada del *extracto*, de las *gomas*, de las *resinas* y de los *principios colorantes*. En efecto, estas sustancias no constituyen la *parte leñosa* de la madera; y solo se hallan como disueltas en el jugo vejetal: a veces se encuentran en proporcion mui considerable; y se pueden separar de la leña haciéndola hervir primero en agua y despues en alcohol.

Las leñas ordinarias, (las que tienen poca sustancia colorante), secadas al aire, lo menos por un año, se componen de

Carbono	—	—	0,3848
Ceniza	—	—	0,0100
Agua de combinacion	—		0,3552
Agua higrométrica	—		0,2500
			1,0000

Resulta de esto que las diversas especies de leña se diferencian entre sí solo por su densidad o peso específico, y que por consiguiente, con igual peso, todas pueden producir la misma cantidad de calórico: todas tienen el mismo poder calorífico. Se sigue de esto tambien que con igual volúmen, aquella especie que tiene mayor densidad, dará mas calórico en su combustion. Pero se supone que todas se hallan al mismo grado de sequedad, lo que no es fácil conseguir en la práctica. Los repetidos esperimentos de Berthier hechos sobre diversas especies de leña, tomadas en el mismo estado en que se usan en la industria, hacen ver que el *poder calorífico* de ellas varia entre 2791 *calorías* y 4531. Segun Peclet las leñas en el estado ordinario de desecacion, contienen 20 a 25 p. c. de agua y su poder calorífico varia de 2700 a 2800 calorias. Otros esperimentos hechos sobre una misma especie, pero tomada en diversos grados de sequedad, han probado: 1.° que el poder calorífico del resíduo de la destilacion de la leña, va aumentando a medida que la destilacion avanza; pero nunca llega a ser igual al poder calorífico del carbon puro: 2.° que secando la leña a la temperatura de 100°, no se exhala otra cosa mas que agua; y la leña no pierde nada de su poder calorífico: 3.° aumentando el calor hasta que la leña principie a descomponerse (carbonizarse), se ve que se pierde una parte de la materia combustible; esta pérdida es tanto mayor cuanto mas se eleva la temperatura, y cuanto mas repentina se hace la carbonizacion; de modo que en caso de una carbonizacion completa, verificada repentinamente, el poder calorífico de aquella porcion de materia combustible que se pierde, llega a ser igual como a $\frac{2}{3}$ del poder calorífico total que habia tenido la leña intacta.

Poder calorífico.

Teniendo presente que el vapor de agua, que se desarrolla

en la combustion de la leña, absorbe (hace latente) una cierta cantidad de calórico, resulta que, para sacar la mayor ventaja de un combustible, seria preciso secarlo completamente, en cuanto sea posible, sin descomponerlo. Es cierto que en ningun caso, esta leña con igual peso daria tanto calor como el carbon puro; pero puede ser que, calcinando de un modo incompleto, por ejemplo, hasta que el resíduo retenga 12 a 15 por ciento de partes volátiles, resulte un combustible mas denso que el carbon; y que con igual volúmen dé tanto calor como este último. Con esta condicion debe cumplir el combustible destinado para producir el mayor grado de temperatura posible; y como la leña se contrae gradualmente a medida que la carbonizacion avanza, sobre todo cuando la operacion se efectúa lentamente, la suposicion que se acaba de hacer, no seria inverosímil.

Carbon de leña. Se calcula que en grande, la leña produce como la 5.ª parte de su peso de carbon. Este carbon no es puro; y aun cuando está recien preparado, retiene todavia una porcion bastante considerable de materias combustibles volátiles, que producen una pequeña llama en los primeros momentos de la combustion. Segun Davy, el carbon aun espuesto al calor albo, contiene todavia un poco de hidrójeno. Pero un carbon que queda por algun tiempo con el contacto del aire, atrae la humedad, y condensa en sus poros agua hidrométrica: y por esto, la proporcion de carbon puro rara vez llega a 90 por ciento en el carbon ordinario, la de ceniza varía de 1 a 6 y 7 por ciento, y la de las sustancias volátiles alcanza a veces a 20 y mas por ciento.

Poder calorífico.

El carbon ordinario no da comunmente mas que 29 a 30 veces su peso de plomo con el litargirio; y no puede evaporizar mas que 10 a 11 veces su peso de agua, lo que corresponde a 6700 o 6900 calorías.

La práctica demuestra, 1.° que con volúmenes iguales, el carbon de leña dura da mas calor que el de leña blanda; pero en el peso los efectos caloríficos presentan poca diferencia; y talvez el carbon de las leñas blandas lleva alguna ventaja; 2.° el carbon recien preparado arde con mayor facilidad; pero despues de estar guardado por algun tiempo en los almacenes, da mas calor; 3.° el carbon que proviene de la destilacion,

arde mas rápidamente; pero no es capaz de producir tanta temperatura como el ordinario.—En fin, a pesos iguales, el carbon tiene *poder colorífico* doble de la leña; y aunque al volúmen la diferencia es menos grande, nunca con la leña podemos producir una temperatura tan elevada como con el carbon. Por esto, en las operaciones metalúrjicas que exijen una temperatura elevada, no se usa la leña, sino el carbon; y aun para otras que no necesitan llama, se prefiere este último, aunque carbonizando la leña, se pierde, como hemos dicho, la mitad de la materia combustible de ella.

Turba.—La *turba* (champa) es un combustible esponjoso, lijero, pardo o negruzco, en el cual se advierten siempre materias vejetales, que no se han alterado; y se forma de la acumulacion de las plantas herbáceas y acuáticas que crecen en los pantanos; pertenece a los depósitos modernos, y aun en ciertas localidades se forma todos los dias: algunas veces cubre terrenos inmensos en las partes mas bajas de los continentes; tambien se encuentra en los valles, en las gargantas y mesetas de las montañas elevadas.

El poder calorífico medio de la turba seca es casi igual al de la leña, y a veces mayor. Se puede carbonizar como la leña, y la pérdida de materia combustible que resulta de la carbonizacion de la turba, equivale a $\frac{2}{3}$ del carbon que queda.

Carbon fósil.—Todas las especies de carbon fósil, constan de los mismos elementos que los que entran en la composicion de los combustibles vejetales, como son el carbono, el hidrójeno, el oxíjeno y a veces azoe. Estos elementos se hallan combinados en mui diversas proporciones; pero no cabe duda en que todas las especies de carbon fósil provienen de la alteracion, por causas que todavia no se conocen, de las plantas y árboles de diversas especies.

Clasificacion.

Se encuentra el carbon fósil en todos los terrenos desde la formacion mas *moderna* hasta las que se llaman *intermedias*; pero lo que hai de notable en esto, es que, mientras mas moderna es esta formacion, mas se parece el carbon por su composicion, a las materias vejetales de la época actual, no descompuestas. Se dividen comunmente todas las especies de carbon fósil que se usan en la metalurjia, en tres clases: *lignitas*, *ullas* y *antracitas*.

Lignita.—Se dió al principio este nombre al carbon fósil, que conserva todavia la forma o la textura interior de la leña. Despues se ha estendido el mismo nombre a las especies, que apesar de ser compactas, sin indicio alguno de contextura leñosa, y mui parecidas a las ullas, no se hallan sino en los terrenos modernos que los jeologos llaman *terciarios*, posteriores a la formacion *cretacea*. Los alemanes distinguen tres especies de lignita (braun kohl): *lignita fibrosa*, *lignita terrosa* y *lignita betuminosa* o compacta (pech kohle). Las dos primeras son por lo comun mas modernas, la última suele hallarse tan parecida por sus caracteres a las ullas, que su nombre se toma mas bien en el sentido jeolójico que industrial.

Propiedades.

Las lignitas pertenecientes a esta última clase son negras o pardas, compactas, de fractura desigual, y muchas veces concóidea y lustrosa. Su peso específico es cerca de 1,2. En la destilacion, producen gaz inflamable (o de alumbrar) agua algo acidulada, y aceites (alquitran); exhalan casi todas un olor desagradable, particular, que no es él de la ulla. Las mas veces el residuo de la destilacion de ellas, queda en pedazos de la misma forma que la que tenia el combustible crudo. Sin embargo, algunas como la de la provincia de Concepcion se funden y se esponjan formando un cok mui liviano y quebradizo. Segun Mayer, pueden las lignitas de esta especie producir un cok bastante firme y bueno si se someten a un procedimiento de carbonizacion *lenta*, en el acto de sacarse de la mina, *es decir*, *antes que el aire ha obrado sobre ellas*. En la combustion, arden comunmente con una llama larga, de poco calor, mezclada con humo, que esparce en el aire el mismo olor que el que se siente en la destilacion. Las materias estrañas que se hallan en ellas, y que concurren a producir ceniza, son: las arcillas, el carbonato de cal y las piritas.

Composicion.

Las siguientes especies sometidas a una análisis inmediata, han dado por composicion:

	de Alemania. (1)	de Francia. (2)	de Francia. (3)	de Chile. (4)
Carbon	0,429	0,493	0,484	0,411
Ceniza	0,046	0,039	0,056	0,028
Materias volátiles	0,523	0,468	0,460	0,561
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Lignita comun de Alemania; compacta, de un color pardo negruzco sin lustre, y en algunas partes lustrosa; da 18,4 partes de plomo con el litargirio; y por consiguiente las materias volátiles corresponden a 0,11 de carbon (Berthier).

(2) Proviene de l'Enfant-Dort,—de un terreno calizo moderno; es negra, de fractura lustrosa; contiene algo de piritas; se emplea con mucha ventaja en las fraguas. No cambia de forma por calcinacion, da 21 partes de plomo con el litargirio; y por consiguiente las materias volátiles equivalen a 0,13 de carbon; estas materias constan de una agua ácida, de aceites y de 0,218 de gaces combustibles. Esta lignita puede servir como las verdaderas ullas, para hacer cok, para los hornos (Berthier).

(3) Viene de Saint-Lon. Negra, empañada, de fractura compacta sin lustre; en la destilacion da mucha agua un poco ácida, despues aceites mui volátiles, mui líquidos, de un amarillo pálido; pero no produce alquitran. No cambia de forma por calcinacion; pero se pone mas agria y quebradiza. Da 20,3 partes de su peso de plomo con el litargirio (Berthier).

Carbon de Chile.

(4) Viene de Talcahuano, de los terrenos terciarios de la costa. Es negra, de estructura compacta, fractura desigual o concóidea imperfecta; su lustre se inclina mas bien al lustre resinoso que al vítrio. En la destilacion esparce un olor desagradable, exhala agua, despues aceites y mucho alquitran—5 gramos (100 granos) de este combustible han producido por destilacion en una pequeña retorta de vidrio:

agua con algunas sustancias aceitosas					0,913
aceite espeso, como alquitran				,,	0,994
gaces	,,	,,	,,	,,	0,626
cok	,,	,,	,,	,,	2,467
					5,000

Se usa con mucha ventaja para calentar las calderas de los buques de vapor de la compañía inglesa; y por la propiedad que tiene de emitir tantas materias volátiles, aceitosas y combustibles, facilita mucho la combustion de las ullas *secas* que vienen de Inglaterra. Por esto conviene mucho emplearla mezclada con cualquier ulla o antracita que contenga mucho carbon y pocas sustancias volátiles. Segun el informe que debo al Sr. Peackok, comandante del vapor *Chile*, el consumo de esta ulla por cada 24 horas en la máquina, es de 18 toneladas, mientras que para el mismo efecto se gastan en 24 horas 15 toneladas de buena ulla de New Castle, y solo 12 toneladas de la mejor ulla del pais de Gales.

La esplotacion de las minas de esta especie de carbon se ha estendido en estos últimos años por la costa de Coronel y Colcura y ha tomado mucho desarrollo. Es ahora un ramo de industria minera en Chile no menos importante que la estraccion de los minerales de cobre y de plata. El carbon que producen las minas de Lota y de Coronel es igual en calidad a las mejores *ullas terciarias* (lignitas) del antiguo continente. La cantidad de cok que produce el carbon de Coronel asciende a veces a 45 y 46 por ciento, mientras que la proporcion de ceniza suele pasar de 5 a 6 por ciento.

Segun Bollaert, (*) nombrado por el almirantazgo ingles una comision para el ensaye de las diversas especies de carbon que provenia de Concepcion, ha dado para la composicion de este carbon

Cenizas.	6.92
Carbono.	70.71
Hidrógeno.	6.44
Oxígeno, azufre azoe . . .	16.93

El analisis del doctor Playfer del carbon de Colcura da

(*) Anales de la Universidad, 1854, p. 365.

Ceniza	5.68
Carbono	78.30
Hidrógeno.	5.50
Oxígeno.	8.37
Azufre	1.66
Azoe	1.06
Su peso específico.	1.3

Calcinado en vasos cerrados, pierde mas de la mitad de su peso en materias volátiles y da un cok hinchado, poroso, pero mui liviano y quebradizo.

El mismo carbon se ha hallado en varias otras partes de la costa meridional de Chile, desde la embocadura del Maipo hasta el Estrecho de Magallanes. Así, descubierto hace poco un combustible fósil en la costa de Colchagua a unas dos leguas del puerto de Tuman, presenta casi los mismos caracteres que el de Lota, menos la contextura que es siempre compacta en este último y fibrosa en el de Colchagua.

Examinado este carbon en el laboratorio del Instituto, ha dado al ensaye:

	(1)	(2)	
Cok	—	42.1 a 42.8	por ciento.
Ceniza	—	2.5 a 1.1	
Sust. volat.		55.4 a 56.1	

Las sustancias volátiles constan aproximativamente:

las de la muestra 2 de

21.5 de agua.

34.6 aceites volátiles, alquitran, etc.

———

56.1 por ciento.

las de la muestra 1.

24.0 de agua.

31.4 de aceites y gases combustibles.

———

55.4 por ciento.

Ensayada por el método de Berthier, la muestra 2 ha dado 24.8 gramos de plomo, lo que corresponde a

5.704 calorías.

El carbon fósil del Estrecho de Magallanes es tambien mui parecido al carbon de Colcura, pero tiene en partes contextura

leñosa como el de Colchagua. Ensayadas varias muestras de este carbon, dieron, término medio,

Cok — — 45.0 por ciento.
Ceniza— — 5.1 a 7.4 por ciento.
Sust. volátiles 55.0.

En un ensaye inmediato aproximativo, se hallaron las sustancias volátiles compuestas del modo siguiente:

agua — — 24 por ciento
alquitran — 7 ½ a 13 por ciento
gases, pérdida, 27 a 19 por ciento.

Cien gramos de carbon calcinados en una retorta, dieron 22 litros de gas de alumbrado, que arde con una luz bastante viva, amarillenta, esceptuando las primeras cantidades que arden con una llama pálida azuleja. (*)

Ullas.—Las ullas propiamente dichas se hallan en los terrenos segundarios; son en jeneral negras y casi siempre lustrosas; su textura las mas veces es hojosa, o esquitosa, fractura desigual o concóidea. Son frájiles, blandas, y su peso específico varía de 1,16 a 1,60. El gas que encierran en sus poros y rajaduras, es en todas las minas de la misma naturaleza: es hidrógeno protocarbonado puro, casi dos veces mas liviano que el aire.

En la destilacion todas producen: agua, muchas veces amoniacal, gases combustibles, aceites; y dejan un resíduo de carbon fijo, que se llama *cok*. Las mas se funden o se ablandan en estas operaciones; y estas se llaman *ullas crasas;* otras que conservan su forma, y no se aglomeran por destilacion, se llaman *ullas secas;* aquellas dan menos agua y mucho mas oceite que las últimas.

Poder calorífico.

Siendo mui variable la composicion de las ullas, varía tambien su poder calorífico; sin embargo las que se consideran como de buena calidad, tienen casi el mismo poder calorífico que el carbon de leña, lo que corresponde a una capacidad calorífica doble de la de la leña seca. Watt en sus cálculos de máquinas de vapor, contaba siempre con un consumo de 1 parte de buena ulla para producir 7 ½ partes de vapor. Los esperimentos hechos en Paris con diversas especies de ulla

(*) Véanse los Anales de la Universidad, 1850, p. 194.

sobre el agua, que ya estaba con una temperatura de 100 °, dieron 8 ½ a 10 ½ p. de vapor por 1 p. de ulla.

Clasificacion industrial de las ullas.

Con respecto al modo como se portan en el fuego las diversas especies de ullas, Peclet las clasifica del modo siguiente:

1.° *Ullas crasas de los fragueros*. Mui fusibles; producen cok mui esponjoso, lustroso, mui liviano, que no se puede emplear con mucha ventaja en las operaciones metalúrgicas. Estas ullas dan mucho fuego; pero fundiéndose en una masa espesa interceptan la corriente del aire, queman la reja, y exijen mucho cuidado de parte del fundidor.

2.° *Ullas crasas y duras*. Estas son menos fusibles que las anteriores, y su cok, mas denso, es el mejor para los *hornos altos*.

3.° *Ullas crasas de larga llama*. Son todavia menos fusibles, menos pegajosas (moins collantes) que las anteriores: sus fragmentos no hacen mas que conglomerarse. Estas ullas son las mejores para las rejas: la de Mens, llamada *flenu y el cannel coal de Lancashire* pertenecen a esta categoría.

4.° *Ullas secas de larga llama:* Dan un cok apenas frito; muchas veces los fragmentos apenas adhieren unos a otros. Se emplean por la rejas, arden con una llama larga, pero de poca duracion y no pueden producir un calor tan intenso como las anteriores.

5.° *Ullas secas que arden sin llama:* Producen resíduo incoherente; arden con dificultad, y se emplean principalmente para cocimiento de ladrillos, de cal, etc.

Estas últimas poco se diferencian de las antracitas que no cambian sino mui poco su aspecto por la calcinacion, ni se aglomeran sus fragmentos y arden con mucha dificultad.

Una gran serie de análisis *mediatas* dadas por Peclet en su *tratado del calor*, t. 1, pág. 89, manifiestan que para las ullas crasas de la 1.ª division la suma de las cantidades de oxígeno e hidrógeno es poco mas o menos de 11 por ciento y las cantidades de estos dos gases son casi iguales; que para las ullas crasas y duras, la suma de las cantidades de oxígeno e hidrógeno es casi 9 por ciento y la diferencia en los pesos de estos dos gases todavia mui pequeña; que para las antracitas la suma de los dos cuerpos baja a 5 o 6 por ciento y la cantidad relativa de hidrógeno disminuye; que para las ullas secas de

larga llama la suma de las cantidades de oxígeno e hidrógeno asciende a 16 por ciento y la proporcion relativa de hidrógeno disminuye; que, en fin, en las lignitas el total de las cantidades de oxígeno e hidrógeno se eleva a 25 por ciento y al mismo tiempo la proporcion de hidrógeno relativamente a la de oxígeno disminuye: lo que demuestra que las ullas crasas pasan a las ullas secas que arden sin llama por la dismiuucion del oxígeno e hidrógeno a un tiempo, y a las ullas secas que arden con llama por el aumento de estos dos elementos, aumento mas rápido para el oxígeno que para el hidrógeno."

El peso de un hectólitro de ulla de las diversas localidades, varía de 79 a 88 quilógramos.

Las ullas que producen mucho gas de alumbrar, dan poco carbon; algunas de ellas, como las de San Estevan en Francia, dan como 200 a 300 litros de gas por cada libra de ulla. En jeneral, para saber a qué uso se ha de aplicar una especie de ulla, no es suficiente determinar su poder calorífico, porque dos ullas del mismo poder pueden producir grados de calor mui diferentes: así se debe examinar como se portan, sea en la destilacion, sea en la combustion, cuantas sustancias estrañas contienen, si tienen pirita (que da mui mala calidad al combustible), si son mui sólidas o frájiles, etc.

Cok.—El *cok* preparado en grande, no tiene materias volátiles; el que proviene de la destilacion, las retiene todavia, aunque en mui poca cantidad: el que proviene de la fabricacion del gas es mas liviano.

Este combustible arde casi sin llama; su combustion se verifica con mucha dificultad, y solo mediante una corriente de aire mui activa; las ascuas sacadas del hogar, se apagan luego. Su poder calorífico es casi igual al del carbon de leña; y sin embargo, para producir cierta cantidad de calórico, sobre todo, cuando no se necesita una temperatura mui elevada, se consume mas cok que carbon de leña, en proporcion como de 1 $\frac{1}{4}$ p. del uno por 1 p. del otro. Con todo esto, cuando se trata de producir un calor mui intenso, ningun combustible puede producir tanto efecto como el cok. El mayor inconveniente que se esperimenta en el uso de este combustible, proviene de la gran proporcion de materias estrañas que contiene, y que se aglomeran durante la combustion en masas escoria-

ceas que tapan la reja, interceptan el acceso del aire, y en los ensayes metalúrjicos corroen los crisoles.

Propiedades. *Antracitas.*—Estas especies de carbon fósil se componen esencialmente de carbon, y no exhalan ningun aceite en la destilacion, o a lo menos no producen mas que algun indicio de aceite. Son negras, y tienen casi siempre un cierto lustre semi-metálico, parecido al del cok. Pueden absorver bastante agua higrométrica, pero la abandonan casi totalmente con el calor de la ebullicion del agua. Se hallan comunmente mezcladas con arcilla, óxido de hierro, piritas, etc.

Estos combustibles arden todavia mas difícilmente que el cok; y no se encienden sino cuando están en grandes masas, expuestas a un calor mui intenso. Esta dificultad de arder fué causa que por mucho tiempo no se hizo uso de las antracitas en ninguna operacion metalúrjica, y quedaban sin ninguna utilidad en el seno de la tierra; pero de pocos años a esta parte se ha visto que mezclada la antracita con otro cualquier combustible fácil de encenderse, puede producir resultados mui ventajosos; y por esto en la época actual se ha jeneralizado el uso de estas especies de carbon fósil en los Estados Unidos y en el pais de Gales, en donde se consumen en cantidades inmensas en las fábricas y fundiciones.

Poder calorífico. El poder calorífico de la antracita es igual al del cok; y del mismo modo que este último, ella tambien es capaz de producir una temperatura estremadamente elevada; tiene tambien el mismo inconveniente de obstruir el paso del aire en los hornos; es casi siempre piritosa, y muchas veces chisporrotea por la primera impresion del fuego, salta en pedacitos y se pone mui frájil y desmenuzable. Hé aquí la composicion inmediata de algunas especies de antracitas.

	Lamure.		Pensilvania.		Laval.
Carbon — —	0,913	—	0,860	—	0,847
Cenizas — —	0,027	—	0,060	—	0,073
Materias volátiles—	0,060	—	0,080	—	0,080
	1,000		1,000		1,000
Plomo con litargirio	31,6	—	30,5		33,0

Clasificacion por terrenos. Al concluir este capítulo, tengo que recomendar a los que quieran hacer un estudio particular de los combustibles, las

nuevas *investigaciones* acerca de este asunto, del Sr. Regnault, publicadas en los anales de minas de Paris en el año 1837-T. XII, libr. IV. Las muchas analísis mediatas hechas por este señor, le han conducido a adoptar otra clasificacion de los combustibles, fundada en la naturaleza del terreno en que se crian. Esta clasificacion comprende cuatro divisiones: 1.ª *de la gran formacion carbonífera*, dividida en dos partes, de las cuales la parte inferior contiene las antracitas, y la de la época mas moderna, las ullas: 2.ª *de los terrenos segundarios*, en que se distinguen dos partes: las ullas de la parte inferior, las que se crian en las *margas abigarradas* y en el *terreno jurácico*, se parecen todavia mucho por su composicion y sus propiedades a las ullas de la parte superior de los terrenos anteriores; mientras que las de la parte superior de esta division, que son las del terreno *cretáceo*, se acercan ya por su calidad y composicion a las lignitas: 3.ª *de los terrenos terciarios*: comprende toda clase de *lignitas;* en fin, la 4.ª que es la de los combustibles *de formacion comtemporánea*, comprende las *turbas*.

Experimentos de Regnault.

Examinando los resultados de las analísis de Regnault, se ve:

que el carbon se reconcentra en las especies de formacion mas antigua, que son antracitas, en las cuales la proporcion de hidrógeno varia de 0,0243 a 0,0418, al paso que la de oxígeno varia de 0,0212 a 0,0318;

que las ullas crasas, las mejores para las operaciones metalúrjicas, como tambien para las fraguas, contienen 5 a 6 por ciento de hidrógeno y casi otro tanto de oxígeno;

que las ullas crasas, que arden con una llama larga, tienen todavia casi tanto hidrógeno como las anteriores; pero la proporcion de oxígeno va aumentando, y llega en algunas a 11 por ciento;

que las ullas secas, que arden con una larga llama, contienen hasta 16 por ciento de oxígeno, y casi la misma cantidad de hidrógeno que las anteriores,—que por consiguiente las ullas crasas, cuando en ellas el hidrógeno y el oxígeno se reemplazan por el carbon, pasan a las antracitas, y cuando disminuido el carbon, aumenta el oxígeno, la ulla se acerca por su naturaleza a los combustibles modernos;

que en las lignitas el carbon disminuye notablemente, y

hallándose reemplazado por el oxígeno, el combustible se acerca mas y mas por su composicion a la leña; y puede contener 18,24 hasta 36 por ciento de oxígeno y de azoe, conservando siempre casi la misma proporcion de hidrógeno, que es 0,0559, 0,0458, 0,0520, etc.

En fin que la proporcion de azoe en los combustibles fósiles, no alcanza a medio por ciento en las antracitas: es de 17 a 18 por mil en las ullas y en las lignitas; y llega a 2 por ciento en la turba. Hé aquí la composicion de las cuatro especies de combustible fósil sacada de las analísis mediatas del Sr. Regnault.

	Antracita de Lamure.	Ulla de Obernkirchen.	Lignita de Ellebogen.	Turba de Abbeville.
Hidrógeno	0,0167	0,0483	0,0746	0,0563
Carbono	0,8977	0,8950	0,7379	0,5703
Oxígeno	0,0363	0,0301	0,1202	0,2967
Azoe	0,0036	0,0166	0,0177	0,0209
Ceniza	0,0457	0,1000	0,0496	0,0558

§ 3 COMPARACION DE LAS DIVERSAS ESPECIES DE COMBUSTIBLES Y ELECCION DE ELLOS.

La eleccion del combustible en la industria pende:

1.° de la cantidad de calórico que puede producir su combustion completa; (cantidad absoluta de calórico):

2.° del precio que tiene en el mercado;

3.° del efecto que se quiere producir, en cuanto a la *temperatura* y el *lugar*.

Las dos primeras condiciones están íntimamente relacionadas una con otra para la cuestion económica: hará mas cuenta al empresario emplear el combustible que producirá cantidades de calórico mas baratas. Para esto, tendrá que conocer el *poder calorífico* de los diversos combustibles y los precios de ellos. Dividiendo por el número que representa la cantidad de *calorías* (unidades caloríficas) que emite cada combustible, el precio de un quintal, o una tonelada de este combustible,

tendremos lo que costará cada *caloría* (cantidad determinada de calor) sacada de la combustion completa del mismo combustible.

Supóngase que una tonelada de carbon fósil nos importe, puesto en el ingenio, 10 pesos 30 cent., y, ensayado este combustible, emite 4873 calorías; costarán cada 100 calorías $\frac{100}{4873}$ 10.30=0.21 cent. Si ahora se nos trae otro combustible mas caro, una ulla, por ejemplo, que cueste 13 pesos 75 cent., pero su poder calorífico sea 7500 calorías: cada cien calorías de este combustible importarán $\frac{100}{7500}$ 13.75 = 0.19 cent. Por consiguiente, en iguales circunstancias, si fuere indiferente emplear el primero o el segundo combustible para producir cierto efecto, mas económico seria hacer uso del segundo que del primero.

Pero cuando se trata de comparar los combustibles de diversa naturaleza, como la leña, el carbon fósil, el cok, aun bajo el punto de vista puramente económico, no es suficiente conocer las cantidades de calórico que cada uno de ellos emite, sino que tambien las pérdidas inevitables que en iguales circunstancias se esperimentan en la combustion de ellos por el calórico *radiante* que dispersan, calórico que, segun los esperitos de Peclet, se pierde en proporcion mucho mayor, por la combustion del carbon seco que arde sin llama, que por la leña o ullas de larga llama.

Con este fin voi a reproducir el siguiente estado de las cantidades de calórico totales y las pérdidas por el calórico radiante que corresponden a diversas especies de combustibles:

	Poder calorífico.	Pérdida por el p. r.
Leña seca	3600	— 0.28
Leña ordinaria con 0,20 de agua.	2800	— 0.25
Carbon de leña.	7000	— 0.50
Turba con 0.20 de agua	3600	— 0.25
Carbon de turba	5800	— 0.50
Ulla (término medio)	750	mas que el carbon de leña.
Cok (con 0.15 de ceniza).	6000	id. id.

Si ahora, en lugar de medir los diversos combustibles al peso, se miden en unidades de volúmen como se acostumbra en diversas localidades para leña o carbon, tendremos que tomar en cuenta la densidad de ellos y conocer el peso de cada medi-

da, para reducir todo a una misma unidad de comparacion.

Para esto se sabe que el peso de un metro cúbico de las diversas especies de leña varía, segun Berthier, de 220 a 525 kilógr.; el de un metro cúbico de carbon de leña varía de 200 a 250 kilógr,; y el de un metro cúbico de ulla de 790 a 880 kilógr —Un metro cúbico de cok que proviene de la fabricacion de gas, pesa 300 a 350 kilógr., mientras que el que se emplea en los altos hornos, pesa por lo comun 400 kilógr. y a veces llega a pesar 450 kilógramos.

En cuanto al efecto que se intenta producir mediante la combustion, este se refiere, unas veces solamente a la temperatura que se necesita, otras a la temperatura y al lugar donde se trata de aprovechar el calor. Este lugar puede ser el mismo en que se echa el combustible: tambien puede estar mas o menos distante del foco de la combustion.

La temperatura que se obtiene mediante un combustible, es lo que llaman su *efecto pirométrico*, para distinguirlo del *efecto calorífico absoluto* que corresponde a lo que es su poder calorífico o la cantidad absoluta de calórico.

La temperatura o el efecto piromètrico que un combustible puede producir pende, no solamente de la cantidad de calórico que emite sino tambien de otras circunstancias esenciales como son:—la cantidad de aire frio que necesita para su combustion, el volúmen de los gases y vapores que se forman en esta combustion, la capacidad calorífica de estas últimos, la densidad del combustible y la mayor o menor facilidad con que arden.

Hé aquí cantidades de aire frio que los diversos combustibles necesitan para su combustion y las cantidades de gases que producen (sacadas de la citada obra de Peclet, t. 1., pág. 114).

	Volúmen de aire frio necesario para quemar 1 kilog. de comb.	Volúmen de gas que produce 1 kilog. de comb.
Leña seca	6.75	7.34 (1 + at)
Leña ordinaria de 0.20 de agua	5.40	6.11 (1 + at)
Carbon de leña	16.40	16.40 (1 + at)
Turba de 0.20 de agua	9.02	9.65 (1 + at)
Ulla (término medio)	18.10	18.44 (1 + at)
Cok.	15.00	15.00 (1 + at)

En estos valores la *t* es la temperatura del gas que se desarrolla en la combustion y *a* el coeficiente de dilatacion de los gases 0,00365.

Por lo que toca la *capacidad calorífica* de los gases, esta es para el vapor de agua, como cuadrupla de la del ácido carbónico: de manera que a pesar de que la *cantidad absoluta* de calórico que emite en su combustion el hidrógeno es casi quintupla de la que emite el carbono, el producto de combastion del hidrógeno absorve, poco mas o menos, cuatro veces mas calórico que el producto de la combustion completa del carbono.

Esta es una de las razones por que los combustibles que arden con larga llama no pueden producir tanta temperatura como el carbon de leña, el cok y la antracita.

En vista de lo que se ha espuesto en este artículo, será fácil el entender las siguientes reglas que se observan en la práctica, concernientes a la eleccion del combustible.

Cuando se debe producir una temperatura mui elevada en una estension considerable, y a una gran distancia del foco, la leña es el combustible mas ventajoso, porque da mucha llama; y de todas las especies de leña, las que parecen ser mas a propósito son las leñas livianas que dejan poco cisco.

Cuando, al contrario, la temperatura que se necesite, aunque mui elevada, debe producirse a poca distancia del foco, la leña o la ulla pueden emplearse con igual ventaja, y aun, en ciertos casos, hace cuenta emplear la turba. En la eleccion de la ulla, en tales casos, se prefieren las que son solamente bastante *crasas* para no dejar caer el carbon menudo al traves de la reja y que forman como una capa de escorias sobre esta última sin interceptar el aire, porque las que son demasiado *crasas* o *pegajosas* (mui fusibles) tapan mui pronto los intersticios de la reja, la queman, interceptan el aire y exijen mucho cuidado de parte del fundidor. En semejantes casos se obtendrian ciertamente buenos resultados mezclando en proporciones convenientes ullas *secas*, o lignitas de buena calidad con ullas *crasas*."

"Pero cuando la temperatura debe ser mui elevada y solamente en el foco de la combustion, como por ejemplo en la

fundicion de los metales y minerales de hierro, se prefiere el cok o el carbon de leña.

"En fin si no se necesita producir temperatura mui elevada, ni llevarla a mucha distancia del foco, todos los combustibles pueden emplearse de una manera mas o menos ventajosa y en tal caso la eleccion pende de la proporcion que guarde el precio del combustible con su poder calorífico."

(Pecet, tratado de calórico, t. 1., pág. 116).

CAPITULO V. (*)

DEL SOPLETE.

§ 1.° DESCRIPCION DEL SOPLETE.

Soplete de los obreros.

El soplete de los obreros es comunmente un tubo de laton, que va estrechándose hácia una de sus estremidades, cuyas dos pulgadas últimas se doblan en ángulo recto. Esta estremidad se termina en un tubo casi capilar, y es la que se aplica a la llama; y se sopla por la otra, que es gruesa. En las operaciones de las artes, rara vez se necesita prolongar la insuflacion mas de un minuto, de modo que el agua que arrojan en él los pulmones, no presenta ningun inconveniente. Pero en las esperiencias químicas en que es preciso sostener mucho tiempo la insuflacion, se hace en el tubo un acopio de saliva capaz de interrumpir la operacion.

Para obviar este inconveniente, Cronstedt colocó en medio del soplete, mas cerca de su estremidad corva que de la embocadura, una esferilla hueca para recibir la humedad. Pero este soplete tiene un inconveniente: y es que, cuando se ha soplado algun tiempo, y se lo pone un instante vertical la punta hácia abajo, el agua corre de la esferilla al interior del pico, y cuesta mucho limpiarlo para continuar la operacion.

(*) *Este capítulo es un estracto de la obra de Berzelio, intitulada:* DEL EMPLEO DEL SOPLETE.

Soplete de Bergman.

Bergman corrijió este defecto del modo siguiente: adaptó a la estremidad del soplete una cámara semi-circular de una pulgada de diámetro sobre $\frac{1}{3}$ de pulgada de largo; e implantó inmediatamente el pico en la parte superior de esta cámara. El soplete de Bergman se compone de tres piezas separadas, que son: el tubo, la cámara destinada a recibir el agua, y el pico. Este sistema llena perfectamente bien su objeto; y tiene ademas la ventaja de ocupar poco espacio, y de poder colocarse en una cajita delgada en la que se encierra el soplete con sus accesorios, para trasportarlo cómodamente de un lugar a otro.

Soplete de Gahn.

Gahn ha cambiado la configuracion de la parte del soplete, que está destinada a recibir el agua; y le ha dado la forma de un cilindro de una pulgada de lonjitud, sobre media pulgada de diámetro. Su soplete, semejante en lo demas al de Bergman, consiste en cuatro piezas, que son: el *tubo*, el *cilindro*, el *pico*, y un pequeño *ajuste* que se pone en la estremidad del pico, y se halla atravesado por un agujero mas o menos fino, por donde el aire se escapa: es necesario tener muchos de estos ajustes de diverso calibre, para cambiarlos segun la necesidad. La ventaja del soplete de Gahn sobre el de Bergman, consiste en la forma cilíndrica de su receptáculo, que ocupa aun menos lugar que el anterior, y en la lonjitud del pico, que se introduce en la abertura de este cilindro. Despues de un largo uso, este pico puede mui bien meterse en el receptáculo mas adelante que al principio: pero al menos adhiere constantemente a las paredes de la abertura destinada a recibirlo, y no está espuesto a caer durante la esperiencia, como sucede frecuentemente con el soplete de Bergman. Segun Berzelio, se puede dar, sin hesitar, al soplete de Gahn la preferencia sobre todos los otros.

La lonjitud del soplete, cualquiera que sea su forma, está sujeta a la vista del operador, y debe satisfacer a la condicion de que los cuerpos sobre que se sopla, estén a una distancia que se vean clara y distintamente. El soplete con que se vé mejor el ensaye, tiene 8 $\frac{1}{4}$ pulgadas de lonjitud y 7 $\frac{3}{4}$ p. desde la embocadura hasta la insercion del pico en el cilindro.

Estos sopletes se hacen de plata o de hoja de lata: en estos últimos el pico debe ser de laton. Cuando todo el instrumento es de laton, toma a la larga un gusto y olor de cardenillo. Los

pequeños ajustes con que debe cubrirse la estremidad del pico, no tardan en llenarse de hollin, y se cierra la abertura; es menester limpiarlos y destemplarlos con una pequeña aguja mui delgada. Esta operacion es mui fastidiosa, pero indispensable; por eso Berzelio ha mandado hacer estas piezas de platina, cada una de un solo pedazo; y cuando están demasiado sucias, las pone sobre el carbon, y las hace enrojecer mediante el soplete; de este modo vuelven a estar buenas en un momento, y las aberturas se destapan por sí solas.

§ 2.° DEL COMBUSTIBLE.

Toda llama es buena para los ensayes al soplete, con tal que no sea mui pequeña: se hace uso para esto de una vela, de una bujía o de una lámpara. Engestrom y Bergman empleaban las velas y con preferencia las bujías ordinarias, provistas de una buena mecha de algodon; y Bergman aconsejaba encorvar la mecha despues de haberla despavilado, en la direccion de aquel lado, a donde se quiere dirijir la llama. La vela y la bujia tienen sin embargo un inconveniente: a saber, que el calor radiante emanado del cuerpo que se ensaya, hace fundir por un costado el sebo o la cera, y hace la consumacion demasiado pronta. Por otra parte, una bujia ordinaria no da siempre bastante fuego para un ensaye. Estas circunstancias condujeron a Gahn a reemplazar la bujía ordinaria y única de que antes se servia, con tres pequeñas bujías provistas de mechas gruesas, que colocaba y hacia encender juntas en un candelero dispuesto a propósito. Estas tres bujías unidas dan un escelente fuego.

Las lámparas llevan, sin contradiccion, mucha ventaja a las candelas y bujías; pero son incómodas para llevar en un viaje por la facilidad con que se derrama el aceite. El que se emplea con preferencia, es el accite de oliva; se podria reemplazarlo con el de navo purificado; pero este da mas humo y menos calor que el otro.

Lámpara. La lámpara de Berzelio tiene la ventaja de ser transportable, y está tan herméticamente cerrada, que el aceite no puede escaparse. Se hace de hoja de hierro barnizada, y tiene forma cilíndrica; su largo es de 4 ½ pulgadas; en la estremidad posterior tiene una pulgada de diámetro; y está provista de una

orejita destinada a recibir el tallo de laton que le sirve de apoyo. En la estremidad anterior, la lámpara tiene $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro; y en la superficie superior, hácia esta misma estremidad, hai una abertura circular, cuyo diámetro es tambien de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Esta abertura está guarnecida con un anillo de laton, que está soldado sobre la hoja de hierro de la lámpara, y lleva interiormente una tuerca: por esta abertura se echa el aceite. La mecha se introduce en un pequeño pico oblongo, de hoja de lata, fijado en una plancha redonda del mismo metal, que entra horizontalmente en la citada abertura. Siendo el anillo de laton un poco mas ancho que la abertura de la lámpara, resulta que la plancha redonda, que lleva el pico y la mecha, puede jirar libremente sobre el borde saliente que se halla en la parte inferior del anillo. Cuando no se hace uso de la lámpara, se cubre el pico con una tapa que se enrosca en la tuerca del anillo; y se calafatea la juntura con una piel bien impregnada de cera derretida: mediante esta piel comprimida entre la tapa y el borde superior del anillo, la union es tan perfecta, que se puede guardar la lámpara donde se quiera, sin temor de que el aceite salga de adentro.

Para hacer uso de esta lámpara, se coloca sobre un rollo de laton de 12 pulgadas de largo, que se puede dividir en dos piezas de 6 pulgadas cada una, por medio de un tornillo puesto en el medio: otro tornillo situado abajo, engasta y fija el instrumento en una cruz hecha de dos planchas de laton de $6\frac{1}{2}$ pulgadas de largo y $\frac{1}{2}$ pulgada de ancho.

Cuando no se necesita la lámpara, se pueden desarmar todas las piezas, y se guardan en un estuche, que ocupa mui poco lugar.

En los ensayes al soplete, se sustituye algunas veces a la lámpara ordinaria, otra de espíritu de vino; particularmente, cuando se opera en los tubos de vidrio o en los matrases, para poner en evidencia algunas partes volátiles; en semejante caso la llama del aceite, estando abandonada a sí misma, tiene el doble inconveniente de ennegrecer el vidrio, y producir un calor demasiado débil. Para lámpara de espíritu de vino, Berzelio emplea una especie de frasco mui comun en Inglaterra, cuya tapa está cubierta con otra tapa de vidrio que tiene forma de una campana, y cuyos bordes interiores esmerilados se

ajustan bien con los bordes esteriores del cuello del frasco: esta segunda tapa sirve para impedir la evaporacion del alcohol, cuando no se hace uso de la lámpara; mientras que, cuando se la necesita, se quita esta campana, y se introduce en el cuello del frasco un pico ordinario de hoja de lata o de plata en el cual lleva la mecha.

§ 3.° DE LA INSUFLACION DE LA LLAMA.

Cuando se sopla al soplete, no son los órganos de la respiracion los que han de obrar, porque no podrian sostener un trabajo continuo, y todo esfuerzo de parte de ellos vendria a ser a la larga perjudicial: son los carrillos los que hacen en este caso el oficio de fuelles: la boca se llena de aire, y por la contraccion de los músculos de los carrillos este aire pasa al soplete. Esta operacion, por mas sencilla que sea, presenta al principio una cierta dificultad que proviene del hábito que uno tiene cuando sopla, de hacer trabajar todos los músculos que sirven a la respiracion.

A lo que se debe atender desde luego, es a tener la boca llena de aire durante una larga alternativa de aspiraciones y respiraciones; entretanto es menester observar que, teniendo entre los lábios una pequeña abertura por la que el aire se escapa, los carrillos se aproximarian mas y mas si la entrada de la boca quedase enteramente cerrada al aire de los pulmones. Por esto, para llenar el vacío que se forma, basta dejar entrar al momento de la respiracion, bastante aire para restablecer la tension de los carrillos. Por este medio el aire retenido en la boca se encuentra siempre en el mismo grado de compresion, y sale de un modo uniforme por la pequeña abertura. Tal es el mecanismo de la operacion: agregaremos que la corriente de aire que sale por el pico, es ordinariamente tan ténue que no es necesario llenar la cavidad de los carrillos a cada respiracion.

Despues, cuando ya se sabe producir una corriente de aire continua, queda todavia otro estudio que hacer, estudio que tiene por objeto producir un *buen fuego*; y esto exije un conocimiento perfecto de la llama y de sus diversas partes. Observando con mucha atencion la llama de una vela, se notan en

ella varias partes desiguales y de diverso color, entre las cuales se distinguen cuatro principales. *En primer lugar*, se ve en su base una pequeña llama de un color azul oscuro, que es bastante ancha en su parte inferior, se adelgaza a medida que se aleja de la mecha, y desaparece enteramente en donde la superficie esterior de la llama se eleva verticalmente. *Segundo*, en el interior de la llama hai un espacio oscuro, que se percibe al traves de la cubierta brillante: en este espacio se hallan los gases que salen de la mecha, y los que no estando todavia en contacto con el aire, no pueden consumirse. *Tercero*, al rededor de este espacio está la parte brillante de la llama, o la llama propiamente dicha. *Cuarto*, en el esterior de esta se ve, mirando atentamente, la última cubierta poco luminosa, y cuyo mayor espesor corresponde a la punta de la llama brillante. Es en esta parte esterior donde la combustion de los gases se acaba, y donde se produce el mayor fuego. En efecto, si se introduce en la llama un hilo fino de hierro o de platina, se reconoce que los puntos de este hilo donde se verifica la ignicion mas viva, se hallan situados en los confines de la llama brillante, en la cubierta esterior.

Composicion de la llama.

Hecha esta distincion de las cuatro partes de la llama, si se dirije ahora con el pico del soplete una corriente de aire al medio de la llama, se ve aparecer delante de la abertura del pico, una llama azul, larga y estrecha, la misma que la que estaba en la parte inferior de la llama, pero su posicion relativa ha cambiado: en lugar de rodear la llama, se halla concentrada en su interior en donde forma un pequeño cilindro. Hácia la estremidad anterior de esta llama azul, se halla el lugar de la mas alta temperatura, del mismo modo que en la llama de una vela abandonada a sí misma, sin activarla con el soplete: con la diferencia que, mientras que en esta, este lugar forma una zona o circunferencia de círculo, en aquella se reduce a un punto mucho mas caliente, capaz de fundir o de volatilizar las sustancias sobre las cuales la llama de una vela abondonada a sí misma, no ejerce ninguna accion. Este aumento tan crecido de temperatura proviene de que el soplete arroja sobre un pequeño espacio situado en medio de la llama, una masa condensada del mismo aire que antes estaba esparcido en toda la superficie de esta llama. Por otra parte, la

El punto de la mas alta temperatura.

porcion restante de la llama brillante de que se halla aqui rodeada la llama azul, impide que se desperdicie el calor producido.

Una larga práctica se necesita para producir el máximum de calor; y esta dificultad proviene en parte, de que los diversos cuerpos producen diversos modos de ignicion, y que es mui fácil ser engañados por la luz que emiten. Para producir este máximum, es menester no soplar ni mui fuerte, ni mui suave: en el primer caso, el calor se va con la corriente del aire tan pronto como se produce; y a mas de esto, una parte de este aire se escapa sin contribuir a la combustion, enfriando la llama; en el segundo caso, no llega bastante aire en un tiempo dado. Una temperatura mui alta es necesaria, sea para esperimentar la fusibilidad de los cuerpos, sea para reducir algunos óxidos, que ceden con dificultad su oxígeno, como por ejemplo, los óxidos de hierro y de estaño. Pero las operaciones pirognósticas no se limitan solo a obtener la mas alta temperatura posible, sino que tambien tienden a producir otros fenómenos, que necesitan un calor menos intenso. Estos fenómenos son la *oxidacion* y la *reduccion*.

Llama de oxidacion.

La oxidacion se verifica calentando la materia del ensaye en el punto estremo de la llama, en que todas las partículas del combustible se hallan saturadas de oxígeno: mientras mas se aleja la materia de este punto, mejor se opera la oxidacion, con tal que se pueda sostener la temperatura en un grado suficiente: un calor demasiado intenso produce a veces un fenómeno inverso, sobre todo, cuando la materia del ensaye reposa sobre carbon. La oxidacion se opera con mayor actividad al apuntar el calor rojo; y para esto se necesita un pico de abertura mas ancha que en los otros casos.

Llama de reduccion.

Para operar la *reduccion*, se hace uso de un pico fino, que no se debe introducir demasiado adentro de la llama: de este modo se consigue una llama mucho mas brillante; porque la combustion se verifica de un modo imperfecto, y las partículas no consumidas del gas quitan el oxígeno a la materia ensayada, que se puede entonces considerar como si fuese calentada en medio de una especie de gas inflamable. Si en esta operacion, aquella materia se cubre de hollin, eso prueba que el fuego humea demasiado, y esto debilita considerablemente el

efecto de la insuflacion: se consideraba en otros tiempos la llama azul como la mas propia para la reduccion de los óxidos, pero esta opinion es errada: es verdaderamente la parte brillante de la llama la que produce la desoxidacion; y se la dirije sobre la pieza del ensaye de manera que la rodee igualmente por todas partes, y la ponga al abrigo del contacto del aire.

En jeneral, la reduccion exije mucha práctica y un cierto conocimiento de los diversos modos de conflagracion. Es bueno, para ejercitarse en esto, fundir un grano de estaño, y llevarlo al calor rojo blanco sobre el carbon, de tal suerte que su superficie conserve siempre el lustre metálico. El estaño tiene tanta disposicion a oxidarse, que tan pronto como la llama principie a convertirse en fuego de oxidacion, se forma óxido de estaño, que cubre la superficie del grano. Se principia por operar sobre un pequeño grano, y se pasa en seguida a granos mas y mas gruesos.

Para verificar la reduccion de los óxidos al soplete, Platner (cuya obra *sobre el arte de ensayar* al soplete, es de igual mérito que la de Berzelio), aconseja tomar las precauciones siguientes:

Precauciones para la reduccion.

1.° Es necesario mantener el pico del soplete a una distancia de la mecha, un poco mayor que la que conviene para la oxidacion, dirijiendo siempre el aire sobre la mitad de la altura de la llama.

2.° Cuando se opera con flujos sobre un hilo de platina, toda la esferilla del ensaye, (que para esto debe ser mas pequeña que para la oxidacion) debe estar enteramente sumerjida en la parte mas brillante de la llama; mientras que, cuando se hace la misma operacion sobre un carbon, el mismo efecto se logra con la parte azul de la llama, con tal que el ensaye quede completamente cubierto con esta llama que lo separa del contacto del aire, porque entonces el carbon es el que sirve de reductivo. Con esta llama, por ejemplo, se pueden reducir los óxidos de plomo y de estaño y varios otros, pero no todos.

3.° Se debe dar a la mecha cierta altura conveniente, para que no salga demasiado, ni esté demasiado hundida en el pico de la lámpara, porque en el primer caso, la llama humeando, deposita hollin en el ensaye, y en el segundo no se puede pro-

ducir bastante fuego, para que con él quede rodeada y suficientemente caldeada la materia.

4.° La mecha debe estar siempre bien pareja, plana, bien cortada, sin aquellos hilos medio carbonizados, que suelen apartarse de ella, y cubrir la sustancia del ensaye con hollin. Esta precaucion es mui importante, tanto para la oxidacion como para la reduccion de los cuerpos.

5.° Luego que se empieza a dirijir sobre el ensaye una *llama reduciente*, se ha de continuar la insuflacion sin interrumpirla por un momento, hasta que se consiga el objeto.

§ 4.° DEL APOYO Y DE ALGUNOS INSTRUMENTOS ACCESORIOS.

El apoyo. Las sustancias que se quieren someter al ensaye del soplete, deben necesariamente reposar sobre un cuerpo sólido, o estar fijadas de un modo cualquiera. El mas apropósito para este objeto, es *el carbon de madera bien quemado*: el que se hace con la madera de pino tomado en toda su fuerza y madurez, y en jeneral con las maderas de un tejido flojo, debe ser preferido. El que se hace de una madera dura y compacta, da tanta ceniza, y esta ceniza es algunas veces tan ferrujinosa, que no se debe hacer uso de él sino por falta de otro. De las diversas especies de carbon, de que Berzelio ha tenido ocasion de hacer prueba en los paises donde no se encuentra el pino, le ha parecido que el carbon hecho con el *sauce blanco*, y en jeneral con todas las especies del jénero *sauce*, es el mejor.

Carbon.

A fin de fijar los fundientes sobre un punto de la superficie del carbon, se escoje uno de los dos planos perpendiculares al tejido de la madera: de otro modo, colocada la materia sobre una seccion paralela a este tejido, se estenderia y se esparceria sobre la superficie. Si esta parte de la madera que se halla entre las capas del tejido leñoso, se consume mas pronto que la parte leñosa, sacaremos esta ventaja que el ensaye no tiene mas que dos o tres puntos de contacto con el carbon.

Es casi inútil observar que el carbon debe ser bien quemado; aquel que chisporrotea, humea o arde con llama, no puede servir para los ensayes.

En el caso en que el efecto reductivo del carbon pueda im-

pedir la reaccion que se quiere obtener, se toma para apoyo una *cucharita* o una *lámina delgada* de platina. La cucharita de platina ha venido a ser un instrumento del todo supérfluo en los ensayes al soplete desde que se ha visto que las sustancias minerales pueden esperimentarse por la sosa, sobre un apoyo de carbon, mucho mejor que en ningun otro. Por otra parte, el tamaño de la cucharita es un obstáculo para obtenerlas altas temperaturas, que se necesitan con frecuencia. *Platina.*

Wollaston ha sustituido a las cucharitas una pequeña lámina de platina mui delgada, la que se corta en una tira de 2 pulgadas de largo y ½ pulgada de ancho. Cuando se quiere calentar y oxidar al mismo tiempo, se dirije la llama del soplete sobre la superficie inferior de la lámina. No se deben ensayar sobre la platina las sustancias que tienen arsénico, antimonio, o que se reducen al soplete, porque la platina se combina con ellas, se funde y se agujerea.

Cuando se quiere sostener el ensaye en la llama sin agregar ningun reactivo, por ejemplo, cuando se trata de averiguar la fusibilidad de una sustancia, tomada en pedacito mui pequeño, se emplean unas tenacitas apropósito, cuyas estremidades son de platina.

Gahn imajinó otro modo de emplear la platina, como apoyo en los ensayes al soplete; y este modo es mucho mas cómodo que los anteriores. Se toma un alambre de platina de 2 pulgadas y ½ de largo, que se encorva en una de sus estremidades en forma de un gancho: es este gancho el que sirve de apoyo a la materia del ensaye. Para esto, se humedece el gancho con la lengua, y se lo introduce en el flujo que se quiere emplear, reducido a polvo; despues se funde este flujo en la lámpara, de manera que se convierta en una gota que se fija y se detiene en la curvatura del hilo. Se introduce despues esta gota en el polvo de la sustancia que se quiere ensayar, despues de haberla humedecido, a fin de que adhiera al flujo; y todo se calienta otra vez. Se consigue de este modo uua masa aislada, que se puede examinar cómodamente. *Hilo o alambre de platina.*

En jeneral, todas las oxidaciones se deben hacer en el alambre de platina, como tambien las reducciones, cuando solo se intenta examinar el cambio de colores. Este es el lugar de

observar que la platina no se corroe de ningun modo por la sal de fósforo.

Cuando se ha avanzado la reduccion hasta el grado que se cree conveniente, y cuando al mismo tiempo se quiere, por un enfriamiento repentino, impedir que el ensaye se vuelva a oxidar de nuevo, se puede con un lijero golpe del dedo, aplicado sobre el hilo de platina, hacer saltar la esferilla fundida sobre un cuerpo frio, tal como una taza de porcelana o un yunque.

El uso del hilo de platina es sobre todo mui cómodo en los viajes, porque no es siempre fácil conseguir buen carbon; y este se guarda solo para reducir un óxido al estado metálico, y para tostar (calcinar) un súlfuro o un arseniuro metálico.

Tubos de vidrio. Cuando se quiere calcinar una sustancia con el contacto del aire, a fin de reconocer los elementos que entran en su composicion, se hace uso de unos tubos de vidrio, de 3 a 4 pulgadas de largo sobre dos líneas de diámetro y abiertos por sus dos estremos. Se introduce la materia y se coloca a poca distancia de una de sus estremidades; y despues se inclina el tubo de manera que esta estremidad sea la mas baja. Segun se quiera aplicar un calor mas o menos intenso, se hará uso de la lámpara del espíritu de vino, de la lámpara ordinaria, o del soplete: y segun se quiera activar al rededor de la materia una corriente de aire mas o menos rápida, se ha de inclinar mas o menos el tubo. Entonces las partes de la materia, que sin ser gases permanentes, son volátiles, forman un sublimado en la parte superior del tubo, y allí se reconocen.

Matraces. Estos son unos tubos de vidrio del mismo diámetro que los anteriores, pero cerrados por una de sus estremidades. Cuando se quiere reconocer la presencia del agua o de cualquiera otra sustancia volátil no combustible, contenida en un mineral; o bien cuando la materia que se ensaya está dispuesta a chisporrotear con el fuego, el ensaye se hace en un matraz, cuya panza es bastante ancha a fin de que haya lugar para la circulacion del aire y el desarrollo de los cuerpos volátiles. En el caso contrario, es decir, cuando se trata de separar por la via de sublimacion, las sustancias combustibles como el azufre, el arsénico, no se debe emplear un matraz de panza ancha, a fin de evitar la combustion de estas mismas sustancias que se volatilizan.

§ 5.° DE LOS REACTIVOS Y DE SU USO.

Cronstedt no empleaba comunmente mas que tres reactivos: el subcarbonato de sosa, el borato de sosa y el fosfato doble de sosa y de amoniaco: sales que se designan para mayor brevedad por sus nombres técnicos y respectivos de *sosa*, *borax* y *sal de fósforo:* estos reactivos son los que se usan todavia hasta el dia de hoi con preferencia a otros.

Sosa. Se pueden conseguir dos objetos principales, empleando, la sosa: 1.° reconocer si los cuerpos combinados con este reactivo son fusibles o no; 2.° facilitar la reduccion de los óxidos metálicos. Bajo estos dos respectos la sosa es uno de los reactivos mas indispensables.

Fusion de los cuerpos por la sosa. Son muchos los cuerpos que tienen la propiedad de combinarse con la sosa a una alta temperatura; pero la mayor parte de estos compuestos son infusibles. Solo la sílice, los ácidos metálicos y un corto número de óxidos forman con la sosa sustancias fusibles; y aun estas se absorven en gran parte por el carbon durante la insuflacion.

Operacion.

Hai muchas cosas que observar con respecto al empleo de la sosa en los ensayes. Se toma primero con la punta de un pequeño cuchillo préviamente humedecido, la cantidad necesaria de este reactivo, y se lo pone en seguida en el hueco de la mano izquierda, y en caso de necesidad, se lo humedece un poco mas, de manera que forme una masa coherente. Si la sustancia que se quiere ensayar, es pulverulenta, es menester amasarla en la mano juntamente con la sosa; pero si esta sustancia se halla en hojitas o granos, se aplica a su superficie la sosa en polvo, y se calienta sobre el carbon, primero hasta sequedad, y despues hasta que se derrita. Si la materia del ensaye es infusible con la sosa, pero susceptible de descomponerse por ella, se hincha poco a poco, y cambia de aspecto sin fundirse. Si en estos ensayes no se emplea bastante sosa, sucede que la materia queda al estado sólido, y lo restante forma al rededor del ensaye una cubierta de vidrio trasparente: si se agrega demasiada, la esferilla de vidrio que se forma, enfriándose queda opaca. En jeneral, el mejor método que se puede observar, consiste en emplear la sosa por pequeñas cantidades,

que se agregan sucesivamente a la masa, y en observar las variaciones producidas por las diversas proporciones de este reactivo. Sucede a veces que el vidrio se vuelve colorado en el momento en que empieza a enfriarse; y despues queda con un color amarillo o amarillo rojizo, a veces opaco o amarillo parduzco. Estos fenómenos aparecen cuando la pieza del ensaye o la sosa contienen ácido sulfúrico o solo azufre; y el color resulta del súlfuro alcalino que se produce por la accion del carbon. Por esto, no se debe emplear sosa que tenga algun indicio de ácido sulfúrico.

Reduccion de los óxidos metálicos. Esta clase de ensayes, por la cual se descubren muchas veces cantidades de metal reductible tan pequeñas, que se escapan a las mejores análisis hechas por la via húmeda, es, a juicio de Berzelio, el descubrimiento mas importante de todos los que Gahn ha hecho en el arte del soplete.

Si se coloca sobre un carbon un poco de óxido de estaño, un ensayador diestro sabrá sacar con algun esfuerzo, mediante el soplete, un granito de metal; pero si se le agrega sosa, esta reduccion se opera sin dificultad y completamente. Es por consiguiente positivo que por la sosa se hace mas fácil la reduccion: pero, ¿de qué manera? esto es lo que no se sabe de un modo preciso. Si en el óxido metálico se halla un cuerpo estraño no reductible, la reduccion del primero se hace muchas veces mas difícil; mas, si se le agrega un poco de borax, este reactivo concurre con la sosa, a la disolucion del cuerpo estraño, no reductible; y la reduccion se opera por sí sola. Este ensaye se hace del modo siguiente.

Operacion. Habiendo pulverizado la materia que se quiere ensayar, se la amasa en el hueco de la mano izquierda, con la sosa humedecida; despues se la pone sobre el carbon, y se le da un buen fuego de reduccion; se le agrega en seguida otro poco del mismo reactivo, y se vuelve a soplar como antes. Mientras queda alguna parte de la materia del ensaye en la superficie del carbon, se agrega por pequeñas dósis la sosa, y se continúa la insuflacion hasta que el carbon haya absorvido la totalidad de la masa. Las primeras dósis sirven para recojer las partículas metálicas esparcidas en la materia del ensaye; y por la absorcion final de esta última, se completa la reduccion

del óxido. Hecho esto, se apaga el carbon con dos gotas de agua; y despues de haber sacado, mediante un cuchillo, toda la masa que se habia introducido en el carbon, se la muele en un pequeño morterito de ágata a fin de reducirla a un polvo estremadamente fino. Se lava en seguida este polvo con agua para purificarlo del carbon, y se repiten estas operaciones del lavado y de la molienda, hasta que se vaya todo el carbon con la corriente del agua. Si la materia del ensaye no contiene ninguna sustancia metálica, no quedará nada en el mortero, despues del último lavado; mas, por poco que haya en ella de metal reductible, se lo encuentra en el fondo del mortero, bajo la forma de unas hojitas brillantes, cuando el metal es maleable, y en polvo, si es quebradizo e infusible. Segun Berzelio, se puede de este modo descubrir, mediante el soplete, en un grano de ensaye de tamaño ordinario, hasta un $\frac{1}{2}$ por ciento de estaño, y hasta la mas pequeña porcion de cobre.

Precauciones.

Se debe atender en los ensayes de esta clase: 1.° a que se consiga un calor tan fuerte como sea posible, dirijiendo siempre la llama reduciente de manera que cubra lo mas completamente que se pueda, la superficie del ensaye; 2.° a que no quede en el carbon ni se pierda nada de la materia del ensaye, cuando se recoja, porque si el metal está esparcido en granitos, se ignora donde se halla; 3.° a que se muela por mucho tiempo la masa mezclada de carbon; 4.° a que se decanten despacio las aguas, de suerte que no se arrastre con el agua otra cosa mas que lo mas ténue y lo mas liviano; 5.° en fin, no se debe juzgar del resultado sino cuando ya todo el carbon se ha ido; y tambien se ha de examinar el residuo por medio del microscopio con la mayor atencion posible.

Metales que se reducen, y se volatilizan.

Los metales que pueden reducirse por este método, son (a mas de los metales nobles) el molibdeno, el tunsteno, el antimonio, el teluro, el bismuto, el estaño, el plomo, el cobre, el niquel, el cobalto, el hierro. De estos metales, el antimonio, el bismuto y el teluro se volatilizan fácilmente, cuando para reducirlos se procura hacer mucho fuego. El selenio, el arsénico, el cadmio, el zinc y el mercurio se volatilizan tan completamente, que no se pueden recojer, sino mediante un pequeño aparato sublimatorio.

Un buen modo de ejercitarse en esta clase de esperimentos,

es tomar una sustancia cobriza, sobre la cual se hacen muchos ensayes de reduccion; teniendo cuidado de mezclarla en cada operacion con una cantidad mas y mas grande de alguna sustancia no cobriza; y cuando llegamos a una lei tan baja, que no se pueda de una vez verificar la reduccion del cobre, se repite el ensaye hasta que se ponga este metal en evidencia.

Con que objeto se emplea el borax.

Borax. Se emplea este reactivo en polvo o en pequeños granos: el que ha sido fundido préviamente, es mas cómodo, porque no se hincha tanto como el borax ordinario.

Se emplea el borax para operar la disolucion o la fusion de un gran número de sustancias. Es bueno tomar para esta clase de operaciones, la materia que se ensaya, en granitos, a fin de distinguir la parte que se ataca inmediatamente por este reactivo, de ciertas sustancias insolubles, que pueden hallarse mezcladas; porque esta distincion suele tener mucha importancia en los ensayes. En esta operacion se examina: 1.° si la fusion se opera pronto o lentamente, con efervescencia o sin movimiento aparente; 2.° si el vidrio que resulta de esta fusion, tiene color, y si este color cambia pasando de la llama oxidante a la de la reduccion; 3.° en fin, si el color aumenta o disminuye de intensidad por el enfriamiento, y si en las mismas circunstancias el vidrio conserva o pierde su transparencia.

Algunos cuerpos tienen la propiedad de formar con el borax un vidrio claro, que conserva su transparencia despues del enfriamiento, pero que calentándose lentamente a la llama esterior de la lámpara, se vuelve opaco, y toma un color blanco de leche o cualquiera otro color: sobre todo, cuando esta llama ha sido dirijida de un modo desigual e intermitente. Tales son las tierras alcalinas (barita, estronciana, cal), la ítria, la glucina, la circona, los óxidos de cério, de tántalo, de títano; y no sucede lo mismo con la sílice, la alumina, los óxidos de hierro, de manganesa, etc. En todo caso, para que se produzca este fenómeno, es menester que el vidrio esté hasta cierto punto saturado de óxido, y que no haya sílice en las sustancias ensayadas. Para indicar con brevedad este fenómeno, se dice que las sustancias que lo producen, *dan un vidrio que se vuelve opaco al arder*:(opaque au flamber).

Sal de fósforo. Se obtiene esta sal disolviendo 16 partes de sal amoniaca en una mui pequeña cantidad de agua caliente,

agregando a esto 100 partes de fosfato de sosa cristalizado, calentando mui lentamente: se echa despues agua hirviendo, se filtra, y se hace cristalizar la sal por enfriamiento. *Preparacion.*

Se emplea esta sal en granos gruesos, o en polvo: los cristales que se forman por sí solos, son de tamaño conveniente para el ensaye. Puesta esta sal sobre el carbon, y sometida a la accion del soplete, hierve, se hincha, despide vapor de amoniaco; y lo que queda, es fosfato ácido de sosa, que se derrite, y forma un vidrio transparente sin color. Como reactivo, esta sal obra principalmente por medio de su ácido fosfórico; y si no se emplea este último puro, es por ser delicuescente, mas caro, y difícil de introducir en el carbon.

Objeto con que se emplea la sal de fósforo.

La sal de fósforo da por consiguiente a conocer la accion de los ácidos sobre los óxidos que se quiere ensayar: el exceso de ácido que contiene, se apodera de todas las bases, y forma con ellas sales dobles mas o menos fusibles, de las que se examinan la transparencia y el color. Por esto, se aplica con preferencia al reconocimiento de los óxidos metálicos, de los que hace resaltar los colores característicos mucho mejor que el borax.

En todo caso se debe esperar que se enfrie bien el vidrio para juzgar del color producido por el ensaye.

Este mismo flujo ejerce sobre los ácidos una accion repulsiva. Los que son volátiles, se subliman, los fijos quedan en la masa, y se apoderan en parte de la base, que se halla combinada con el ácido fosfórico, o lo ceden a este, quedando ellos en suspension en el vidrio sin poder disolverse. Bajo este respecto, la sal de fósforo es un buen reactivo para los silicatos, porque para ella la sílice puesta en libertad, aparece en medio de la sal derretida bajo la forma de una masa jelatinosa.

Salitre. El uso de este reactivo se limita solo a completar la oxidacion de aquellas sustancias, de las cuales una parte ha resistido a la accion de la llama esterior. Esto se hace sumerjiendo la punta de un cristal de salitre en la materia, que todavia está líquida; pero, a fin de impedir el enfriamiento de la esferilla, se toma de antemano el cristalito delgado de salitre con unas pinzas que se colocan entre el tercero y el cuarto dedo de la mano derecha, lo que no impide tener el soplete con la misma mano, como es costumbre.

Yeso y espato fluor. Estas dos materias bien secas sirven de

indicio una para otra, y no tienen otro uso; pero, bajo este respecto, son de mucha utilidad para un químico mineralogista. Si se pone un pedacito de yeso en contacto con otro mas pequeño de espato fluor, y se los hace calentar en este estado, se funden inmediatamente en los puntos de contacto, despues se combinan, y se transforman, por la fusion, en una perla de vidrio sin color y transparente, que toma el aspecto de un esmalte blanco por el enfriamiento. Por esto, se emplea el espato fluor como reactivo, en lugar de yeso y vice versa. El yeso no es el único flujo del espato fluor, sino que tambien el sulfato de barita y el espato fluor por una parte, y por otra el fluoruro de bario y el yeso se funden mui bien; pero la perla fundida nunca llega a ser tan limpia y transparente como en el caso anterior.

Disolucion de nitrato de cobalto. Se emplea este reactivo para reconocer la presencia de la alumina o de la magnesia, que dan con el óxido de cobalto, despues de una fuerte ignicion, la primera un color lindo azul, la segunda, un color de rosa pálido. La sílice no impide la manifestacion de estos caracteres; pero la presencia de algun otro óxido metálico en la materia que se ensaya, destruye enteramente la accion del cobalto. Hai dos modos de emplear este reactivo en disolucion para los ensayes del soplete: si la sustancia que se ensaya puede absorber cierta cantidad de la disolucion de cobalto, se la emplea en pedazos, y aplicando en la superficie una gota de esta disolucion, se la calienta mucho, sin elevar la temperatura al grado que seria necesario para la fusion del ensaye; si la sustancia es mas dura, por ejemplo, como son algunas piedras cristalizadas, se la muele con agua en un morterito, se hace de ella una papilla, y se pone una gota de esta papilla en un carbon; se le agrega en seguida una gota de la disolucion de cobalto, y se le da fuego hasta enrojecerlo.

Estaño. Se emplean de preferencia las hojas de este metal cortadas en largas tiras de media pulgada de ancho; y el objeto que uno se propone al emplearlo, es producir el grado mas alto de reduccion en las fundiciones vítreas, particularmente cuando la sustancia que se ensaya contiene óxidos metálicos, que puedan pasar al menor grado de oxidacion, y que pasando a éste estado, puedan dar un resultado mas decisivo. Para esto,

se introduce en la esferilla del ensaye que está todavia caliente, y que se habia tratado préviamente por un fuego de reduccion la estremidad de la lámina de estaño, que se derrite al momento, y deja adentro de la esferilla, una pequeña partícula del metal; luego despues se vuelve a fundir la materia en el mismo fuego de reduccion, y se examina el resultado.

Cenizas de huesos. Se las emplea con el plomo para la copelacion de los metales o minerales que contienen oro y plata. Gahn tenia para esto pequeñas copelas de un cuarto de pulgada de diámetro. Berzelio separa la parte mas ténue de estas cenizas por medio del lavado, y la guarda en la forma de polvo. Despues, cuando llega el caso de hacer un ensaye, amasa este polvo con la mano izquierda, con un poco de sosa, y coloca una pequeña porcion de esta papilla en un hueco hecho en el carbon, teniendo cuidado de allanar bien la superficie esterior de este polvo con un majadero de ágata. Se calienta despues lentamente al soplete esta especie de copela, y se introduce en ella la materia que se ensaya, préviamente fundida con plomo. Platner comprime las cenizas bien lavadas en un molde de hierro sin agregar sosa; y este molde le sirve de apoyo durante la copelacion.

El óxido de cobre sirve para indicar la presencia del cloro en una sustancia, por el color azul que toma la llama, cuando se hace calentar al soplete esta sustancia con aquel óxido.

§ 6.° REGLAS JENERALES PARA LOS ENSAYES AL SOPLETE.

Antes de someter la materia que se quiere ensayar, a la accion de los flujos, se deben examinar los fenómenos que ella por sí sola puede presentar al soplete. Este exámen se hace del modo siguiente:

(a) Se hace calentar la materia en un pequeño matraz sobre la lámpara de alcohol, para ver si decrepita, y despide agua o cualquiera otra sustancia volátil.

(b) Se la calienta lentamente sobre un carbon a la llama de la lámpara ordinaria, mediante el soplete, para reconocer la presencia de los ácidos volátiles de arsénico, de selénio o de azufre, si los hai. Se compara el olor que se desarrolla en el

fuego de oxidacion con el que se produce por el fuego de reduccion; aquel hace mas sensible el olor del azufre o del selénio, y este hace mejor percibir los vapores arsenicales.

(c) Se repite el mismo ensaye en un tubo abierto por sus dos estremos para examinar los sublimados que se forman en la oxidacion: se observa el color, la volatilidad y el aspecto de estos sublimados.

(d) Se examina despues la misma materia con relacion a su fusibilidad. Si esta materia se halla en granos redondos, duros, lo mejor es ponerlos sobre el carbon, y soplar por encima; pero si se puede quebrantar el grano, y se quiere evitar la accion reduciente del carbon, se escoje entre los pedacitos una escama delgada con un borde cortante, o bien cualquiera partícula puntiaguda o una hojilla, y se la toma con unas pinzas de platina. Esponiendo en seguida la parte mas delgada a la accion del soplete, se observa si es fusible o no. Las sustancias infusibles conservan sus puntas o aristas intactas; las que se funden difícilmente, quedan con sus puntas y agujas redondas; en fin, las fusibles se convierten en una esferilla.

En cuanto a los minerales que son mui difíciles de fundir, Berzelio aconseja de molerlos con agua, y de poner en el carbon una gota de esta mezcla, la cual se calienta en seguida en la llama de oxidacion hasta que se despegue enteramente del carbon; y despues, cuando ya forma un todo coherente, o una especie de torta porosa, se la toma con unas pinzas de platina, y se someten las estremidades al fuego mas activo que se pueda producir al soplete.

Ciertas sustancias pueden cambiar de aspecto y de forma sin entrar en efusion: algunas se hinchan o forman ramificaciones cuya reunion ofrece el aspecto del coliflor. Entre estas sustancias, unas se funden despues de la tumefaccion, otras quedan sin fundirse, otras arrojan una especie de espuma al fundirse, y producen un vidrio ampolloso, que aunque transparente por sí mismo, aparece como si fuese opaco, por causa de una multitud de poros y burbujas que encierra.

(e) Se pasa, en fin, a los ensayes que se hacen mediante los reactivos, ya sea sobre una hoja de platina, ya sobre el hilo de platina, empleando sucesivamente la sosa, el borax, etc.

En el empleo de los reactivos, no se debe suspender dema-

siadamente pronto la insuflacion, porque hai sustancias que parecen ser infusibles al principio de la operacion, y que sin embargo ceden poco a poco a la accion del fundiente, y entran al cabo de unos dos minutos en una fusion completa. Es necesario ademas no emplearlos sino en pequeñas cantidades, y ántes de agregar otras nuevas, esperar que las anteriores hayan recibido la accion del flujo: saturando de este modo el vidrio del ensaye, se obtienen muchas veces reacciones vivas y manifiestas, que no se conseguirian con un vidrio no saturado.

Cuando se opera con los flujos bajo un fuego de reduccion, sucede que la esferilla del ensaye vuelve a oxidarse, mientras se enfria el carbon, y se pierde de este modo el efecto de la primera operacion. Para obviar a este inconveniente, se da vuelta al carbon, de modo que se haga caer la esferilla todavia líquida sobre un plato metálico, que se pone para esto debajo de la lámpara.

CAPITULO VI.

COBRE.

SECCION PRIMERA.

Resúmen de las propiedades de cobre que se aprovechan en los ensayes y beneficios en grande de las pastas y minerales de este metal.

El cobre puro es maleable, ductil, de un hermoso color rojo lustroso, y de grano pequeño mui igual en su fractura; mas, una pequeña cantidad de sustancias estrañas altera estas propiedades: dos o tres milésimos de antimonio o arsénico son suficientes para quitarle gran parte de su maleabilidad y ductilidad. Un alambre de cobre de 2 milim. de diámetro exije 137 kilóg. de peso para romperse. Se funde a 27 ° p. lo que corresponde a 788 ° cent., es decir, al calor rojo albado; al calor albo da vapores sensibles que arden al aire con llama verde. Su densidad 8.78 a 8.96.

Al aire seco y temperatura ordinaria no cambia de aspecto, pero el aire húmedo lo cubre de lo que llaman *cardenillo*, quo es un hidrocarbonato de cobre. Calentando el metal con el contacto del aire sin fundirlo, se forman en su superficie escamas de sub-oxido que es rojo: fundiéndolo se forma este sub-oxido mas lijero y penetra en el interior del baño; el metal en tal caso pierde una parte de su ductilidad, y su grano se empaña, y para devolverle sus primeras calidades es necesario volver a fundirlo en contacto del carbon. El sub-oxido, cuando no esté en contacto con el cobre metálico, absorve mas oxígeno por la calcinacion y se convierte en protóxido, pasando su color de rojo a negro. No descompone el agua por el calor ni mediante los ácidos, y aun a la temperatura mas alta de los hornos ejerce accion mui débil sobre el vapor de agua. Es menos oxidable que el hierro, el zinc, el cobalto, etc.: en la copelacion no pasa a la copela sino mediante una dósis de plomo 15 veces mayor que el peso de cobre. El ácido sulfúrico no lo ataca sino cuando concentrado y en ebulicion: pero si se esponen al aire hojas de cobre humedecidas con este ácido, el metal se oxida rápidamente con el oxígeno del aire y se forma mucho sulfato de protoxido, sin que haya descomposicion del agua o del ácido.

Tampoco ejerce accion alguna sobre el cobre el ácido muriático sino cuando el metal está mui dividido, en polvo, y se eleva la temperatura al grado de la ebulicion. El mejor disolvente para este metal es el ácido nítrico o aguarejia. Los ácidos vejetales no ejercen sobre él accion alguna si no hai contacto del aire, pero en presencia del aire provocan la oxidacion del cobre y producen sales de sub-oxido venenosas. El amoniaco disuelve fácilmente partículas de cobre mui subdivididas cuando hai contacto de aire; tambien obra fuertemente sobre el metal el agua que contiene una pequeña cantidad de sal comun. El litargirio, por la via seca hace pasar el cobre al estado de suboxido y forma con él escorias mui fusibles. Tambien oxidan este metal el peroxido de manganesa, el salitre, el sulfato ácido de potasa etc. No tiene afinidad con el carbon; sin embargo se cree que cuando se mantiene por cierto tiempo en estado de fusion el cobre en contacto del carbon, absorbe algo de carbono y a esto debe su color algo pálido amarillento y la

mala propiedad de ser agrio. Se combina mediante el color directamente con el azúfre, el selenio, el arsénico el antimonio etc. Cuando en alguna operacion metalurjica se hallan a un tiempo el hierro, el cobre, el azúfre y el oxigeno en presencia de la sílice, el azúfre va al cobre y el oxígeno al hierro, formando escorias de hierro y ejes de cobre. El cobre se alea con todos los metales; y aun el que se obtiene en las fundiciones de los minerales ferruginosos puede tener mas de 12 a 15 por ciento de hierro, conservando todavia gran parte de su maleabilidad, si no contiene al mismo tiempo algo de arsénico o antimonio. El plomo que proviene de la fundicion de los minerales de cobre ferruginosos se halla tambien aleado en todas proporciones con el cobre y los dos metales se oxidan aun tiempo cuando se hallen bajo la accion del salitre o del oxígeno del aire a una temperatura elevada.

Los óxidos de cobre no son reductibles por el calor a ninguna temperatura, pero sí por el carbon, el hidrógeno, el azufre, el hierro, el zinc, etc. Son dos los que se hallan en la naturaleza y se forman en los procedimientos metalúrgicos: el sub-oxido que es rojo, Cu^2O, y el protóxido que es negro CuO. *El sub-oxido* no se funde sino al calor albo; calentándolo con el contacto del aire se transforma en protóxido: es una base mui débil; por la via húmeda tiene tendencia para trasformarse en protóxido y cobre metálico; por la via seca forma escorias rojas fusibles irreductibles por el carbon. Con el litargirio forma compuestos mui fusibles, tiene 88,8 por ciento de cobre. El ácido muriático lo disuelve y al agregar agua se forma un abundante precipitado blanco; el ácido nítrico la disuelve con desarrollo de vapores nitrosos. *El protóxido* no se funde ni al calor albo mas intenso posible. El cobre, el plomo, etc. lo hacen pasar al estado de subóxido. Es una base mui activa, soluble casi en todos los ácidos, dando disoluciones verdes o azulejas. Se combina con la potasa o sosa por la via seca, pero el compuesto que es verde o azul se descompone por el agua. Es soluble en el amoniaco y carbonato de amoniaco dando disoluciones de un bello color azul mui intenso. Al soplete con la sal de fósforo o el borax da vidrio verde en la llema esterior y rojo en la interior, sea cual fuera el compuesto en que se halla.

Las sales de subóxido, insolubles, son blancas, parduscas o de

un amarillo rojizo; solubles, dan disoluciones sin color y forman precipitados de color de naranja por los alcalis fijos y sus carbonatos. Se transforman en sales de protóxido absorviendo el oxígeno del aire, o abandonando una parte de cobre metálico. *Las de protóxido* son verdes o azules. Precipitan por los carbonatos, fosfatos, arceniatos oxálatos y por los alcalis fijos, dando precipitados azulejos verdosos, solubles en el amoniaco. Precipitan completamente por el hidrógeno sulfurado, dando precipitado negro insoluble en el hidrosulfato. El hierro las precipita, tanto de sus disoluciones por la via húmeda, como de sus escorias fundidas por la via seca. El *sulfato* se descompone por el fuego dejando protoxido puro. Es soluble en el agua e insoluble en el ácido sulfúrico formando en este último una sal anhidra blanca. Calentándole con el carbon se transforma en subsulfuro y calentándole con el cobre, en protoxido. El subsulfato es insoluble en el agua. *El arseniato* es mui fusible, soluble en los ácidos y en el amoniaco: no se descompone por el fuego; calcinado con el carbon pasa al estado de arseniuro. El arsenito de protoxido se transforma por el calor en arseniato de sub-oxido mezclado o no con arsenito de la misma base o arseniato de protoxido, que son compuestos rojos mui fusibles. El *clorhidrato* de protoxido evaporado hasta la sequedad, da *protocloruro*, y este, si se espone a una temperatura que pasa de 200 °, exhala cloro y se transforma en subcloruro. El *sub-cloruro* se descompone por la calcinacion con el contacto del aire y se volatiliza en parte. El ácido muriático lo disuelve sin descomponerlo; y esta disolucion que es mas desoxidante que el protocloruro de estaño, produce, si se le agrega agua, un abundante precipitado blanco, pulverulento de subcloruro. El *oxicloruro* es insoluble en el agua y se produce cuando se deja al aire el sub-cloruro humedecido con agua, o bien cuando se espone al aire el cobre humedecido con una disolusion de sal comun o ácido clorhidrico. *Los carbonatos*, *acetatos* y *oxalatos* se descomponen fácilmente por el fuego.

Los súlfuros de cobre son negros y fusibles, calcinados con el contacto del aire se descomponen fácilmente: si la temperatura es baja, se forma mucho sulfato, si es elevada, se transforman en protóxido. El *protosúlfuro* se forma solo por la via húmeda, pasando hidrógeno sulfurado por una disolucion de

protóxido: si se le deja humedecido, absorve con facilidad oxígeno del aire. El calor lo descompone pronto y hace pasar al estado de subsulfuro. El *subsulfuro* es el que se halla en la naturaleza. Es mas fusible que el cobre y no se descompone por el fuego si no hai contacto del aire. Tampoco lo descompone el carbon sino a la mas alta temperatura de los hornos: pues fundido a la de 150 p en un crisol de brasca, se observa que se separan globulitos de cobre metálico. Contiene 79.7 de cobre por ciento. No se ataca sino con mucha dificultad por el ácido muriático, aun a la temperatura de la ebulicion y el ácido concentrado. El hierro lo descompone en parte formando un sulfuro doble. Del mismo modo obran el estaño y el antimonio, formando al propio tiempo aleaciones. Los álcalis lo descomponen tambien en parte, dando lugar a la formacion de cobre metálico, de sulfato alcalino y de un sulfuro doble. Los carbonatos alcalinos producen el mismo efecto en el contacto de carbon. El salitre obra con enerjia sobre el subsulfuro, principiando por acidificar el azufre y si el salitre se halla solo en proporcion suficiente para convertir el azufre en ácido sulfúrico todo el cobre se separa al estado metálico. El súlfuro y el óxido de cobre se descomponen recíprocamente: 992.6 p. de sub-súlfuro, fundidas con 991.4 de protóxido, se convierten en cobre puro. El súlfuro y el sulfato de cobre se descomponen tambien mutuamente a una temperatura poco elevada con desarrollo de ácido sulfuroso: 992.6 de sub-sulfuro y 996.8 de sulfato anhidro se convierten en cobre metálico. El sulfato de plomo ataca a un tiempo los dos elementos del súlfuro.

El arseniuro Cu^2As es gris, mui agrio, fusible e inalterable por el calor el mas elevado posible. El que tiene 0.075 de cobre es todavia de un color gris rojizo y apenas semiductil. Calcinados con el contacto del aire los arseniuros se trasforman en arseniatos de protóxido mui básicos y dejan desarrollarse una gran cantidad de ácido arsenioso. No se descomponen por los carbonatos alcalinos ni el flujo negro. El salitre empleado en cantidad suficiente para acidificar el arsénico produce cobre y arseniato alcalino; empleado en exceso, transforma todo en arseniato de potasa y óxido de cobre. El arseniuro y el oxido, el arseniuro y el arseniato se descomponen recíprocamente; todo el arsénico se va en estado de ácido arsenioso y queda el

Bayerische
Staatsbibliothek
München

cobre metálico: 10 p de arseniuro Cu^2As y 6 de óxido CuO, como tambien 10, p de primero y 6 de arseniato Cu^2As^5 se convierten en cobre, con tal que se evite todo contacto del aire. Los arseniuros de cobre se combinan con el súlfuro de cobre y otros súlfuros metálicos. Calcinados los arseniuros con el contacto del aire en presencia de carbonato de cal, dan lugar a la formacion de arseniato de cal y de óxido de cobre.

Las alcaciones mas útiles en las artes son: la de cobre con raiquel y zinc para la fabricacion del *cobre blanco de Alemania*, del *pac-fung* y de *mailchort* que imitan bien la plata; la de cobre, y estaño para el bronce de cañones, bronce de estátuas y metal de las campanas; la de cobre con zinc para la fabricacion del *laton*, del *cobre amarillo*, del *oro de Manheim* etc.; y en fin las de cobre con plata o con oro para las monedas y obras de plateros.

SECCION SEGUNDA.

Minerales y productos de las artes.

§ 1.° ESPECIES MINERALES DE COBRE.

El cobre se halla en la naturaleza puro, *nativo*, o bien combinado con diversos elementos, que son el oxígeno, el cloro, el azufre, el arsénico etc.; de esto resulta gran número de diversas combinaciones o *especies minerales*, que se pueden clasificar del modo siguiente:

1.°	minerales metálicos —	cobre nativo.
2.°	minerales oxigenados —	el subóxido (óxido rojo,) el protóxido (óxido negro,) el oxicloruro.
3.°	minerales sulfurados (sin antimonio ni arsénico)	el súlfuro ó cobre vítreo, la pirita cobriza, el cobre abigarrado, el súlfuro doble de cobre y de estaño, el súlfuro doble de cobre y de bismuto, los súlfuros dobles de cobre y de plata, los sulfatos.

4.° minerales antimoniales y arsenicales — { el cobre gris antimonial, id. id. arsenical, id. id. mercurial, id. id. plomizo, el arseniuro de cobre, los arseniatos de cobre.

5.° minerales que tienen ácido carbónico — { el carbonato negro, id. verde, id. azul,

6.° minerales que contienen sílice — — } los silicatos de cobre.

A esto se deben agregar las especies minerales escasas en la naturaleza, como son — los fosfatos de cobre, el seleniuro de cobre, el cromato de cobre, el tunstato cobrizo, etc.

Caractéres comunes a todos los minerales que contienen cobre. Todos dan al soplete con borax o sal fosfórica un vidrio que es verde azulado, cuando se funde en la llama exterior, y pasando a la llama interior, cambia de color, se pone rojo y opaco. Todos se *atacan* por los ácidos, y producen disoluciones verdes o verdes azuladas, que toman un color azul mui intenso, cuando se les agrega un esceso de amoniaco.

Cobre nativo. Se halla en masas irregulares; diseminado en chapas y pegaduras, en racimos, dendrítico y cristalizado. Sus cristales derivan segun Philips del octaedro regular; pero el cobre nativo de Chile se halla comunmente en octaedros mui imperfectos de base rombal o prismas rombales terminados por caras del octaedro. Las mas veces se encuentran *gemelos* con ángulos entrantes. Su color es a veces rojo obscuro, otras veces amarillento claro; y tambien se encuentra cobre nativo blanquecino, parecido al color de la plata. En este caso el metal es ágrio, quebradizo, mas duro que el rojo, y contiene siempre arsénico. Una muestra de este cobre sacada de unas *guias* metálicas de la cordillera de Illapel, dió 3 por ciento de arsénico.

En las minas de Corocoro y las de San Bartolo de Atacama en Bolivia, el cobre forma como una arenisca de grano pequeño

de cobre, de manera, que molido y lavado produce una arena de cobre.

El cobre nativo se halla mui a menudo acompañado con el óxido rojo, que a veces cubre la superficie de las masas, a veces está pegado a ellas en forma de unos cristales cúbicos, y otras veces se halla diseminado en ellas, llena los poros del cobre, o constituye las masas principales del mineral, en medio de las cuales el cobre se halla diseminado en hilos y partículas mui finas. De este modo se hallan formadas las masas de cobre nativo y las barras coloradas de las minas de Andacollo, que se pueden citar como las minas mas abundantes de esta clase de mineral, y que han producido hasta ahora mas cobre nativo que ninguna otra mina en el mundo.

Subóxido de cobre (oxídulo, óxido rojo, cobre rojo).—Es de color rojo de cochinilla y a veces pardo metálico o negro en la superficie de los cristales; pero su polvo y su raspadura son siempre de color rojo de cochinilla.—Se halla en masas, diseminado, en agujas, aterciopelado y en cristales. Su forma cristalina es el octaedro regular, a veces biselado en sus aristas, como suele encontrarse en algunas minas del Huasco. Los cristales que acompañan el cobre nativo de Andacollo, son cubos, algo imperfectos. Al soplete sobre carbon se reduce mui fácilmente. Se disuelve en el ácido muriático, y la disolucion se enturbia agregando agua. El ácido nítrico lo disuelve con desarrollo de vapor nitroso. Consta de—cobre 0,8878
oxijeno 0,1122

Su p.: esp.: 5,6 1,0000

Constituye la mayor parte de los minerales oxijenados, que los mineros llaman metales de color, y en los cuales esta *especie mineral* se halla mezclada con peróxido de hierro, hidrato de hierro, etc. A veces forma guias o venas angostas revestidas por ambos lados con silicatos verdes, negros y azules; y a veces contiene 2 a 3 milésimas de cloro. Se halla comunmente encima de los súlfuros y cerca de la superficie; sin embargo, las venas mas puras y mas abundantes de este mineral en las minas de Andacollo, se hallan debajo de otras que son negras o aceradas, de un mineral oxisulfurado de cobre, y encima de unas masas de cobre metálico.

Protóxido de cobre (cobre negro, polvorilla de cobre, negrillo). —Rara vez en masas considerables, las mas veces mezclado con cobre amarillo de cuya descomposicion proviene. · Es negro, y tira a veces a negro azulado. Estructura terrosa; tizna poco; al soplete sobre carbon, se funde en una bolita negra que se reduce por debajo, y la reduccion se verifica completamente en la llama interior. Se disuelve en el ácido muriático, en el carbonato de amoniaco y en el ácido nítrico, sin producir en este último vapores amarillos.

consta de cobre	0.7983
oxíjeno	0,2017

En Chile se halla a veces casi puro acompañado con el silicato y el carbonato de cobre, sin ninguna mezcla de súlfuro. Una muestra sacada de una mina nueva en el departamento de Elqui, dió

óxido de cobre — —	0,902
sílice jelatinosa — — —	0,020
óxido de hierro y alumina	0,040
agua y ácido carbónico —	0,038
	1,000

Atacamita (oxicloruro de cobre).—Es de color verde puerro; por refraccion, verde de esmeralda; la que está en tablas, es verdinegra obscura; la compacta, verde clara. Cristaliza en octaedros de base rectangular, en prismas rombales y en tablas exágonas. Estractura estriada u hojosa. Trasluciente en los bordes o semitransparente. Raspadura verde de manzana. P. esp. 4,48. Al soplete tiñe la llama de un fuerte azul con las orillas verdes, y deja sobre el carbon, al rededor de la prueba, una pegadura roja; despues se funde, y se reduce a una esferilla de cobre rodeada de escorias. Se disuelve sin efervescencia en los ácidos y en el amoniaco.

Se halla en abundancia en las minas de cobre de Cobija (en Bolivia), acompañada con el súlfuro de cobre, con los óxidos de hierro, con el sulfato de cal etc. Se halla tambien, aunque escasa, en algunas minas de Chile, como en las de la Quebrada Seca (Copiapó) y en las del Carrizo, de San Juan y de Labral (Huasco). En el Perú, se halla con algunos minerales de plata

y en el desierto de Atacama, en forma de una arena fina de color verde claro.

Berthier encontró en la Atacamita de Cobija

cloro — — —	0,149
cobre metálico —	0,133
protóxido de cobre	0,500
agua — — —	0,218
	1,000

Cobre sulfúreo (cobre vítreo). Es de color gris de acero, lustre metálico, raspadura negra: estructura granuda, a veces hojosa, plana e imperfecta; fractura concóidea o desigual. El del antiguo continente suele hallarse cristalizado en prismas exágonos; en Chile no se halla cristalizado. Al soplete sobre carbon en la llama esterior, se funde mui pronto, despide ácido sulfuroso, hierve y arroja chispas de fuego; en la llama interior se cubre de una costra, y no se funde; en el matraz es inalterable. Es blando; se deja con facilidad cortar con un cuchillo.

Este súlfuro es atacable pero con dificultad y a la temperatura de ebulicion por el ácido hidroclórico. De la accion de este ácido sobre el mineral resulta subcloruro y azufre: de modo, que el residuo consta de una mezcla de azufre y del súlfuro que no se habia atacado. La accion es pronta aun con la temperatura ordinaria, cuando este súlfuro se halla combinado con el súlfuro de plata. (Véanse minerales de plata).

Este mineral se halla en abundancia en las minas de cobre en Chile, sobre todo, en las que se hallan léjos de la costa, en el terreno de pórfidos estratificados: como son las de San Antonio (Copiapó), las de Catemo (Aconcagua), de San Pedro Nolasco etc. Todos los minerales conocidos entre los mineros bajo el nombre de *bronce acerado*, son de este súlfuro, ya sea puro, ya mezclado con óxido de cobre, carbonato de cobre etc. Es fácil equivocar esta sustancia con cierta variedad de óxido de hierro, bastante comun en Chile, que por su lustre y color es parecida al súlfuro de cobre, pero este se distingue del otro por su blandura, su fusibilidad y el color que da al vidrio de borax.

El cobre sulfúreo que se encuentra en las minas de la costa,

en los terrenos graníticos se halla mui a menudo mezclado con óxido de cobre, con carbonato, oxicloruro y silicato de cobre (a veces con oro): el que se halla mas al interior, en los terrenos estratificados, con tiene plata.

El mas puro, sin mezcla, contiene

cobre 0,7973
azufre 0,2027 — $Cu^2 S$.

Cobre abigarrado. (C. panáceo, Rosicler de Méjico, bronce morado de Chile)—Recien partido, es su color entre amarillo de pirita cobriza y pardo de tumbaga; pero pronto se toma de pardo violáceo, otras veces de pardo azul, luego de azul y otros colores de íris que nunca son tan claros como los de la pirita cobriza. Lustre metálico. Estructura de grano pequeño y compacta. Blando, se deja cortar con un cuchillo; p. esp. 4,9 a 5. Al soplete, como el anterior. Se funde pronto en vasos cerrados sin perder nada de su peso.

Muchos minerales de diversa composicion pertenecen a esta especie: la proporcion de cobre varia en ellos de 38 hasta 70 por ciento. Todos constan de súlfuro de hierro, y de subsúlfuro de cobre $Cu^2 S$ combinados entre sí en diversas proporciones. Los que tienen mas cobre, son casi compactos, de fractura concóidea y de color azul obscuro o violado obscuro, con pocos colores de íris; mientras que disminuyendo la proporcion de cobre y aumentando la de hierro, el mineral se halla mas abigarrado (tornasolado), y entre los colores aparecen el amarillo rojizo y el azul celeste.

Estos minerales abundan mucho en algunas minas de Chile, particularmente en las de Tamaya (Ovalle) y en la mina de los Sapos (Combarbalá.) Los de esta última contienen a veces hasta 0,0025 de plata, mientras que los de Tamaya contienen casualmente oro. En Méjico abundan en Ramos, Mazapil y Huetamo.

Composicion de diversas variedades de esta especie en Chile.

Minas y localidades.	Tamaya. De la Moliaca.	Mina de los Sapos.	Mineral de la Higuera.
Cobre.	0,667	0,561	0,595
Hierro.	0,089	0,177	0,182
Azufre.	0,228	0,231	0,205
Criadero.	0,016	0,031	0,018
	1,000	1,000	1,000

Cobre amarillo, o pirita cobriza. (Bronce candelero o dorado de Méjico, bronce amarillo de Chile). Es amarillo de laton bajo o subido, que a veces se acerca al amarillo de oro; la fractura recien hecha se cubre las mas veces con el tiempo, con colores de la cola de pavo real o del pecho de paloma. Lustre metálico. Estructura de grano grueso y pequeño. Fractura desigual y a veces concóidea, grande y plana. Mas duro que el anterior, y tanto mas duro, cuanto ménor es la proporcion de cobre que contiene: p. esp. 4,169. Al soplete sobre carbon se funde mas fácilmente que el cobre sulfúreo, en una esferilla quebradiza, magnética. En un matraz da un poco de sublimado de azufre. Es inatacable por el ácido muriático, pero se disuelve mui fácilmente en el ácido nítrico y en el agua réjia.

Se halla a veces cristalizado en tetraedros irregulares, que derivan del octaedro de base cuadrada, y en otras formas complicadas que tambien provienen de la modificacion de las anteriores; pero comunmente se halla en masas, diseminado, arriñonado etc.

Consta de subsúlfuro de cobre Cu^2S, y de sesquisúlfuro de hierro F^2S^3, combinados en todas proporciones, sin que la de cobre pase jamas de 34 a 36 por ciento. Miéntras mas cobre tiene, mas fino es su grano y mas blando, y mas vivos son sus colores: cuando la proporcion de cobre baja de 6 a 7 por ciento, el mineral se parece a la pirita ordinaria de hierro: se encuentran sin embargo minerales de esta especie, que a pesar de tener mas de 20 por ciento de cobre, carecen de colores vivos *de tornasol*; pero en este caso se conocen por su grano que es siempre mas fino que el de la pirita de hierro. Calcinados en un crisol de brasca, emiten tanto mas azufre cuanto mas súl-

furo de hierro contienen. El mineral cristalizado y otros mas puros de esta especie en Chile constan de

	(1) de la Higuera.	(2) de Brillador.	(3) de los Sapos.
Cobre	0,371	0,367	0,283
Hierro	0,321	0,260	0,264
Azufre	0,306	0,338	0,290
Criadero	0,011	0,026	0,160

(1) Especie cristalizada en formas que parecen derivar de un tetraedro irregular; se cubre mui pronto de colores de íris.

(2) En masas, de color amarillo de oro, de mucho lustre y de estructura casi compacta.

(3) Variedad particular por su color amarillo algo verdoso, cuyo lustre se empaña con el contacto del aire, sin tomar colores de íris; y por esto se puede equivocar con la pirita de hierro, de la cual se diferencia a la simple vista por un grano estremadamente fino, que nunca se ve en la pirita de hierro, ni en cualquier pirita cobriza de poca lei.

Se halla las mas veces mezclado con cobre negro, hierro espejado y magnético, yeso, una especie de arcilla mui suave al tacto, cuarzo, asbesto etc. a veces con granate, como en Panucillo. Es esta especie la que mas abunda en las minas de Chile: las que producen mayor riqueza de ella, son las del Carrizal, de San Juan, de la Quebradita (Huasco B.), las de la Higuera, de Brillador, de Tambillos y de Panucillo (Coquimbo), las del Cerro Blanco (Copiapó); Catemo etc. Es de observar que mientras en otros paises, particularmente en Inglaterra, esta clase de minerales se halla casi siempre mezclada con arseniuro de cobre, los de Chile, en particular los que provienen de las minas situadas cerca de la costa, no tienen comunmente ningun vestijio de arsénico ni de antimonio.

Súlfuro doble de cobre y de estaño. Es blando, quebradizo, de un color que es entre gris de acero y amarillo de laton; lustre metálico.—Al soplete sobre el carbon, se pone blanco en la superficie, y cubre el carbon con una pegadura blanca.

Solo se ha hallado en Méjico y en Inglaterra.

Súlfuros dobles de cobre y de plata. (Véanse las especies minerales de plata).

Sulfatos de cobre. Hai varias especies de sulfatos de cobre; y todas son verdes o azules, dan agua en el matracito, y al soplete se ponen negras.

El sulfato neutro se cria comunmente en las minas de cobre amarillo, y proviene de la descomposicion de este súlfuro. Cristaliza en prismas oblicuos; es azul, soluble en el agua, y de un sabor astrinjente metálico. Se halla mui a menudo en las paredes de las antiguas labores de las minas: la mina que produce mas de este mineral, es la de la Tierra Amarilla en Copiapó, donde se halla el mismo sulfato con el sulfato neutro de hierro y otros sulfatos de hierro, de zinc y de alumina.

El subsulfato del Perú es verde, insoluble en el agua, soluble en los ácidos; se halla en pequeñas masas terrosas, mezclado con yeso y arena. El de Méjico es granudo, sin lustre, casi terroso, verde o verde parduzco, insoluble en el agua, mui soluble en el carbonato de amoniaco.

El subsulfato se halla mui a menudo mezclado en pequeñas proporciones en los mas minerales oxigenados de Chile.

Subsulfato — —	del Perú	de Méjico
	por Proust	por Berthier
Protóxido de cobre —	0,6394	0,6790
Acido sulfúrico —	0,2155	0,1707
Agua — —	0,1455	0,1503

Cobre gris (Soroche fino de Chile). Se da este nombre a un gran número de especies minerales, que todas tienen color gris de acero y lustre metálico: las mas cristalizan en tetraedros, o formas que derivan del tetraedro; y al soplete indican la presencia de azufre, arsénico y antimonio. Las principales subespecies de cobre gris son:

(1) *Cobre gris arsenical.* De color gris de acero obscuro: lustroso en la fractura recien hecha; pero se empaña por el contacto del aire. Al soplete se funde, hierve, y despide humo con olor de ajo. Despues de calcinado, produce con la sosa

sobre el carbon un grano de cobre; en el matracito da sublimado de oropimente. Se ha encontrado en algunas minas de Chile situadas lejos de la costa, particularmente en las de San Pedro Nolasco, y en Lajarilla (mina abandonada cerca de Andacollo).

Una especie de cobre gris arsenical hallada en Perú es notable por su estructura hojosa perfecta, con cruceros y su color gris de hierro, casi negro por fuera.

(2) *Cobre gris antimonial*. Se diferencia del anterior por el humo antimonial que produce con abundancia, cuando se ensaya al sopleto, ya sea sobre un carbon, sea en un tubo abierto. Por fuera es resplandeciente y lustroso, cuando tiene caras lisas; por dentro poco lustroso, de grano grueso y pequeño; fractura desigual. Se halla en Chile en masas y a veces cristalizado con formas mui complicadas; se cria en los cerros estratificados léjos de la costa, como el anterior. Las minas en que se ha hallado, son las de Machetillo, y de los Porotos (Elqui); la del Manto de Valdivia en Rapel (Ovalle), las del Cerro Blanco (Copiapó), la de San Pedro Nolasco etc. Casi siempre se halla acompañado con la galena y la blenda.

(3) *Cobre gris plomizo*. (Burnonia). Critaliza en formas que derivan del prisma recto de base rectangular: color gris de plomo; fractura lustrosa casi siempre concóidea; lustre metálico vidrioso. Al soplete sobre carbon se funde con desarrollo de un humo blanco espeso, dejando un globulito negro. Esta especie no se ha hallado todavia pura en Chile, pero sí en varias minas de Méjico y de Bolivia.

(4) *Cobre gris mercurial*. Es un mineral mui interesante y escaso. Se parece por su color y su lustre al cobre gris arsenical. En un tubo abierto, despide olor de azufre, produce mucho humo antimonial y un sublimado de mercurio, dejando un residuo que da al vidrio de borax un color verde azulado. Se halla acompañado por el carbonato azul de cobre y por una sustancia terrosa de un hermoso color rojo de aurora que da en el matracito, por sí, sin adicion de algun reactivo, sublimado de mercurio, y un residuo de ácido antemónico con óxido de cobre; es probablemente un antimoniato de óxido de cobre y de mercurio, producto de la descomposicion del cobre gris antimonial y mercurial, o bien una mezcla íntima de cinabrio, ácido antimónico y óxido de cobre. Se encuentra en las minas

de mercurio y algunas de cobre en Punitaqui (particularmente en la del Manto de Valdivia), tambien en una mina de azogue en Illapel, en otra cerca de Andacollo, y en la de azogue en el Cerro Blanco de Copiapó;—(Véanse minerales de Mercurio).

La composicion de las diversas subespecies de cobre gris antimonial y arsenical es mui variable: la proporcion de cobre varia comunmente de 38 a 42 por ciento; y todas tienen mas o menos plata, cuya proporcion sube a veces hasta dos o cuatro por ciento.

	(1) Chile.	(2) Inglaterra.	(3) Chile.	(4) Chile.	(5) Perú.
Cobre	0,367	0,453	0,485	0,342	0,442
Hierro	0,012	0,093	0,048	0,020	0,035
Zinc	0,069	—	0,023	—	0,004
Plata	0,025	—	0,003	0,002	—
Antimonio	0,207	—	0,064	0,291	0,026
Arsénico	0,065	0,118	0,114	0,079	0,134
Azufre	0,253	0,288	0,261	0,243	0,334
	0,998	0,952	0.998	0,975	0,975

(1) Cobre gris antimonial de Machetillo: de color gris de acero claro; en cristales mui complicados, por fuera mui lustrosos; fractura desigual, de grano pequeño; raspadura parda, algo rojiza; se halla acompañado con la galena de hojas anchas y con el espato perlado. Una variedad de la misma especie y casi de igual composicion, analizada por Field, se halló en las minas de oro del Altar y contiene, segun Field:

Oro 0,003
Plata 0,075

(2) Cobre gris arsenical de Cornuallis, mineral llamado Tenancia, cristalizado en dodecaedros rombales, por fuera negros, por dentro de color gris de plomo, de fractura igual; p. esp. 4,37. Es un súlfuro triple de cobre, hierro y arsénico (por Philips).

(3) Cobre gris arsenical de San Pedro Nolasco. De color gris de acero, mas oscuro que el del cobre gris antimonial de Machetillo; y aún tira un poco al azulado, en algunas partes al verdoso; es de grano pequeño y en parte de grano mui fino que pasa a compacto; fractura desigual o concoidea. Se halla en masas y diseminado, con el súlfuro de cobre del cual se distingue tanto por su lustre y color, como por su estructura, siendo esta última en el súlfuro de cobre (en el que sale de las minas de San Pedro Nolasco), algo hojosa, de hojillas pequeñas.—Sus compañeros son a mas del citado súlfuro, la galena, la blenda y el espato perlado.

(4) Cobre gris antimonial y arsenical de San Pedro Nolasco: a morfo, de color gris obscuro que tira a gris de hierro, raspadura roja, de un rojo mui obscuro: no mui blando; estructura granuda, (por don Paulino del Barrio.)

(5) Cobre gris arsenical del Perú es de color negro de hierro, estructura hojosa perfecta, plana, de triple crucero, lustrosa; en masas y agujas; acompañado con la pirita blenda.

No menos variable es la composicion del cobre gris plomizo o burnonia, sobre todo de las variedades amorfas de esta especie. Hé aquí la composicion de algunas.

	(1) Méjico.	(2) Bolivia.	(3) Chile.
Plomo	0,402	0,405	0,179
Cobre	0,133	0,136	0,307
Hierro	—	0,007	0,022
Zinc	—	0,004	0,028
Antimonio	0,283	0,241	0,266
Azufre	0,178	0,194	0,198
Plata	—	0,002	0,006
	0,996	0,989	1,006

(1) Burnonia crist. de Méjico (por Dufrenoy).

(2) Burnonia de Machacamarca en Bolivia: cristalizada en primas rectos de base rectángula, hemitropos y en formas cilindricas; negra o empavonada por fuera y resplandeciente

en la fractura; estructura casi compacta; mui frájil; raspadura negra ps. 5,35 (por D. Fr. Perez.)

(3) Cobre gris plomizo de Carrizo en Chile, departamento de Huasco: es amorfo, de color gris de acero, fractura desigual, estructura granuda; no tiene tanto lustre, ni es tan frájil y blando como la burnonia. Se halla en masas bastante considerables, mezclado con pirita y blenda y es uno de los minerales de plata mas ricos del Carrizo (por D. An. Herreros.)

Cobre blanco (arseniuro de cobre).—En la fractura recien hecha es de color blanco de estaño, con mucho lustre metálico, parecido al del arseniuro de hierro, solo tira un poco al amarillento; este lustre luego se empaña por el contacto del aire, se vuelve mas y mas amarillo, despues toma colores de iris, y llega a ser mui parecido al de la pirita cobriza o del cobre abigarrado. Su estructura es de grano fino, y pasa a compacta; fractura desigual, que pasa a concoidea imperfecta. Es menos blando que el cobre abigarrado, y toma lustre con el cuchillo. Al soplete, por sí solo, se funde mui pronto, despidiendo mucho olor arsenical, y corroe mui luego la platina: el residuo de la calcinacion sobre el carbon no es atraido por el iman. Es inatacable por el ácido muriático e inalterable por el fuego. Los minerales que lo acompañan, son el subóxido de cobre, (cobre rojo), el cobre nativo, el arseniato y el carbonato de cobre, la pirita cobriza y la plata nativa.

La especie pura solo se ha hallado en Chile, en el cerro de Calabazo (Illapel), en unas guias angostas, con cobre rojo y plata nativa; pero la misma especie mezclada con pirita cobriza, se halla en abundancia en las minas de plata de San Antonio (Copiapó). La especie pura del cerro de Calabazo consta de

cobre	0,7164
arsénico	0,2836 Cu^3 Ar.

La de San Antonio ha producido en un análisis -

cobre	0,6193
hierro	0,0046
arsénico	0,2039
azufre	0,0339
criadero	0,1239
	0,9856

Arseniatos de cobre.—El protóxido de cobre y el ácido arsénico se hallan en la naturaleza combinados en gran número de proporciones con agua o sin ella, y a veces con arseniatos de hierro, de alumina y ácido fosfórico. De esto resultan muchas subespecies, que todas, al soplete, cambian de color; producen en el matraz agua; se reducen mui pronto sobre el carbon con desarrollo de mucho humo arsenical: dan con la sosa un grano blanquecino, mui agrio; y se disuelven fácilmente en los ácidos sin efervescencia, y sin dejar residuo de sílice. Son de diversos colores, y en particular de azul celeste, de verde esmeralda, verde pistacho y aceituna, de verde cardenillo y amarillo pajizo. Sus formas cristalinas son tambien diversas; y entre ellas se citan el octaedro de base cuadrada; las tablas exágonas y los prismas rectos y oblícuos

En Chile se hallan mui escasas, nunca cristalizadas, y solo acompañan al arseniuro y algunos minerales arsenicales de plata. Felizmente para el beneficio de cobre no se hallan en la masa principal de los minerales de cobre que provienen de las minas situadas cerca de la costa.

Fosfatos de cobre. Son tambien numerosos los minerales de esta especie; pero ninguno se halla en abundancia, y solo acompañan al óxido, a veces al arseniato o carbonato de cobre. Son comunmente de color verde obscuro o bien verde de malaquita; se disuelven en los ácidos sin efervescencia ni residuo; sobre carbon, no despiden olor de ajo, y no dan ningun color a la llama; en el matraz dan agua, y se vuelven negros.

Carbonatos de cobre. Se disuelven con efervescencia en todos los ácidos, y sus disoluciones son verdes o verdes azuladas. Hai tres especies de carbonato.

(1) *Misorina.* Es negra o parda obscura; compacta, blanda; en el matraz no despide agua. Es mui escasa.

(2) *Malaquita* (metal cardenillo, o metal estrellado de Chile).—Es de color verde esmeralda y cardenillo de todos grados. Estructura fibrosa, gruesa o fina (a veces estriada, lustrosa), tambien compacta, o terrosa, a veces en zonas concéntricas de diversa estructura. Se halla en masas, diseminada, en racimos, arriñonada etc. Esta especie es la mas apreciada por los fundidores, y mui comun en las minas de

Chile, sobre todo, en las que no se hallan a mucha distancia de la costa.

(3) *Cobre azul* (metal añilado de Chile).—De color azul de ultramar; en la superficie lustroso, lustre de vidrio y de diamante; a veces cristalizado en prismas agrupados en bolas y racimos. La variedad compacta azul de esmalte. Esta especie es mui escasa en las minas principales de cobre en Chile, pero acompaña mui a menudo (aunque siempre en pequeña cantidad) a los minerales de azogue, de plomo y algunos de plata.

Los carbonatos puros, separados de sus criaderos y de todos los minerales con que se hallan comunmente mezclados, constan de:

Carbonato.	Negro.	Azul.	Verde.
Protóxido de cobre	0,7826	0,6912	0,7184
Acido carbónico	0,2174	0,2560	0,1995
Agua	—	0,0528	0,0821

Silicatos de cobre. El silicato de cobre $CuOS^2$ existe en la naturaleza combinado en tres diferentes proporciones con agua; a mas de esto, el mismo silicato se halla con exceso de sílice; y hay otro silicato, *silicato básico*, que contiene mas óxido de cobre que los anteriores.

Todos estos silicatos al soplete se ponen negros, en el matraz dan agua, y todos se disuelven en los ácidos muriático y sulfúrico, dejando por residuo una sílice soluble en una disolucion de potasa. Se distinguen de los carbonatos, de los arseniatos y de los oxicloruros por la propiedad que tienen de disolverse en los ácidos sin efervescencia, y de no dar color azul a la llama, ni producir olor de arsénico al soplete.

Las diversas subespecies son:

(1) *La dioptasa:* de color verde de esmeralda, lustrosa, trasluciente o transparente, cristaliza en prisma, y tiene una estructura hojosa de triple crucero. Es mui escasa, y solo se ha encontrado cristalizada en Siberia. Un silicato de cobre casi de la misma composicion se halla en un mineral verde arriñonado, compuesto de capas delgadas concéntricas de carbonato y de silicato, en las minas de Punitaque.

(2) *Malaquita silicífera*: en masas, diseminada y en revestimiento; nunca cristalizada; de color verde cardenillo de diversos grados; estructura compacta; fractura concóidea pequeña; trasluciente en los bordes, blanda.

(3) *Somervilla*. Unas veces en venas delgadas, verdes, transparentes, de lustre y fractura vítrea, acompañando al cobre nativo; otras veces en masas compactas, sin lustre, de color azul celeste, opaca o trasluciente en los bordes: puesta en el agua, primero sobrenada, y luego despues cae al fondo, y se vuelve mas trasluciente. En fin, se halla la misma especie con un exceso de cuarzo, de color azul mas pálido y mas blanda.

Estas dos últimas subespecies se hallan mui a menudo mezcladas con otras especies en los minerales oxigenados de Chile.

(4) *Llanca* de Chile. Este es el nombre que dan los mineros a una especie de sílice verde azulada de diversos grados, que acompaña mui a menudo los óxidos de cobre, el cobre metálico y algunos minerales oxisulfurados del mismo metal. La proporcion de óxido de cobre en ella es mui variable, y se puede reconocer a la simple vista por el grado de color y la blandura. Las mas pálidas son al mismo tiempo mas duras, y contienen apenas 3 a 4 por ciento de óxido. Las que son blandas y de un color que tira al cardenillo o al azul celeste, tienen hasta 20 y mas por ciento de óxido, y se hallan entonces mezcladas con otros silicatos y muchas veces con el carbonato verde. Es un hecho que el óxido de cobre se halla comunmente como disuelto de un modo mui desigual, en la masa de la llanca, la cual está las mas veces cerca de la superficie de la tierra, o en la parte superior de las vetas.

(5) *Silicato negro*. Es de color negro de terciopelo; estructura compacta; fractura concóidea, lustre de vidrio, parecido al de la obsidiana; opaco, polvo negro; al soplete no cambia de color, y con dificultad se funde solo en los bordes. En el matraz da agua. Es atacable por los ácidos muriático y sulfúrico.

Este silicato se halla mui a menudo en algunas minas de cobre en Chile, particularmente en las de la Higuera, de la Cortadera, de Brillador, etc. (Coquimbo); y siempre formando venas mui angostas, que se hallan entre las de cobre rojo y otras de una *llanca* verde o azulada. Las mas veces son unas guias de cobre rojo (subóxido de cobre) de una media pulgada

de ancho, y están por ambos lados revestidas de silicato negro, y este último mui angosto, encajado en unas masas de la citada llanca; de modo que los tres minerales forman unas cintas tricolores cuyo centro ocupa el cobre rojo, y los bordes el silicato verde azulado.—Es de advertir que la parte media, que en este caso suele tener una estructura hojosa y unas dos a tres milésimas de cloro, tiene a veces una proporcion mui variable de sílice, que se halla probablemente mezclada con el subóxido.

Composicion.	(1) Rusia.	(2) Rusia.	(3) E. Unidos.	(4) Chile.	(5) Chile.	(6) Chile.
Protóxido de cobre	0,451	0,399	0,351	0,295	0,120	0,501
Sílice combinada	0,368	0,350	0,354	0,522	0,759	0,282
Agua	0,115	0,210	0,285	0,167	0,101	0,191
Oxido de hierro		0,030	0,010			0,037
Alumina	0,024			0,012	0,020	
Cal y magnesia	0,036					
Sílice y arcilla.						

(1) Dioptasa del pais de los Quírquisos (por Hess).

(2) Malaquita silicífera (*Quiselmalaquita*) de Siberia (por Kobell).

(3) Somervilla de los Estados Unidos (por Berthier).

(4) Llanca, de que se hallan revestidas unas guias de cobre rojo, de cobre metálico y cobre sulfúreo en las minas de Andacollo: es de color verde azulado.

(5) Llanca de color verde, la que acompaña a los óxidos de cobre en la mina de la Cimarrona (Higuera).

(6) Silicato negro, mui lustroso, parecido a una obsidiana; de la Cortadera (Coquimbo).

Especies mas raras. Entre las especies mas escasas en la naturaleza se pueden citar las siguientes:

Seleniuro de cobre:—de color gris de plomo, lustre metálico por dentro y mate en la superficie; blando, maleable; al soplente se funde con fuerte olor de coles podridas; en un tubo abierto da un sublimado rojo de selénio.

Tunstato de cal cobrizo:—de color pardo verde por reflexion

y de verde manzana por refraccion; lustre de vidrio; traslu-ciente, estructura semihojosa imperfecta en un sentido, y compacta y escamosa en otros. Es pesado, frájil, y su polvo blanco grisaceo un poco verdoso. Al soplete chisporrotea, se vuelve negro, y no se funde sin adicion. Con borax da un vidrio sin color en la llama esterior y otro azul hermoso en la llama interior. Los ácidos lo corroen dejando un residuo ama-rillo, el cual es soluble en el amoniaco.

Este mineral se halla en la mina de Llamuco cerca de Choa-pa (Illapel): consta de

Acido tunstico	0,7575
Cal — —	0,1805
Protóxido de cobre	0,0330
Sílice —	0,0075
Alumina —	0,0075
Pérdida en el fuego	0,0140
	1,0000

Segun Dr. Genth se halla tunstato de cobre en Norte Caro-lina junto con wolfran, tunstato de cal y ácido túnstico.

El cromato de cobre y el *fosfato doble de cobre* y *de urano* no se han hallado todavia en el nuevo continente, y son mui esca-sos en el antiguo.

Oxidos dobles de cobre y de manganesa. El mineral que se encuentra en unas minas cerca de Tambillos en el departa-mento de Coquimbo y que los mineros llaman "metal de carbon" es abundante, amorfo, mui negro y lustroso, como obsidiana, tiene fractura concóidea; es atacable con mucha dificultad por el ácido nítrico, pero fácilmente por el ácido clorhídrico, con desarrallo de cloro y formacion de un resíduo de silice en estado de polvo mui fino. A la temperatura de 21 ° 2 pierde su agua y a la del calor rojo oxíjeno. Field halló este mineral compuesto de

Agua	16,09
Oxido de cobre	27.00
Oxido de manganesa	34,41
Sílice —	22,16
	99,66

y lo considera como óxido doble de cobre y de manganesa, mezclado con sílice, debiendo hallarse en él la manganesa al estado de peróxido y el cobre al de óxido negro. El mismo mineral halló Cuadros en otras minas de cobre de la provincia de Coquimbo y es probablemente análogo, por su naturaleza, con varios minerales oxijenados de cobre, de cobalto, analizados por Rammelsberg, que Berzelio considera como unos polioxidos, en los cuales el peroxido de manganesa hace el papel de ácido.

Vanadato de cobre y de plomo. Hállase este mineral con el plomo vanadatado, y cloro-arseniatado en la mina Grande, a unas dos leguas de Arqueros en la provincia de Coquimbo. Es amorfo, poroso o escoriaceo, pardo negrusco, mui parecido al hidrato de hierro; su estructura compacta o terrosa; se conoce por su gran fusibilidad, pues se derrite como cera en la llama de una vela sin auxilio del soplete, produciendo una perla negra algo hinchada; da tambien con el borax o sal de fosfor un vidrio de color verde de cromo mui intenso, en la llama interior. Es bastante blando y su raspadura amarilla parduzca. Es mui soluble en el ácido nítrico. Cubre por lo comun el interior de los huecos y concavidades en medio de la masa amarilla de plomo vanadatado y orsaniado cuya descripcion se dará en el artículo relativo a los minerales de plomo.

Es un vanadato doble de plomo y de cobre, mezclado por lo comun con algo de cloro arseniato, y cloro fosfato de plomo. En dos análisis hechos de esta sustancia, la mas pura posible, se hallaron las dos bases y el ácido combinados en proporciones siguientes

	(1)	(2)
Oxido de plomo — —	0,549 —	0,5797
Oxido negro de cobre —	0.146 —	0.1697
Acido vanádico — —	0.135 —	0,1333

Segun estos resultados, la fórmula mineralójica de este mineral parece ser $P\,b^2\,V + Cu^2\,V$.

Se halló tambien un vanadato de cobre y de cal cristalizado en tablas o formas globulosas, verdes o grises, de lustre de perla, en Rusia y vanadato de cobre Cu V en los Urales.

Blenda cobriza. En la mina de oro del Abogado, departamento de Rancagua, se encuentra una blenda negra en la cual,

segun toda probabilidad, el súlfuro de zinc se halla combinado en proporciones variables con subsúlfuro de cobre y protosúlfuro de hierro. Este mineral es de color casi negro que tira a veces a azulejo; tiene lustre metálico, contextura hojosa perfecta de hoja ancha, cruceros que parecen conducir al cubo. Al soplete chisporrotea y es casi infusible; soluble en el ácido muriático con desarrollo de hidrójeno sulfurado: contiene a veces hasta 20 por ciento de cobre: es aurífero.

§ 2 MINERALES DE COBRE CONSIDERADOS EN EL ESTADO EN QUE SE BENEFICIAN.

Los minerales de cobre, tomados en el estado en que los mineros los entregan a los beneficiadores y al comercio, son unas mezclas de las *especies minerales* que se acaban de describir, y no *especies* puras.

Los mineros del pais los llaman *metales*. La diferencia que se debe hacer entre los *minerales o metales* considerados en el estado en que salen de la minas y las *especies minerales puras*, corresponde a lo qué los metalurgistas franceses llaman *minérais* y *minéraux:* siendo estos últimos verdaderas *especies mineralógicas*, y aquellos mezclas de especies.

En jeneral, tres clases de minerales distinguen los mineros y beneficiadores de Chile; y esta distincion se halla conforme con los principios de la verdadera ciencia. Estas tres clases se conocen bajo la denominacion de

(1) *Metales de color.*
(2) *Metales de bronce.*
(3) *Metales acerados.*

(1) *Metales de color:* estos son commummente unas mezclas de cobre nativo y de diversas *especies minerales oxijenadas:* como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos y los silicatos de cobre. La gran variedad de colores en estos minerales, y en particular el verde, el azul, el rojo de cochinilla mezclados con el negro y otros colores de diversos grados, sin ninguna mezcla de lustre metálico de bronce o de acero: hé aquí lo que constituye el carácter esterior de estos minerales. Los mas abundantes

se componen de subóxido de cobre íntimamente mezclado con peróxido de hierro, anhidro o hidratado, arcilla y cuarzo: estos minerales que los mineros suelen llamar *metales almagrados*, corresponden a lo que los alemanes llaman ziegelerz (o mineral de ladrillo). De esta clase, por ejemplo, son algunos minerales del Cerro del Cobre (departamento de Copiapó), cuyo comun, en una análisis, dió

Subóxido de cobre	0,366
Hidrato de hierro	0,572
Criadero (cuarzo y arcilla)	0,062
	1,000

Cuando son pobres, y la *matriz* contiene mucho cuarzo (quijo), se consideran por los beneficiadores como *metales secos;* cuando en vez del cuarzo contienen mucho óxido de hierro hojoso (*hierrillo, arenilla voladora*), sirven de *liga*, es decir, de fundiente para los *metales secos*.

Cuando, en lugar de subóxido, es el protóxido (ox. negro) de cobre el que entra en la mezcla con el hidrato de hierro, el mineral toma color negrusco y a veces lustre resinoso: suele tener mucha lei sin manifestarlo en sus caractéres esteriores. Asi, una muestra que no parecia tener cobre y cuyo polvo era gris, dió

Oxido negro de cobre	0,390
Hidrato de hierro	0,340
Sílice, algo de cal etc.	

Otra variedad de minerales de la misma clase, es cuando predomina en ellos el carbonato verde: estos comunmente son mas *dóciles* para el beneficio; contienen a veces la mitad de su peso de cobre, y se conocen entre los mineros bajo el nombre de los *cardenillos, estrellados, etc.* Mas lo verde de estos minerales pertenece unas veces al carbonato, al oxicloruro o al subsulfato, y otras veces al silicato, al arseniato, o indistintamente a todos.

En realidad sucede que la composicion de la parte verde se halla mui complicada. En una análisis hecha por M. Jaéquot en el Colejio de minas de Paris, se encontró que el mineral

verde azulejo, en que se hallan embutidas unas venas de protóxido de cobre y de cobre metálico en algunos minerales de Chile, esportados de aqui para Francia, consta de

Protóxido de cobre	0,398	subsulfato de cobre	0,584
Acido sulfúrico	0,101		
Agua —	0,085		
Protóxido de cobre	0,070	silicato de cobre	0,206
Sílice —	0,071		
Agua —	0,065		
Oxido de hierro	0,015		
Criadero cuarzoso	0,185		
	0,990		

De modo que es una mezcla de un subsulfato parecido por su composicion al de Méjico, y de un silicato de la misma especie que la somervilla.

Una variedad mui hermosa de malaquita estalactítica y globulosa, compuesta interiormente de capas concéntricas de color verde y verde azulado de diversos grados, de estructura fibrosa diverjente, me dió

Protóxido de cobre	0,584	carbonato verde	0,851
Agua y ácido carbónico	0,267		
Protóxido de cobre	0,064	silicato de cobre	0,139
Sílice — —	0,061		
Agua — —	0,014		
Sílice soluble en la potasa — —	0,010		
	1,000		

La composicion del silicato es casi idéntica con la de la dioptasa analizada por Vauquelin. El mineral proviene de las minas de cobre de Punitaque.

En fin, como otro ejemplo de la complicacion de los elementos en *lo cardenillo* de algunos *metales*, voi a citar un mineral compacto, verdinegro, de fractura concóidea, mineral que se halla en papas y guias en la mina de plata llamada *Manto* de los Sres. Cobos en Chañarcillo. Este mineral consta de

Protóxido de cobre	0,265	soluble en el carbonato de amoniaco	0,474
Acido arsénico	0,048		
Acido sulfúrico	0,018		
Agua — —	0,134		
Protóxido de cobre	0,047	soluble en el ácido muriático —	0,111
Sílice — —	0,034		
Agua — —	0,030		
Peróxido de hierro y criadero etc.—	0,415		
	1,000		

Es, por consiguiente, una mezcla de arseniato, subsulfato y silicato: la mezcla es íntima, casi homojénea, y sirve de criadero al cloro-bromuro de plata que se halla comunmente en la superficie de la parte verdosa del mineral o bien en sus poros y huecos.

En fin, se puede admitir por regla jeneral que casi no hai *metales de color* que no tengan un poco de algun súlfuro de cobre, y particularmente algun indicio *de pirita cobriza o de sulfato*. Las mas veces, cuando la pirita aparece en proporcion notable, se halla con el óxido rojo y con otras especies oxijenadas de cobre, el protóxido que se distingue por su color negro y su aspecto terroso (negrillo).

(2) *Metales de bronce*. Todos los minerales de esta clase son unas mezclas de pirita de hierro puro (*bronce dado*), de pirita mas o ménos cobriza y de cobre abigarrado; segun el grado de riqueza que anuncian, toman los nombres de *bronce blanco*, *bronce amarillo*, *bronce tornasoleado*, *bronce morado*. La matriz de ellos es comunmente una arcilla gris cenicienta, mui suave al tacto (javoncillo) mezclada con cuarzo, anfíbola, yeso y a veces con óxido de hierro magnético.

Los de pirita cobriza se hallan mui a menudo mezclados con el óxido negro de cobre tan terroso y desmoronadizo que tiznan y se reducen con facilidad á polvo. Estos minerales negros, terrosos, que con frecuencia contienen yeso en sus matrices, se llaman en el pais *bronce negro*, *bronce añilado*, etc.— Una variedad de bronce negro que proviene de las minas del departamento de Huasco bajo, dió en una analises

Protóxido de cobre	0,352	
Acido sulfúrico	0,013	
Cobre —	0,393	0,591
Hierro —	0,045	
Azufre —	0,153	
Criadero —	0,044	
	1,000	

Es por consiguiente una mezcla de óxido negro, de subsulfato y de cobre abigarrado.

(3) *Metales acerados.* Hemos de distinguir desde luego entre estos minerales los que no contienen antimonio, arsénico, plomo ni proporcion notable de plata, de los minerales en cuya composicion entran todos estos elementos.

Minerales que no contienen antimonio, arsénico, plomo, ni proporcion notable de plata.

Los primeros son mas ricos y fusibles que ninguno de los anteriores. Constan de cobre sulfúreo puro, que no tiene mas que 1 a 5 por ciento de súlfuro de hierro, o bien de cobre sulfúreo mas o menos íntimamente mezclado con óxidos de cobre, carbonatos de cobre y a veces oxicloruro de cobre.

Todos son de color gris de acero, que a veces tira a negro, otras veces a gris de plomo; tienen lustre metálico; son blandos, se dejan cortar con cuchillo; pero no son desmoronadizos, ni tiznan, como los que constan de una mezcla de pirita cobriza y de óxido negro. Su estructura es compacta, granuda o semihojosa imperfecta: su peso específico varia de 4,82 a 5,69 y en jeneral es tanto mayor cuanto mas súlfuro contienen.

Al soplete, todos se funden con ebullicion y desarrollo de ácido sulfuroso; y los mas dan en la llama interior una escoria llena de partículas metálicas rojas; los que tienen exceso de óxido, son menos fusibles que los otros; y los mas fusibles son aquellos que se componen de súlfuro y óxido en proporciones casi exactas para una reduccion recíproca y formacion de cobre. Fundidos en un crisol tapado, sin agregar algun flujo o reactivo, unos, dan eje sin disminuir de peso, otros, cobre y eje, o cobre y una escoria rojiza, segun el caso en que el súlfuro o el óxido predomina. Estos últimos son atacables en parte por el ácido acético, el amoniaco y carbonato de amoniaco, dejando un residuo de cobre sulfúreo. El ácido muriático separa con la mayor facilidad aun en frio el óxido del súlfuro; pero ejerce

tambien una accion notable sobre el súlfuro; dando lugar al desarrollo del hidrójeno sulfurado que resulta de esta accion.

Las minas que abundan mas en minerales acerados, que se componen unas veces de óxido y de súlfuro, y otras veces de carbonato y de súlfuro, son las de Andacollo. Allí el mineral forma unas guias angostas encajadas en medio de unas cintas de silicato verde azulado (llanca), y a veces acompañadas por el cobre metálico y el subóxido de cobre, que tambien forman cintas o listas angostas colocadas simétricamente en las mismas *guias*. Se observa que, mientras, en jeneral, en todas las minas de cobre los minerales oxijenados se hallan encima de los súlfuros, en las de Andacollo aquellas guias de *metales acerados* se encuentran en la parte superior del cerro, y se transforman en hondura en otras de óxido rojo de cobre, y despues pasan al cobre metálico. Un caso semejante y minerales de la misma naturaleza se observan en el cerro del Teniente, en las cordillerras de la Compañia (departamento de Rancagua).

Los minerales cloro-sulfurados, es decir, los que constan de una mezcla de oxicloruro y de súlfuro, se hallan en abundancia en las minas de Cobija (en Bolivia), y se han encontrado minerales análogos en las de Brillador y de la Cimarrona (Coquimbo). Todos dan al soplete un color azul mui hermoso a la llama, y despiden olor de ácido muriático. Algunos son tan compactos, tan homojéneos, y de tanto lustre metálico, que no dejan ver a la simple vista el oxicloruro que se halla en ellos.

Minerales antimoniales arsenicales y platosos.

A mas de las tres clases de minerales que son los únicos que por ahora se emplean en el beneficio de cobre en Chile, hai otros que se componen de *especies minerales antimoniales y arsenicales*, y cuyo beneficio es mas difícil, por causa del antimonio y arsénico, que ligándose con el cobre, dan una pasta blanca, quebradiza. Estos minerales son: 1.° de diversas especies de cobre gris, mezcladas con galena y blenda: como son los minerales de Machetillo, de Rapel, de los Porotos, etc.; 2.° de arseniuro y arseniato de cobre mezclados con pirita cobriza, óxido rojo de cobre y cobre sulfúreo: como son los de San Antonio en Copiapó, de Calabazo en Illapel, etc.

Todos estos minerales se consideran por ahora en Chile como *metales de plata* (soroche); y a estos se pueden agregar algunos

de cobre sulfúreo, mezclados con mucha matriz o criadero, qne por su poca lei de cobre y su mezcla de súlfuro de plomo, solo se benefician por plata, y se desprecian o se venden para la esportacion las *harinas de relave;* como tambien, minerales de súlfuros dobles de cobre y de plata, libres o no de antimonio y arsénico.

De todos estos minerales trataremos hablando de los minerales de plata.

Distincion de los minerales por los terrenos en que se encuentran.

En fin, una de las distinciones mas importantes que se puedan hacer en los minerales de cobre, de diversa naturaleza en Chile, proviene de los panizos (*lecho*, *gissement*), o *terrenos* en que se hallan. Bajo este respecto, se puede decir que hai en Chile dos clases de minas de cobre, situadas en dos distintos terrenos.

Las mas importantes, las que producen la mayor parte del cobre y de los minerales que se esportan de Chile, se hallan en unas rocas *no estratificadas*, pertenecientes a lo que los jeólogos llaman *terreno primitivo*, *terreno de cristalizacion*, *terreno de erupcion*, o de oríjen ígneo. Las mas de estas rocas son de *diorita*, de *eurita compacta*, *o de pórfidos felspáticos verdes;* y los cerros formados de estas rocas, los que se hallan atravesados por las vetas de cobre, forman como una cadena, que no se aleja mas de unas seis a ocho leguas de la costa. En esta *cadena litoral* de minas de cobre se hallan las minas del Carrizal, de San Juan, de la Higuera, de Tambillos, de Panucillo, de Tamaya, de Punitaque, y una infinidad de otras. En todas ellas, en jeneral, las vetas en su parte superior producen toda clase de minerales oxijenados: como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos, y los silicatos de cobre con óxidos e hidratos de hierro; y en la parte inferior, pirita cobriza, cobre abigarrado y a veces *metales acerados* o mezclas de cobre sulfúreo con óxido negro de cobre. Estos minerales no tienen comunmente ningun indicio de plata, y tampoco contienen arsénico ni antimonio, ni plomo, pero sí, con frecuencia, oro diseminado en partículas estremadamente finas, que algunas veces se aperciben a la simple vista.

La segunda clase de minas de cobre en Chile, se halla a cierta distancia de la costa, y a una altura considerable. Estas minas se hallan en un terreno estratificado (*cerros de fajas*),

llamado por los jeólogos *terrenos segundarios*, que es el mismo en el cual se hallan todas las minas de plata en Chile. Las vetas de estas minas producen en jeneral mui poco *metal de color*; pero en ellas se crian todas las *especies* sulfuradas, arsenicales y antimoniales que hemos descrito. Entre los súlfuros, se cria con frccuencia cobre sulfúreo puro, que se halla en todas proporciones combinado con súlfuro de plata. Al cobre sulfúreo se juntan la blenda y la galena, otras veces el cobre gris y la galena, otras veces el cobre abigarrado y la pirita, otras veces el arseniuro y los arseniatos: pero, en jeneral, todos los minerales de esta clase son mas o menos platosos, y los mas pueden producir en el beneficio ordinario del pais pastas blancas y quebradizas. En esta segunda cadena de minas de cobre, de las cuales algunas se internan a mas de treinta leguas de la costa, se hallan las minas de San Antonio y una parte de las minas de Cerro Blanco (Copiapó), las de San Antonio, de Chingoles, de Machetillo, de los Porotos (Coquimbo), las de Rapel, de San Lorenzo, del Parral, (Combarbalá), de Nancaballo, de Calabazo (Illapel), del Farellon (Petorca), algunas del Cerro de Catemo, las de San Francisco en Las Condes, las de San Lorenzo (San José), San Pedro Nolasco, Púquios etc.

Es menester advertir que cuando el mismo terreno de la costa, y las mismas rocas graníticas no estratificadas vuelven a aparecer en el sistema de los Andes de Chile mas adentro, a mucha distancia de la costa, y a mucha altura, sucede que trás de esta segunda cadena de minas que se acaban de mencionar, vuelven tambien a aparecer minas de cobre de la misma naturaleza que las de la costa, con sus minerales análogos. En este caso, por ejemplo, se hallan las minas del Volcan (en el cajon de Maipo), las cuales estando situadas en un cerro granítico de diorita, producen minerales enteramente parecidos a los de la costa, sin ningun indicio de plata: mientras que las de San Pedro Nolasco, que se hallan a poca distancia de las anteriores, pero situadas en un terreno segundario, estratificado, dan minerales platosos con plomo, arsénico y antimonio, como son todos los de la *segunda cadena*.

§ 3.° PRODUCTOS DE LAS ARTES.

Los *productos de las artes* que muchas veces se necesita examinar y ensayar por cobre, son los siguientes:

1.° El *cobre rojo* del comercio,
2.° El *cobre negro o cobre bruto*, no refinado,
3.° Los *minerales calcinados*,
4.° Los *ejes*,
5.° Las *escorias* que provienen de la fundicion de los minerales y de los ejes,
6.° Las escorias que provienen de la refinacion del cobre bruto,
7.° El *sulfato* de cobre del comercio, y el sulfato que se emplea como majistral en la amalgamacion de los minerales de plata.

Cobre refinado.

Cobre rojo del comercio. Es el cobre mas puro que se pueda obtener en una refinacion en grande. El que se puede reducir a hojas mui delgadas, o estirarse en hilos mui finos, no contiene mas que algun vestijio de hierro o de plomo; pero aun cuando no tiene ni uno ni otro, su calidad puede ser sin embargo mui variable, lo que se atribuye comunmente a una pequeña cantidad de subóxido de cobre o de carbon que se halla en el cobre mejor refinado y de la cual es casi imposible librar enteramente este metal. El analísis del mejor *cobre rojo* de Suisa cuyo modo de fabricar se guarda todavia en secreto, ha dado a Berthier:

potasio	0,0038	0,0088
calcio	0,0033	
hierro	0,0017	

Cobre en barra.

Cobre negro, o cobre bruto del comercio, cobre en barra. Asi se llama el cobre que proviene del beneficio inmediato de los minerales o de los ejes, y no se ha refinado todavia. En este estado se halla la mayor parte del cobre en barra que se exporta de Chile.

La lei del cobre de Chile varia de 88 a 98 por ciento; los obreros suelen distinguir entre las diversas clases de este cobre, uno que llaman *cobre de labrar* y otro, *cobre campanil*: el primero se refina con mayor facilidad, y es mucho mas maleable que el otro. Sin embargo, se puede decir que, en jeneral, el

cobre en barra de Chile no contiene ni plomo, ni antimonio, ni arsénico; y por esto debe ser mui bueno para la fabricacion del cobre rojo mui maleable. La lei del cobre que se exporta, pende de la cantidad de hierro que contiene; y su calidad, de una pequeña porcion de azufre y de escoria que se hallan en la barra.

El analísis de diversas barras de cobre que provenian de varios injénios, en 18 40–41 ha dado por resultado la composicion que sigue:

Nombres de injénios.	(1) Culebra.	(2) Tamaya.	(3) Caren.	(4) Andacollo.
Cobre	0,9816	0,9014	0,9809	0,9340
Hierro	0,0008	0,0638	0,0048	0,0460
Azufre	0,0077	0,0033	0,0035	—
Escoria inatacable	0,0046	—	—	0,0006
Calcio	0,0043	0,0040	0,0025	—
Sílice jelatinosa	0,0010	0,0080	—	0,0190
Antimonio	indicio	0,0010	—	—
Plata	indicio	—	—	—
Zinc	—	—	—	—
	1,0000	0,9815	0,9917	0,9996

Nombres de injénios.	(5) Sapos.	(6) Tambillo.	(7) Diaguito.	(8) Cogotí.
Cobre	0,8961	0,8815	0,9566	0,8694
Hierro	0,0421	0,1057	0,0043	0,0730
Azufre	0,0203	0,0056	0,0081	0,0480
Escaria inatacable	—	—	—	0,0006
Calcio	0,0084	—	0,0021	0,0010
Sílice jelatinosa	0,0016	0,0009	—	—
Antimonio	—	—	—	—
Plata	—	—	—	—
Zinc	—	0,0056	—	—
	0,9685	0,9993	0,9711	0,9920

De todas estas barras analizadas, solo las de los números (2) y (6) han sido de la clase del *cobre campanil*, de grano grueso, y con poros, en cuyo interior se veian partes negras de eje y de escoria; las de los números (1), (3) y (7) eran de calidad superior a las demas. Se advierte que en una misma barra hai siempre partes mas y menos ricas; y comunmente el hierro, el eje y la escoria se hallan repartidos de un modo mui desigual; y como a mas de esto, en un mismo injénio, rara vez salen dos fundiciones con cobre de igual lei, es claro que las citadas analísis no pueden acreditar ni desacreditar ningun establecimiento en particular, y solo hacen ver qué diferencia notable puede haber en la lei de las barras de cobre que se esportan, y cuáles son los elementos que entran en su composicion.

Pasta blanca.

Pero, a mas del *cobre en barra* ordinario, que se produce jeneralmente en los mas injénios en Chile, se debe citar el *cobre blanco o pasta blanca*, que se obtiene de cuando en cuando en algunos injénios, donde se funden los minerales de las minas colocadas mas adentro en la segunda cadena de cerros (p. 123). Esta pasta proviene de que los minerales de esta clase, teniendo en su composicion antimonio y arsénico, producen en la fundicion inmediata una aleacion de cobre, hierro, antimonio y arsénico, que es blanca, quebradiza, y muchas veces contiene plata.—Analizadas dos muestras de esta pasta, dieron

	(1)		(2)
Cobre	0,7501	—	0,813
Hierro	0,0742	—	0,052
Zinc	0,0136	—	—
Antimonio	0,1533	—	0,011
Arsénico	0,0048	—	0,110
Azufre	—	—	0,003
Escoria	0,0040	plata	0,001
	1,0000		0,960

La primera proviene de unos minerales antimoniales de la mina de Quiroga en Illapel; la segunda, del beneficio de minerales de la Mina Grande cerca de Arqueros.

Para sacar de estas pastas el cobre rojo, se necesita some-

terlas a *la refinacion*, como se hace con toda clase de cobre bruto no refinado.

Minerales calcinados. Todos los minerales sulfurados y los ejes calcinados con el contacto del aire, constan de una mezcla de varios óxidos sulfatos y subsulfatos. Si la calcinacion es completa, no queda azufre en el residuo; y si se eleva mucho la temperatura, casi no queda ácido sulfúrico.

Ejes. Los *ejes* que provienen del beneficio de los minerales de cobre, son unos subsúlfuros que contienen casi siempre hierro y varios otros metales. Los mas ricos tienen 70 a 72 por ciento de cobre.

Para dar una idea de la composicion de los ejes, citaremos lo siguiente:

	(1)	(2)	(3)
Cobre	0,347	0,155	0,559
Hierro	0,312	0,269	0,188
Azufre	0,237	0,063	0,226
Oxido de cobre	—	0,186	—
Oxido de hierro	—	0,195	—
Acido sulfúrico	—	0,010	—
Escoria	0,089	0,109	0,014
	0,985	0,987	0,987

(1) Eje que proviene de una fundicion cruda del *bronce amarillo* con *metales de color* pobres.—Es un subsúlfuro cuya composicion atómica es $(f\ Cu)^3\ S^2$.

(2) El mismo eje (1), calcinado.

(3) Eje que ha salido con el cobre en la fundicion del anterior eje calcinado (2), y mezclado con otros *metales de color*. Es una mezcla de subsúlfuro de cobre Cu^2S y de protosúlfuro de hierro FS.

Las tres muestras provienen del injenio de D. Pedro Dubois en la Higuera.

Escorias de fundicion. Segun Berthier son de dos especies las escorias que provienen de la fundicion de los minerales de cobre. Las mas tienen mui poco óxido de hierro, y otras están

cargadas de este óxido. Las primeras provienen de la fundicion de los minerales oxijenados que no tienen azufre, o bien de los minerales sulfurados no calcinados; miéntras que las otras se producen en la fundicion de los súlfuros de cobre que tienen hierro, como son la pirita de cobre, el cobre morado, etc., y de los *ejes* que habian sido calcinados antes de fundirse.

Cuando se funden con cuarzo o sustancias mui cargadas de sílice, los minerales sulfurados o los ejes que habian sido trasformados por la calcinacion en una mezcla de súlfuros y óxidos, se obtienen un silicato de hierro, que constituye las escorias, y un eje en el cual todo el cobre se reconcentra. Repitiendo la misma operacion con el eje, se lo trasustancia en otro todavia mas rico, o bien en cobre negro. Si no se acierta el beneficio, se carga la escoria con óxido de cobre, o bien se reduce una parte de óxido de hierro, formando pedazos de hierro, que obstruyen los hornos. Para evitar esto, se deben calcinar los minerales o los ejes hasta cierto punto, y tanto menos cuanto mayor sea la cantidad de hierro que contienen; porque si se calcinan demasiado, y el mineral tiene poca lei, se pierde mucho cobre en las escorias, y se reduce mucho hierro. A mas de esto, es necesario graduar de un modo conveniente la temperatura; porque si está demasiado baja, las escorias no adquieren bastante fluidez, y se hallan mezcladas con granallas de cobre o partículas de eje; si al contrario, se eleva mucho el fuego, se ha de temer que se reduzca demasiado hierro, y tambien que las escorias, perdiendo una parte de su base, tengan demasiada sílice, y se hagan difíciles de fundir. Se ha observado que en las fundiciones en horno de manga, cuando el mineral atraviesa mui pronto el horno, las escorias, aunque mui líquidas, retienen mucho óxido de cobre, porque este no ha quedado bastante tiempo en contacto con el carbon para reducirse: si al contrario la operacion es mui lenta, todo el cobre se reduce, pero al mismo tiempo mucho hierro pasa al estado metálico, las escorias se vuelven pastosas, y el horno se obstruye.

En el método que se observa actualmente en Chile para el beneficio de los minerales de cobre en hornos de reverbero, se distinguen dos especies de escorias, que son: 1.° *las escorias de fundicion por eje y las primeras escorias de la refinacion de*

los ejes; 2.° *las escorias de refinacion.* Las primeras se botan jeneralmente; y por esto merecen un exámen particular de parte de los fundidores, porque pueden ocasionar pérdidas considerables: las segundas se producen en la fundicion de los minerales o de los ejes por cobre, y se guardan comunmente para la fundicion de los minerales crudos con los cuales se mezclan: en un buen beneficio nada se pierde de ellas. Las unas como las otras, son unos silicatos *multíplices* de hierro, de alumina, de cal, etc., con la diferencia de que mientras que las primeras son comunmente mui homojéneas, compactas, de lustre y fractura de vidrio y las mas veces sin ningun indicio de cobre, las segundas son pastosas, y contienen cobre que unas veces se halla en ellas al estado de granalla, otras veces al estado de óxido combinado con la sílice, otras veces en partículas pequeñas de eje diseminado.

Las escorias de fundicion no son siempre atacables por los ácidos; y contienen muchas veces en su interior pedazos de cuarzo y de mineral crudo diseminado: las de refina contienen el cobre en parte al estado de óxido, en parte al estado de eje, y en mayor parte al estado metálico, en forma de unos granitos diseminados.

Composicion.	(1)	(2)	(3)	(4)
Sílice	0,375	0,480	0,440	0,434
Protóxido de cobre	—	—	0,054	—
Cobre	—	—	—	0,148
Protóxido de hierro	0,523	0,374	0,396	0,367
Alumina	0,025	0,040	0,090	0,003
Cal	0,071	0,082	0,022	0,002
Magnesia	—	0,030	—	—
Azufre	—	—	—	0,027
	0,994	1,006	1,002	0,981

(1) Proviene de la fundicion cruda de los minerales piritosos de poca lei en el injenio de D. Pedro Dubois en la Higuera.

(2) Del injenio de D. Carlos Hughes en Manquegua:—no es

enteramente atacable por los ácidos, y no mui homojénea; en parte compacta, de lustre de vidrio, en parte sin lustre, opaca, de color negro, algo porosa.

(3) Escoria que proviene de la fundicion de una mezcla de *metales ricos de color* y *de bronce*, en el injenio de Pupido: es de color negro parduzco, de poco lustre, mui compacta y bastante homojénea; no se observa nada en su aspecto exterior que puede anunciar la presencia del óxido de cobre.

(4) Escoria de *refina* que proviene de la fundicion por cobre de una mezcla de ejes y de *metales crudos* en el injenio de Manquegua: es mui heterojénea, compuesta de partes metálicas de color gris de acero, de otras que son pedregosas, sin lustre, grisáceas, porosas, y de cobre metálico que se halla diseminado en forma de unos granos redondos, pequeños. Esta escoria es de la *última bogadera*, y se vuelve a fundir con los metales *crudos* en las fundiciones que se hacen por eje. El cobre en esta escoria se halla en parte al estado de subsúlfuro, y lo demas al estado de cobre metálico.

Escorias de refinacion del cobre. Estas escorias son las que se producen en la fabricacion del cobre rojo del comercio. Para refinar el cobre, se lo mantiene al estado de fusion completa bajo el viento de un fuelle por mucho tiempo, hasta que adquiera el color y grano del cobre puro. La operacion se hace en unos pequeños hornos parecidos a las fraguas de los herreros, o bien en hornos de reverbero. En el primer caso, se añade al cobre una cierta cantidad de plomo, y entonces es el litarjirio el que sirve de flujo a las materias estrañas que se quiere hacer pasar a la escoria; en el segundo caso, es decir, cuando se refina el cobre en hornos de reverbero, no siempre se añade cosa alguna, y es la sílici del *plan* del horno la que sirve de fundiente a dichas materias.

En ambos casos el viento hace oxidar rápidamente las sustancias estrañas, como el hierro, el plomo, el zinc, el antimonio, con cierta cantidad de cobre; y llegando a cierta época de la operacion, no queda otra cosa mas que cobre puro (con plata si la hai); mientras que los demas metales pasan a la escoria.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

§ 1.° CLASIFICACION CON RESPECTO A LOS MODOS DE ENSAYAR.

Con respecto a los modos de ensayar por la *via seca*, se deben dividir las sustancias que contienen cobre, en cuatro clases, del modo siguiente:

1.ª *Clase*. Sustancias que no contienen ni azufre, ni selénio, ni arsénico, ni metales distintos del hierro: estas son, el cobre nativo, el subóxido de cobre, el protóxido, los carbonatos, los silicatos y los fosfatos de cobre, (*metales de color*), la pirita de cobre, y el cobre morado completamente calcinados, y diversas escorias que no contienen plomo.

2.ª *Clase*. Minerales de cobre que contienen azufre o selénio, pero en los que no hai otros metales distintos del hierro: estos son,el súlfuro de cobre, el seleniuro, la pirita de cobre, el cobre morado y todos estos minerales conocidos bajo el nombre de *metales de bronce*, crudos o calcinados en grande; tambien los ejes que provienen del beneficio de estos minerales y los sulfatos.

3.ª *Clase*. Sustancias que ademas del cobre, azufre y hierro contienen arséuico, antimonio y otros metales: tales son el súlfuro arsenical, antimonial, estañífero, la burnónia, el arseniuro, los arseniatos, el cobre gris, los ejes que provienen de la fundicion de estos minerales y las escorias que contienen plomo.

4.ª *Clase*. Diversas aleaciones.

§ 2.° MATERIAS DE LA 1.ª CLASE.

No presentan ninguna dificultad los ensayes de las materias de la 1.ª elase; y se obtienen resultados mui exactos. Cuando las sustancias no son mui pobres, se ensayan del mismo modo que las materias que contienen plomo al estado de óxido; pero, como el protóxido de cobre tiene mas oxígeno que el óxido de plomo, es preciso emplear una proporcion mayor de re-

ductivo. La esperiencia ha hecho ver que 3 p. de flujo negro ordinario (3 p. de cremor tártaro por 1 de salitre) bastan siempre para fundir y reducir la materia; y cuando se emplea el otro flujo, que se hace con borax (5 p. de cremor, 2 de salitre, 1 de borax), bastan 2 p. de flujo para fundir los minerales mas refractarios, pero no siempre para reducirlos. En este caso, se ha de añadir 0.10 a 0.20 (por 1 p.) de carbon bien molido, cuando la sustancia por su aspecto esterior promete mas de 20 por ciento de cobre.

Proporcion de flujo.

Se toma comunmente para un ensaye de cobre 5 gramos (lo que corresponden como a 200 granos españoles), de mineral o de cualquiera otra materia cuya *lei* de cobre se quiere determinar; y solo en caso que este mineral o algun producto de las artes fuese mui pobre (es decir, tuviese menos de 5 a 6 por ciento) se deberá tomar una cantidad doble o triple de la anterior.

Cantidad de materia que se ensaya.

Despues de haber mezclado bien la materia que se ensaya con el flujo, se coloca la mezcla en el crisol, que no debe llenarse sino hasta las tres cuartas partes; se cubre esta mezcla con una lijera capa de flujo puro o de sal comun, y se calienta el crisol gradualmente durante un cuarto de hora en uu horno de calcinacion capaz de producir una temperatura de 50 a 60 pir. Despues de esto, se tapa el crisol con una cubierta, se lo rodea con gruesos carbones, y se adapta al horno un tubo de aspiracion como de 3 a 4 piés de altura para aumentar el fuego y fundir el cobre. Es inútil prolongar este golpe de fuego por mas de un cuarto de hora, a pesar de que esto no presentaria ningun inconveniente, porque a esta temperatura el cobre es casi fijo. En seguida se saca el crisol, se deja enfriar y se quiebra: si el ensaye ha sido bien hecho, se encuentra en el fondo una esferilla de cobre, que no adhiere a las paredes, y se separa mui fácilmente de las escorias.

Operacion.

Cuando el ensaye se hace en un horno de viento, se pueden colocar dos o tres crisoles en la cuba a la vez: se rodean estos crisoles con carbon, y se echan por encima algunas áscuas: se deja la cuba del horno sin tapa, y el cañon de la chimenea casi cerrado con su plancha, dejando una pequeña abertura para la salida del humo; y se espera hasta que el fuego llegue a la reja. Entonces es preciso destapar los crisoles, y no

Horno de viento.

aumentar el fuego hasta que la sustancia deje de hervir: despues se añade carbon, se cubre el hogar con su tapa, se saca la plancha del cañon de la chimenea, y se da fuego por un cuarto de hora. En todo caso se debe examinar bien el horno que se emplea; y se puede aumentar o disminuir la temperatura retirando mas o menos la plancha, o dejando por mas o menos tiempo el hogar del horno sin tapa. No debe ser mui alta la chimenea de los hornos que sirven para los ensayes de cobre: una altura de 3 a 4 varas es las mas veces suficiente para fundir dos o tres ensayes a un tiempo.

Materias pobres.—Las escorias que provienen del beneficio de los minerales de cobre, pueden ensayarse del mismo modo que las materias ricas; pero, cuando contienen solo 2 a 3 por ciento de cobre, no se puede hacer uso del mismo método, porque esta pequeña cantidad de cobre quedaria combinada o diseminada en el flujo en mui pequeñas partículas. En este caso, si la escoria es atacable por los ácidos, es necesario ensayarla por la *via húmeda*, procediendo como se indicará mas adelante; si es inatacable, o se ataca difícilmente, es mas cómodo ensayarla como un mineral de hierro, y sacar todo el cobre que se encuentra en la esferilla, analizándola por la *via húmeda*. Las mas escorias de cobre inatacables por los ácidos, se funden mui bien en un crisol de brasca a la temperatura de 150° pir. sin añadir ningun reactivo; sin embargo se facilita mucho la fundicion añadiendo 0.15 a 0.20 de carbonato de cal.

Fundicion con pirita de hierro.

Otro método de ensayar las materias pobres en cobre, y que no tienen azufre, consiste en fundir a la temperatura de los ensayes de cobre en un crisol, 20 a 25 gramos de materia (sea mineral oxijenado pobre, o escoria) con 5 a 10 gramos de pirita de hierro comun, mui pura y borax. La operacion se efectua del mismo modo que en la fundicion cruda para ensayar las materias sulfuradas por eje (véase el párrafo siguiente). En esta operacion, todo el óxido de cobre se reduce por el azufre de la pirita, cuyo exceso hace pasar todo el cobre de la materia ensayada al estado de subsúlfuro, sobre el cual no teniendo ninguna accion las escorias, resultan que este mismo subsúlfuro unido con el protosúlfuro de hierro, forma una esferilla de eje, que queda en el fondo del crisol, mientras que los óxidos y las sustancias pedregosas pasan a la escoria. Se vacia

el crisol en un molde, se separa el eje de la escoria, y se ensaya este eje como las materias de la segunda clase.

Observaciones.—Este es el lugar de hacer dos observaciones sobre los ensayes por la via seca en jeneral.

1.ª Observacion.—Un fuego demasiado activo, y prolongado por mucho tiempo, puede causar dos inconvenientes: 1.º con el cobre se puede reducir mucho hierro, y en consecuencia de esto, aumentándose el peso de la aleacion que sale, resultaria una lei demasiado elevada; 2.º cuando los crisoles son porosos (como los mas de Inglaterra) y la corriente del aire es activa, sucede que se quema el exceso del carbon del flujo negro, y se oxida una parte del cobre, la escoria se vuelve roja, y resulta una lei demasiado baja. El primero de estos inconvenientes, es, sobre todo, difícil de evitar, cuando se hacen los ensayes en las fraguas de herreria, con gran exceso de flujo negro y con minerales ferrujinosos.

2.ª Observacion.—Habiendo casi siempre en los minerales de esta clase mucho óxido de hierro y a veces óxido de zinc, y estos dos metales pudiendo alearse con el cobre a la temperatura de los ensayes, resulta que el cobre que sale de un ensaye inmediato, puede ser, en muchos casos, cobre impuro, que necesita una refinacion prolija, sin la cual los resultados no serian exactos.—(Para la refinacion del cobre, véanse los ensayes de las materias de la 4.ª clase).

Ensayes por la via húmeda.

Para determinar la cantidad de cobre por la *via húmeda*, se muele bien la materia que se ensaya y se le hace hervir con agua réjia, empleando para esto un exceso de ácido muriático, o bien ácido muriático puro si estamos seguros que el mineral no contiene sepecies sulfuradas, inatacables por este ácido. Se evapora el licor casi hasta sequedad, y despues se vuelve a echar un poco de ácido muriático, se añade agua y se filtra, para separar la sílice jelatinosa y todas las sustancias insolubles. Se lava el filtro, y reunidas las aguas del lavado con la disolucion, se hace precipitar el cobre por el hierro. El método mas cómodo para efectuar esta operacion, consiste en sumerjir en el licor una lámina de hierro bien limpia. Es bueno, ántes de emplear la lámina, quitarle el óxido que se halla en su superficie, por medio de un ácido débil. Se mantiene la lámina en la disolucion hasta que ya no se deponga el cobre. La precipitacion puede efectuarse al frio o con el calor; pero a la temperatura ordinaria no se concluye la precipitacion sino al cabo de 24 horas, mientras que calentando la disolucion a una temperatura que se acerque a la de la ebullicion del agua, todo el cobre se precipita en una o dos horas. En el curso de la ope-

racion es preciso mantener la disolucion siempre ácida, lo que se conoce mediante un papel azul de jirasol que se sumerje de cuando en cuando en el licor; y en caso que este papel no cambie pronto de color, y no se vuelva rojo, es menester añadir ácido muriático o ácido sulfúrico; porque de otro modo se formaria una subsal de hierro, la cual, siendo insoluble, se precipitaria con el cobre. Tomando todas las precauciones convenientes, se obtiene el cobre en hojitas delgadas lijeras, de color rojo y mui puras. Se lava el cobre mui pronto con mucha agua caliente, primero por decantacion, y despues en el filtro, hasta que el agua del lavdo no se enturbie añadiendo nitrato de plata. Se comprime el filtro en el papel que absorbe el auga, y se seca con calor inferior a la temperatura de la ebullicion: en seguida se pesa. Si se calienta demasiado, o si se lava mui lentamente, se oxida sensiblemente el cobre. Algunas veces el cobre precipitado se halla mezclado con unas escamitas de hierro, que provienen de la lámina de hierro por la que se ha efectuado la precipitacion; en este caso el cobre se hace magnético, lo que no sucederia si estuviese puro. Para evitar este inconveniente, es preciso emplear láminas de hierro que no sean mui delgadas, y ajitar de cuando en cuando el precipitado, manteniendo el licor siempre con un exceso de ácido.

Observaciones.—Este método, tan sencillo y tan exacto en sus resultados, exije que se tomen muchas precauciones en la práctica, sin las cuales es fácil cometer graves errores: estas precauciones son las siguientes:

Acidos. 1.° *Con respecto a los ácidos.* Aunque todos los minerales oxijenados son atacables por el ácido muriático, se ha de advertir que, habiendo casi siempre en el *comun* de los minerales de esta clase, aun de los *metales de color* mas puros, alguna mezcla de cobre sulfúreo, es menester agregar algunas gotas de ácido nítrico, y hacer hervir despues el licor, para que salga el exceso de este ácido. Añádase tambien ácido nítrico siempre que tenemos en el mineral subóxido de cobre que se debe pasar al estado de protóxido, sin lo cual podria quedar un poco de cobre en el resíduo al estado de subcloruro, cuando se agrega agua a la disolucion muriática. Cuando por falta de ácido muriático se hace uso del ácido sulfúrico, entonces, siendo el sulfato de cobre insoluble en el ácido sulfúrico concentrado, se forma mucho resíduo blanco, que se pega al vidrio; y puede romperse la botella. Para evitar esto, y completar la disolucion de la materia cobriza, se deja enfriar el ensaye, se agrega agua por pequeñas cantidades, hasta que se disuelva todo el resíduo blanco, y se examina todo el polvo que queda.

2.° *Con respecto al resíduo que queda.* En jeneral se ha de hacer hervir el ensaye con los ácidos, y agregar nuevas cantidades de ácido, hasta que la parte *inata-*

cable, o el polvo que queda en la botella, se vuelva blanco. Pero sucede mui a menudo, que la *matriz* del mineral (el criadero), consta de un silicato negro o una arcilla betuminosa, a veces con grafita, que no puede cambiar de color, por mas que se prolongue la accion de los ácidos. En este caso, se considera por concluida esta operacion, cuando al agregar una nueva dósis del ácido, no se percibe ningun efecto en el resíduo, el cual, despues de la filtracion y del lavado, se ha de ensayar al soplete, con el borax, a fin de asegurarse que no contiene cobre. Siendo la operacion de evaporar hasta sequedad la disolucion de la materia que se ensaya, algo fastidiosa y sujeta a pérdidas del óxido de cobre, en caso que se calentase demasiado el residuo al fin de la evaporacion, se puede en algunos casos omitir esta operacion, con tal que el licor filtrado pase perfectamente claro, y que este licor se mantenga siempre con un esceso de ácido. La evaporacion, sin embargo, se debe considerar como indispensable si durante la ebullicion del mineral con los ácidos, aparece *sílice jelatinosa*, que se pega a las paredes del vidrio, en partículas semi-transparentes, y la cual ocasiona muchas veces saltos y proyecciones. En caso de sospecha que se ha precipitado un poco de sílice con el cobre durante la reduccion, se debe disolver el cobre (ya seco y pesado) en el ácido, a fin de ver si queda residuo de sílice sin disolverse. En todo caso es útil evaporar la disolucion hasta sequedad, tanto para hacer salir completamente el ácido nítrico, si se ha empleado, como para secar la sílice y hacerla completamente insoluble.

3.° *Con respecto a la precipitacion del cobre.* Conviene que la disolucion tenga cierto grado de concentracion, para que el cobre se precipite en hojitas delgadas, y no en polvo. Cuando se agrega demasiada agua, el precipitado se halla en un polvo mui fino, liviano, que puede ocasionar pérdidas en el lavado, y se oxida mas fácilmente; en este caso aun la precipitacion se hace mas lentamente, y no es completa. Se debe evitar de emplear para esta operacion láminas de hierro demasiado delgadas, o bien las que no estén perfectamente limpias. Lo mejor es valerse de unas barritas hechas a propósito, que tengan 2 a 3 pulgadas de largo, y 2 a 3 líneas de grueso; se encorvan un poco estas barritas, y se sumerjen enteramento en la disolucion que se vierte para esto en una tacita de porcelana. Se tiene cuidado de que la superficie del hierro esté perfectamente bruñida, sin asperidades. Un poco antes de la operacion, se envuelve esta barrita en un papel, y se la calienta en un baño de arena, a fin de introducir el hierro bien caliente en la disolucion caliente: de este modo se evita que el precipitado de cobre se pegue a la superficie de la barra. No se debe mantener demasiado tiempo la barra en el licor, porque la disolucion se cargaria demasiado con sales de hierro, y seria largo y difícil el lavado. El hierro debe ser de buena calidad: lo mas puro posible: el hierro ordinario ingles deja mucho resíduo negro que se pega al cobre. Se puede emplear con ventaja el alambre mui grueso envuelto en forma de espiral. Luego que el licor pierda enteramente su color verde azulado, se limpia la superficie del hierro con un pincel; y si despues de algunos minutos nada se precipita sobre esta superficie, la operacion está concluida. *Precipitacion.*

4.° *Con respecto al lavado.* Se debe efectuar el lavado con mucha agua tibia. Un ensaye de 30 a 40 por ciento de cobre, aunque no hubiera sino mui poco de hierro en la parte estéril, necesitaria 2 a 3 cuartillos de agua. Se principia por lavar por decantacion y de seguida, parándose solo en los intervalos absolutamente necesarios para que se asiente el cobre. Las primeras aguas salen claras, *Lavado.*

y las que siguen despues, se enturbian y se ponen rojizas, produciendo a veces unos copos pardos, que en parte sobrenadan, y en parte se mezclan con el precipitado del cobre. Resulta esto de la facilidad con que se descomponen las disoluciones de las sales de hierro en unas sales ácidas que quedan en el licor, y otras *subsales* que se precipitan. Mientras la disolucion queda ácida, como sucede siempre al principio del lavado, esta descomposicion no se verifica; pero despues, cuando el licor se halla casi neutro, las aguas se enturbian, y entonces se deben decantar éstas mas pronto que anteriormente; y se agregan algunas gotas de ácido muriático, a fin de que la dicha *subsal de hierro* se vuelva a disolver. Es menester prolongar el lavado por decantacion, y agregar gotas de ácido, hasta que las aguas del lavado se vuelvan perfectamente claras, y no se enturbien mas; despues se llena todavia unas dos veces la taza con agua hervida, a fin de quitar todo el esceso de ácido; y se pasa el precipitado de cobre en un filtro redondo, llano, doblado solo en tres partes. Cuando la materia que se ensaya es mui rica, por ejemplo de mas de 30 por ciento de cobre, es necesario limpiar y sacar el hierro en el momento en que desaparece el color azulejo de la disolucion, y se concluye la precipitacion en una otra taza, decantando en ella el licor de la primera y volviendo a sumerjir en este licor la misma barrita. Se debe ayudar en tal caso la precipitacion de las últimas partículas de cobre calentando el licor en esta segunda taza hasta la temperatura de ebulicion y se agrega ácido, sin que pueda perjudicar al ensaye la demasiada cantidad de sal de hierro que se forma: porque en este caso se recojen en esta segunda taza apenas cuatro a cinco centígramos de cobre que se lavan con mayor facilidad y se libra de las sales que se forman al fin de la precipitacion, la totalidad de cobre que se continúa lavando en la primera. Para evitar pérdidas de hojillas mui livianas de cobre en la decantacion, se puede pasar las aguas de la primera taza a la segunda, y de esta a una gran vasija de loza donde se recojen todas las aguas de lavado y no se botan sin examinar antes el resíduo que depositan.

Operacion 5.ª de secar.

Con respecto a la operacion de secar. Para que el polvo no adhiera al papel, es preciso evitar de recojer este polvo en el filtro antes de lavar bien el cobre, y quitarle todo el ácido por decantacion. Despues se saca el filtro del embudo, agarrándole por el borde del filtro y, sin tocar con los dedos la parte que contiene el cobre, se pone el filtro sobre el papel secante (papel José) que absorve mui pronto el agua; en seguida se ha de secar el cobre, a una temperatura de 40 a 50 ° cent., evitando de apretar el filtro con los dedos. Se debe prolongar esta operacion hasta que el filtro con el cobre deje de disminuir de peso; y se debe pesar el polvo todavia caliente. De este modo, el polvo se aglomera, y se separa con la mayor facilidad del papel sin dejar nada en su superficie. Cuando la cantidad del polvo es considerable, por ejemplo de 2 a 3 gramos, es bueno ponerlo, despues de haberlo secado, en una pequeña cápsula de porcelana, desagregar este polvo con un tubito de vidrio seco, y continuar a secar, siempre con la misma temperatura, que no debe ser ni demasiado elevada, porque se oxidaria el cobre; ni demasiado baja, porque quedando por mucho tiempo el cobre húmedo con el contacto del aire, absorveria tambien oxíjeno.

Compensacion de los errores.

Con todo esto, es dificil evitar que una pequeña cantidad de cobre pase al estado de protóxido; pero este aumento del peso se compensa con una pequeña pérdida del metal, que queda en la disolucion sin haber podido precipitarse por el hierro.

Fundicion del cobre precipitado

Se puede tambien, para mayor seguridad, fundir este polvo con flujo negro a fin de recojer el cobre en una sola esferilla sin ninguna mezcla de óxido. Pero es de advertir que, en este caso, se ha de agregar un gran exceso de flujo ordinario, y poner por encima de la mezcla una capa de flujo, de sal marina o de crémor tártaro, y verificar la fusion pronto en un crisol tapado; y aun con estas precauciones, difícilmente se evita que resulte una pérdida de metal que llega a veces a 1 ½ por ciento: se percibe esta pérdida, sea en el color rojizo que toma el interior del crisol, sea en el color que dan al vidrio del borax las escorias ensayadas al soplete.

Necesidad de hacer doble ensaye.

Siendo el ensaye de cobre sujeto a varias casualidades, se aconseja a los ensayadores de hacer siempre de cada materia dos ensayes a un tiempo, y si en los resultados obtenidos la diferencia de uno a otro no pasa de uno por ciento, tomar el término medio. Si la diferencia es considerable, hai que hacer un tercer ensaye.

Ensaye por el hidrójeno sulfurado.

Se puede tambien obtener el cobre de un modo mas exacto, precipitándolo por el hidrójeno sulfurado. Con este reactivo se reconoce la existencia de mui corta cantidad de cobre en un licor; y, por esto, se hace uso del hidrójeno sulfurado para examinar las materias mui pobres. Es preciso disolver la sustancia que se ensaya, en un ácido, y pasar por la disolucion una corriente de gas hidrójeno sulfurado, el que se prepara por medio de protosúlfuro de hierro, agua y ácido sulfúrico en una botella a la que se adapta un corcho atravesado por un tuvo corvo. Este tubo sirve para introducir el gas en la disolucion; y formado que esté el precipitado, se recoje el súlfuro en un filtro, se lava con agua que contenga en disolucion un poco de hidrójeno sulfurado, y se seca. Despues se calcina este súlfuro con el contacto del aire en una cápsula de platina o de porcelana: se lo pone en seguida en un crisol de platina para aumentar el fuego, y descomponer el sulfato; y si la cantidad de residuo no es considerable, se considera como deutóxido puro.

§ 3.° MATERIAS DE LA 2.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros o sulfatos. Examinemos primeramente estos últimos.

Sulfatos. Los sulfatos de cobre dan con el flujo negro cobre rojo perfectamente puro; pero en la escoria queda siempre cierta cantidad de súlfuro doble de cobre y de metal alcalino. Puesto que los sulfatos de cobre se descomponen totalmente por el calor, un método seguro y mui cómodo de ensayarlos,

consiste en calcinarlos en un crisol de platina al calor albo, hasta que ya no se exhale ningun olor de ácido sulfuroso. El residuo se compone solo de óxidos, y fundiendolo con 3 veces su peso de flujo negro, se estrae todo el cobre al estado metalico.

Fundicion por crudo.

Súlfuros. Se ensayan las materias que contienen súlfuro de cobre, por eje, o bien por cobre. El ensaye por eje es lo que se llama *fundicion cruda* (fonte crue), y tiene por objeto determinar la proporcion de los súlfuros y la del criadero que hai en un mineral de cobre: por consiguinte, por este ensaye se determina la cantidad de eje que se puede estraer de un mineral en grade, mediante una *fundicion cruda*, es decir, en la primera fundicion del mineral sin haberlo calcinado.

Es mui sencillo y fácil el ensaye por eje: consiste en fundir el mineral con un reactivo que facilite la fundicion del *criadero* sin ejercer ninguna accion sobre los súlfuros. Ningun flujo llena mejor estas condiciones que el borax. *Todas las sustancias se funden bien con un peso igual al suyo, de borax vitrificado a la temperatura de* 60º p. En esta clase de ensayes pueden emplearse los crisoles de tierra sin carbon; pero entonces es preciso tomar precauciones para recojer el eje, y no perder nada; lo que no es fácil de verificar, porque el eje es mui quebradizo, y comunmente adhiere a las paredes. Se evita este inconveniente empleando crisoles de brasca; y aun no se puede hacer de otro modo, cuando se ensaya una materia mui pobre. Si se quiere emplear los mismos flujos que se usan en grande, es decir la cal, el óxido de hierro, el cuarzo, es preciso hacer el ensaye en un crisol de brasca con el calor de 150 (p. 15), proce-diendo del mismo modo que para hacer ensayes de hierro.

Estos ensayes por eje son mui útiles para los beneficiadores que antes de fundir su mineral o mezcla de minerales deseen saber si en la mezcla hai un esceso de *metal de color* o de *bronce*, cuánto eje puede producir la fundicion y de qué lei saldria el eje.

Es útil advertir que, en todo caso, los súlfuros que constituyen el eje se hallan al *minimo* de sulfuracion, mientras que en el mineral se hallan muchas veces unos persúlfuros. En este caso, se sublima cierta cantidad de azufre durante la fundicion;

y por consiguiente no se puede deducir el peso del criadero del peso del eje.

Para determinar la proporcion del criadero, mejor es ensayar el mineral por la via húmeda; y para esto, es preciso reducir a polvo el mineral, y atacarlo por el ácido acético. Este ácido no puede disolver sino las partículas de criadero, que constan de carbonato de cal. Despues se lava, se seca se pesa el residuo, y se vuelve a atacarlo por el agua réjia, la cual corroe y disuelve los súlfuros, dejando cierta cantida de azufre en el residuo. Se recoje este en el filtro, se lava, se seca, y se calcina con el contacto del aire para quemar el azufre: restando el peso de este rcsiduo que es inatacable por los ácidos, y el peso de carbonato de cal que se ha determinado por medio del ácido acético, del peso total del mineral que se ha ensayado, se deduce el peso de la parte metálica del mineral. En fin, combinando este método con el anterior que se hace por la via seca, para determinar la cantidad de eje, se adquiere el conocimiento exacto de la naturaleza del mineral.

Ensayes por cobre: via seca.

El ensaye por cobre de una sustancia que contiene súlfuros, exije necesariamente que se lo calcine con el contacto del aire; y esta operacion se debe hacer con tanto cuidado, que despues no quede en el resíduo de la calcinacion ni azufre ni ácido sulfúrico; porque en el caso contrario, fundiendo este resíduo con un flujo reductivo, las escorias retendrian cierta cantidad de cobre. De todos los procederes que se han intentado emplear, es el único que dé resultados exactos.

Calcinacion de los súlfuros.

La calcinacion con el contacto del aire del súlfuro de cobre puro o de súlfuros dobles de cobre y hierro es una operacion fácil de ejecutar: la única precaucion que exije, es templar el calor durante algunos instantes para evitar la aglomeracion; pero luego que se produzca una corta cantidad de óxido, se lo puede calentar hasta el rojo naciente sin temer este inconveniente. Se debe ajitar continuamente la materia, a fin de presentar al contacto del aire todas las partículas sucesivamente. Cuando ya está un poco adelantada la calcinacion, es bueno elevar de cuando en cuando la temperatura hasta el calor rojo vivo, para hacer obrar los súlfuros sobre los sulfatos, y operar una descomposicion recíproca. En fin, cuando haya cesado enteramente la exhalacion del ácido sulforoso, se tapa el crisol, se echa por

encima un poco de carbon, y se adopta el tubo de aspiracion, a fin de mantener el residuo en el calor albo por algunos minutos, para descomponer hasta las últimas partículas del sulfato. Cuando la calcinacion ha sido completa, fundiendo despues el residuo con 2 a 3 veces su peso de flujo negro, se estrae casi todo el cobre al estado metálico, y el hierro queda diseminado en la escoria, en parte al estado de óxido y en parte al estado metálico mui dividido. Si al contrario la calcinacion se hubiese ejecutado mal, adhiere a la esferilla de cobre un poco de eje, que se reconoce por su color y contestura; y la escoria queda con azufre reteniendo cobre en su combinacion.

Calcinacion. Observaciones.—Entre los minerales de esta clase, hai unos que se calcinan mas fácilmente que otros. En jeneral, los que constan de óxidos y de súlfuros (por ejemplo, los de la clase de metales acerados) son tan fusibles, que es casi imposible evitar la fusion en el momento en que principia su calcinacion, si no se mezclan de antemano con un poco de carbon molido. Hai otros, particularmente algunos de pirita cobriza de poca lei, mezclados con sulfato de cal y arcilla, que se calcinan con la mayor dificultad; y solo despues de una larga calcinacion y despues de haber elevado repetidas veces la temperatura, mezclando el residuo con carbon, tapando el crisol, y dando golpes de fuego, se logra obtener, en la fundicion con los flujos, una esferilla de cobre sin ningun indicio de eje.

Cobre del ensaye. Pero, de cualquier modo que se haga la calcinacion, y despues la fundicion del ensaye, es de advertir que rara vez el cobre sale puro, sin ninguna mezcla de hierro. La cantidad de este último en jeneral es tanto mayor, cuanto menor es la lei de cobre del mineral, cuanto mas refractario es su criadero, y cuanto mas se prolongan las dos citadas operaciones. Para probar lo dicho, citaremos unos dos ejemplos.

1.° Un mineral del Huasco Bajo de la mina de La Quebradita, compuesto de pirita cobriza de color amarillo pálido, mezclada con yeso, cuarzo y arcilla, presentó dificultades mui grandes en la calcinacion. Despues de repetidos ensayes en que el cobre salió siempre rodeado de eje, se logró obtener una esferilla del metal sin ningun vestijio del eje.

5 gramos de mineral dieron 1,50 de cobre.

Este cobre tenia un color rojo oscuro, se achataba debajo del martillo; pero no se podia estirar en hojas delgadas. Para analizar este metal, se disolvió en agua réjia, despues se precipitó el cobre por el hidrójeno sulfurado; y se examinó el licor que resultó de la separacion del súlfuro. En este licor, agregando amoniaco, se encontró 0,86 de peróxido de hierro, lo que corresponde a 0,59 de hierro; y realmente, 5 gr. del mismo mineral ensayados por la via húmeda, dieron 0,93 de cobre puro.

2.° Un mineral de la mina del Alto en el Rincon (Chorros Altos), compuesto de una mezcla de pirita cobriza, de óxido negro y subsulfato de cobre, con criadero algo parecido al anterior, dió en un ensaye por la via seca:

de 5 gr. de mineral—2.gr018 de cobre.

Estos 2,018 de cobre analizados como antes, dieron 0,076 de hierro, y por consiguiente la verdadera lei del mineral era 38 8|10 por ciento, y no 40 3|10.

Estas observaciones manifiestan que los ensayes por la via seca no pueden inspirar una confianza y seguridad perfecta, si el cobre que resulta de ellos no se somete a una operacion particular, que se llama *refinacion*, y de la cual se tratará en el párrafo 5.°, hablando de las aleaciones.

Cuando las materias de la 2.ª clase tienen mui poca lei, y están cargadas de hierro, las escorias que resultan del ensaye son siempre *pastosas*; y por mucho cuidado que se tome, quedan algunas granallitas de cobre, cuyo peso se eleva algunas veces de 2 a 3 por ciento. Se puede minorar esta pérdida, añadiendo al flujo negro cerca de 1 p. de borax, para hacer las escorias mas líquidas; pero, es preferible en este caso estraer el cobre por la via húmeda, disolviendo el mineral en agua réjia, y precipitando el cobre por el hierro. Aun mucho mas cómoda es la *via húmeda* para ensayar todos los minerales de la 2.ª clase; y es tanto mas preferible a la *via seca*, cuanto que los antiguos docimasistas, que tenian mucha predileccion por la via seca, aconsejaban sin embargo muchas veses de emplear la via húmeda para ensayar los minerales piritosos (1).

Ensayes de la misma materia por la via húmeda.

Se ensayan las materias de esta segunda clase por la via húmeda del mismo modo que las de la primera, con la diferencia de que para atacar las materias sulfurosas es indispensable emplear el agua réjia. Siendo la presencia de un esceso de ácido nítrico perjudicial a la precipitacion del cobre por el hierro, es necesario evitar este exceso, y por esto se debe verter sobre la materia molida en el matraz toda la cantidad de ácido clorhídrico que se necesita de una vez y se agrega el ácido nítrico por pequeñas cantidades hasta que desaparezca en el resíduo toda la parte metálica sulfúrea. Se ayuda la accion de los ácidos calentando moderadamente el matraz y aumentando

---

(1) Esta es la opinion del Sr. Berthier, bajo cuya inspeccion se ha introducido en el laboratorio de la Escuela Real de Minas en Paris, el método de ensayar las materias de cobre por la via húmeda, hace muchos años. El mismo método se ha adoptado en el Colejio de mineria en Falhun (en Suecia) por Sefstroem; y en Inglaterra empiezan ya a dar gritos contra el antiguo método de ensayar por la via seca, que todavia prevalece en Cornwall. Uno de los sabios de aquel pais, de la Beche, en su obra, la geoloja de Devon y Cornwall (economic geology of Devon and Cornwall, hablando del ramo de la mineria en Cornwall, dice: "the mode of assaying copper ores, is usually conducted in a somenwhat rough manner, and accurate results can scarcely be expected from it. Indeed, chemistry has made butt little progress among the assayers in Cornwall."—Véase Bulletin of the proceedings of the National Institution for the promotion of science. Washington 1841—p. 55.

el calor hasta la ebullicion, la cual se prolonga hasta que el azufre que por lo comun se separa, se funda, sobrenade en el líquido, y tome color amarillo claro. Sucede que la accion del agua réjia principia repentinamente y puede ocasionar pérdidas del licor que se eleva en ebullicion hasta la boca del matraz y sale de la botella. Sucede tambien que al separarse la mayor parte de azufre al principio de la reaccion, se embute en su interior una parte de mineral no atacado y se forma una masa medio fundida, de la cual no se puede librar partículas cobrizas por mas que se prolongue la ebullicion y se agreguen nuevas dósis de ácido nítrico. En tal caso el azufre queda con un color negruzco, nunca se reune en esferillas bien fundidas amarillas y presenta en su masa partes de mineral sulfurado no atacado. Es indispensable sacar este azufre, molerlo en un morterito y agregarlo al licor en ebullicion, o bien principiar de nuevo el ensaye.

Con dificultad se espele bien todo el exceso de ácido nítrico que se ha agregado en la primera operacion, sino se evapora el licor hasta la sequedad. Para evitar este inconveniente, se ha propuesto atacar las materias sulfurosas de esta clase por medio de clorato de potasa y ácido clorhídrico sin añadir ácido nítrico. En efecto, la accion es fácil, pronta, pero demasiado viva y en ella es difícil evitar que las primeras cantidades de azufre que se separan embutan en su masa algo de polvo de mineral no atacado y lo sustraigan a la accion del ácido.

§ 4.° MATERIAS DE LA 3.ª CLASE.

Las materias de esta clase que con frecuencia se traen a la oficina de un ensayador en América son minerales de cobre en cuya composicion entran *los cobres grises* mezclados con galena, que es la compañera mas constante de estos últimos y los ejes que provienen de las fundiciones de estos minerales. Sucede tambien ensayar mezclas de arseniuro de cobre y de varias especies sulfurosas de este metal. Casi siempre son estas materias platosas.

Modo de conocer estas materias.

El mejor modo de conocer estas materias que los mineros suelen entregar al ensayador molidas, es de ensayarlas al soplete en un tubo abierto (p 84). En tal caso las que contie-

nen arsénico o antimonio dan un sublimado blanco. Cuando el mineral tiene mucho arsénico da un sublimado metálico en un *matracito*, o bien, súlfuro de arsénico y arsénico: tambien se conoce este último por el olor de ajo que despide cuando se ensaya sobre carbon, con adicion de carbonato de sosa.

Se puede ensayar estas materias por la via seca o por la via húmeda; pero ninguno de los métodos conocidos es bastante exacto: todos presentan dificultades mas serias que los métodos hasta ahora descritos y dan resultados aproximativos. En efecto, las materias de esta clase son las mas difíciles para ensayar por cobre y exijen del ensayador conocimientos mas profundos y mucho cuidado.

Ensayes por la via seca. Se hacen del mismo que los de las materias de segunda clase: es decir, se calcina el mineral con el contacto del aire y se funde con 2 o 3 partes de flujo negro. Pero la calcinacion exije ciertas precauciones particulares y la fundicion no da por concluido el ensaye; pues el cobre que se obtiene retiene los metales que habia en el mineral con cierta dósis de arsénico, y en todo caso es indispensable la refinacion del cobre, la cual nunca se logra operar completamente sin pérdidas notables de metal.

Calcinacion.

La calcinacion exije mucho cuidado porque las materias de esta clase son mui fusibles: las mas se funden al apuntar el calor rojo y si el mineral no contiene mucho criadero, es indispensable agregar desde luego un poco de arena o de carbon molido para evitar la aglomeracion de las partículas. No se debe elevar la temperatura mas que lo necesario para que se exhalen los ácidos sulfuroso y arsenioso. Tampoco se puede aumentar el fuego al fin de la calcinacion como para las materias de segunda clase, porque si el mineral contiene plomo, los residuos de calcinacion son fusibles y las sales formadas no se descomponen por el golpe de fuego como el sulfato de cobre.

Para ciertos casos, Berthier aconseja someter las materias que se ensayan a una *fundicion cruda*, antes de calcinarlas con el contacto del aire. De este modo los súlfuros se reducen al menor grado de sulfuracion, se volatiliza una gran cantidad de arsénico, y, sometido en seguida el residno a una calcinacion con el contacto del aire, esta operacion se efectúa mas pronto y con mayor facilidad. Sin embargo, en ningun caso

la calcinacion, por mas que se prolongue y se tomen las precauciones prescritas, puede privar las materias calcinadas de arsénico y antimonio, como ya se ha dicho al principio de este libro tratando de las calcinaciones. (p. 6)

En efecto, sometiendo cualquier arseniuro de cobre a la calcinacion con el contacto del aire, se desarrolla ácido arsenioso, y se forman óxido de cobre y arseniato de cobre. Aumentando la temperatura, puede el arseniato obrar a su vez sobre el arseniuro que todavia queda sin calcinarse y se volatilizará cierta cantidad de ácido arsenioso. Pero cuando todo el arseniuro quedará transformado al estado de arseniato, siendo inalterable este último por el fuego, habrá que agregar carbon en polvo y continuar calentando. Con lo cual se desarrollará todavia ácido arsenioso y se librará el mineral de la mayor parte de arsénico, pero el residuo retiene siempre algo de esta sustancia, la cual no la podremos quitar por medio del fuego ni mediate el carbon.

La fundicion del residuo de calcinacion no presenta dificultad alguna. Segun Berthier, conviene emplear para esto crisoles de brasca, y en lugar de flujo negro, carbonato de sosa en cantidad igual al peso del residuo: de este modo se recoje con mayor facilidad la aleacion y no adhiere al crisol. Pero en todo caso el flujo negro o el carbon reducirán todos los metales contenidos en el residuo: formados los arseniuros o antimoniuros, no tendrá accion sobre ellos el carbonato alcalino y jamás se obtendrá cobre metálico puro.

Para purificar este cobre se ha de someterlo a una operacion que se llama *refinacion*, y la que se describirá cuando se trate de los métodos de ensayar las aleaciones, o materias de cuarta clase.

Ensayes por la via húmeda. Mas seguros resultados dará un buen ensaye de las mismas materias por la via húmeda, pero el método que se ha descrito para las materias de la 1.ª y 2.ª clase ha de sufrir modificaciones notables segun la naturaleza de los elementos que entran en la composicion de las materias de la 3.ª clase.

Desde luego observaré que las sustancias que obligan a variar el método y causan toda dificultad en estos ensayes son por lo comun: el *plomo*, el *antimonio* y el *arsénico:* porque

estas materias precipitan de sus disoluciones por el hierro al propio tiempo que el cobre. Trataremos de cada uno de estos elementos por separado, como si se hallase solo en el mineral sin los otros dos.

Materias plomizas.

Cuando el mineral contiene plomo sin que haya arsénico ni antimonio, como son las mezclas de materias de 2.ª clase con galena y sus ejes, se ataca el mineral por el ácido nítrico concentrado y se evapora la disolucion hasta sequedad. En seguida se humedece el resíduo con ácido sulfúrico y se lo hace calentar en una tacita de porcelann hasta que cese de desarrollar vapores blancos, ácidos. En fin, se agrega agua, se filtra y se procede en lo demas como se ha dicho para la precipitacion del cobre por el hierro en los ensayes de las materias de 1.ª y 2.ª clase.

Este método está fundado en la propiedad que tiene el sulfato de plomo de ser insoluble en el agua, si se libra la disolucion, cuanto sea posible, de todo exceso de ácido.

Materias antimoniales.

Si el mineral contiene antimonio sin proporcion notable de arsénico, como por ejemplo son los minerales de Machetillo, algunos de Cerro Blanco (en Copiapó) etc., en cuya composicion entra el cobre gris antimonial, se procede del modo siguiente. Atácase el mineral por el ácido nítrico puro y se prolonga la ebullicion en el matraz, para disminuir la cantidad de ácido cuanto sea posible, sin descomponer nitrato de cobre. Concluida esta operacion, es necesario agregar cantidad considerable de agua fria, por ejemplo un medio cuartillo a cada ensaye y no se debe filtrar sino unas doce horas despues cuando la disolucion esté clara y el residuo bien reunido en el fondo. Esta disolucion se evapora hasta sequedad y se vierte sobre el residuo ácido muriático para trasformar el nitrato en clorhidrato de cobre. Se hace calentar hasta que cesen de desarrollarse vapores nitrosos y se procede en seguida a la precipitacion del cobre por el hierro, como si el mineral no tuviera antimonio.

Este procedimiento se debe a la mui poca insolubilidad del ácido antimonioso en el agua acidulada. El cobre que se obtiene suele tomar en el lavado color bastante rojo y si se procedecon debida prolijidad no contiene sino indicio de antimonio.

Materias arsenicales.

El caso mas complicado es cuando la sustancia que tenemos que ensayar contiene arsénico y azufre, con antimonio y plomo o sin ellos.

Se procede del modo siguiente:

Se principia por atacar el mineral por el ácido nítrico concentrado y en ebulicion y se le agrega 2 a 3 gr. de hierro disuelto tambien en el ácido nitrico concentrado y en ebulicion. Evapórase el todo en una taza de porcelana, en un bañomaria hasta que el líquido se ponga espeso y hasta que, añadiendo agua, queda un abundante residuo ferrujinoso que no se disuelve.

Antes de filtrar es indispensable esperar que se aclare el licor, y esto se consigue mas pronto haciéndolo hervir con el mismo residuo en un matraz de capacidad de un litro, lleno de licor hasta la mitad. Si al prolongar la ebullicion por unos 10 minutos el licor no se aclara, se agregará unas pocas gotas de carbonato de sosa o de amoniaco; con lo cual se asentará mas pronto la parte insoluble y tendremos una disolucion clara que no presentará dificultad alguna en su filtracion.

Filtrado el licor y lavado el filtre hasta que el agua de lavado cese de tomar el color azulejo por el amoniaco, se evapora por la segunda vez toda la disolucion hasta sequedad, se trasforman los nitratos en hidrocloratos por medio del ácido clorhídrico y se procede a la precipitacion del cobre por el hierro como en los casos anteriores.

Este método se funda en que el arseniato de peróxido de hierro es insoluble en el agua y en las disoluciones neutras. El exceso de hierro que se añade sirve para formar este arseniato, y tambien, siendo el nitrato de peróxido de hierro el que se descompone mas pronto por el calor que el nitrato de cobre, se evita de cierto modo la descomposicion de este último por el gran exceso de aquel peróxido que se halla en el licor y cuya sal es la primera que se descompone si se ha llevado el calor a mas de lo necesario para espeler el exceso de ácido. En todo caso, se conoce que no ha quedado óxido de cobre en el resíduo insoluble, si al agregar unas gotas de carbonato alcalino al licor filtrado, se forma un precipitado rojo de hierro y no precipitado pálido verdoso.

La única operacion delicada y la que exije mucho cuidado

de parte del ensayador, es la primera evaporacion que tiene por objeto espeler el exceso de ácido nítrico, sin descomponer algo de nitrato de cobre.

Para asegurarse de que no se ha perdido nada de cobre en los resíduos, es menester examinar estos últimos despues de haberlos lavado. Para esto se ensaya el resíduo al soplete con el vidrio de borax, o se hace dijerir este residio en el amoniaco para ver si el licor toma color azulejo o no.

§ 5.° MATERIA DE LA 4.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unas aleaciones que no se puede moler en un almirez y hacer mezclas como se hace con las materias de que se ha tratado hasta ahora.

Los casos mas frecuentes que se refieren a este artículo son los siguientes:

1.° Ensaye del cobre que proviene de los ensayes anteriores, cuando se hacen por la via seca: *refinacion* propiamente dicha. En tal caso se somete al ensaye todo el cobre que obtenemos en la fundicion con flujo negro.

2.° Ensaye del *cobre negro* o del cobre no refinado del comercio, como es por lo comun el cobre en barra que se esporta de Chile. En tal caso se acostumbra tomar para ensaye un poco de metal del *baño* mismo, al momento de sangrar el horno. Pero si se trata de determinar la lei del *comun* de una gran cantidad de cobre en barra que puede provenir de diversas fundiciones y del beneficio de diversos minerales, es indispensable tomar *bocados* (pedacitos de 2 a 3 gramos) de cada barra o de cada 2 a 3 barras y fundir estos bocados del modo mas lijero posible en un gran crisol tapado. Enfríase en seguida el crisol, se quebra, se hace doble ensaye del pedazo de cobre que se obtiene de esta fundicion, es decir, uno de la parte inferior y otro de la parte superior del mismo pedazo, y se toma el término medio. En fin, se puede tambien tomar en cuenta la pequeña cantidad de metal que se oxida y se escorifica en la superficie del cobre fundido despegando esa cantidad con precaucion y ensayándola aparte. Se hace mas fácil la separacion de esta parte superficial oxidada echando sobre el metal fundido antes que se enfrie un poco de agua. Pero, en jeneral, esta

parte es mui pequeña (*) sobre una libra y media o dos libras de cobre que por lo comun se funde para estos ensayes.

3.° A mas de estos dos casos, se presenta tambien mui a menudo en el comercio y la industria fabril, la necesidad de ensayar varias aleaciones de cobre, zinc, estaño, plomo, etc., como son los bronces, latones, etc.

Se determina la lei de las materias en todos estos casos por *la via seca* o por *la via húmeda*.

Cuando se hace el ensaye por la via seca, la operacion lleva el nombre de la *refinacion* y se procede en tal caso de dos modos:

1.° operando *en los hornos de copelacion.*

2.° en *los crisoles.*

Via seca. *Operacion en los hornos de copelacion.* La refinacion es análoga a la copelacion, o mas bien, es una verdadera copelacion de cobre hecha con el intento de separar todos los metales que están aleados con el cobre, y son mas oxidables que él. No se obtiene el cobre puro en esta operacion, ni tampoco se determina la lei sino aproximativamente. Sin embargo, es de mucha utilidad; porque siendo análoga a la refinacion que se practica en grande, se puede determinar de este modo la cantidad de cobre puro, que se pueda estraer de una aleacion por los procedimientos metalúrjicos.

Horno. La refinacion del cobre se hace en un horno de copelacion; pero, como exije una temperatura elevada, es necesario hacer uso de un horno bastante grande, y que produzca una corriente de aire mui activa. Algunos ensayadores aconsejan de activar el fuego con el viento de un fuelle dirijido bajo la reja, pero esta disposicion, que es incómoda, no es necesaria. Siendo bien construido el horno, basta adaptar un tubo de 3 a 6 pies de altura para producir el grado conveniente de temperatura, sobre todo, valiéndose de *cok* por combustible. Los vasos en los que se coloca el cobre, son unas tazas mui chatas, o bien copelas comunmente se emplean estas últimas.

Vasos.

Operacion. Es preciso calentar el horno gradualmente; y cuando ya está al *máximo* del calor y las copelas bien calientes, se introduce en ellas el cobre, y se tapa la abertura de la mufla por algunos

(*) A lo menos en los ensayes del cobre en barra que se esporta de Chile.

minutos con gruesos carbones encendidos. Fundido el cobre, se retira una parte de estos carbones, y se pone en las copelas cierta cantidad de plomo, si esto se cree necesario. Entonces principia la refinacion. El plomo, los metales aleados y una parte de cobre se oxidan, y forman una combinacion fusible, que lleva a la circunferencia del boton metálico, y que la copela absorve en parte. El boton se pone como ajitado con un vivo movimiento de rotacion, y está continuamente cubierto de una película brillante y de varios colores. En el momento de terminarse la refinacion, el movimiento se hace mas vivo y la película mas brillante: de repente cesa el moviminto la película desaparece, y el boton se pone oscuro, y se solidifica: estos fenómenos constituyen lo que se llama *relámpago*.

Relámpago.

Luego que el relámpago ha aparecido, la operacion está concluida, y se pueden sacar de la mufla las copelas. El boton refinado es siempre cubierto de una lijera costra de protóxido de cobre, la que no se podria despegar sin dificultad, si el metal se dejase enfriar lentamente; pero sumerjiendo la copela en agua al momento de sacarla del horno, se consigue quitar enteramente este óxido con la ayuda del martillo. Sin embargo, se prefiere jeneralmente salpicar el boton con borax vitrificado (en la proporcion como de 7 por ciento) inmediatamente despues del relámpago, para quitar todo el óxido: entonces basta sumerjir la copela todavia caliente en el agua para que la costra del borato de cobre que se ha formado, se despegue con el primer golpe del martillo. No se considera el cobre como bien refinado, sino cuando es perfectamente maleable y de un rojo puro.

Borax.

No basta, para determinar la proporcion de cobre, pesar el boton obtenido, puesto que una parte del metal ha quedado en estado de óxido, sea con los otros óxidos metálicos, sea con el borax. Se admite por aproximacion que esta parte de cobre oxidado forma la 11.ª parte de la aleacion que se ha escorificado, es decir, de la pérdida que esperimenta la aleacion que se habia sometido a la refinacion, y del plomo que se habia añadido: a mas de esto, se admite que la cantidad del cobre absorbido por el borax al estado de óxido, es igual a la 7.ª parte del borax con que se ha salpicado el boton refinado: pero estos datos no son rigorosos, porque la cantidad de cobre que

Cálculo.

pasa a las escorias, varia segun la naturaleza de los metales escorificados, segun la temperatura del horno, y segun otras circunstancias que todavia no se conocen bien.

El plomo que se añade.

Las aleaciones de cobre que se someten a la refinacion, pueden contener o no contener plomo. Cuando no lo contienen, se añade 1/10 de su peso de plomo, y se repite esta adicion hasta que el boton esté perfectamente puro. Para calcular la cantidad de cobre, se añade al peso del boton obtenido, la 11.ª parte del peso de todos los metales oxidados: comprendiendo en este peso el plomo, y la 7.ª parte del peso del borax empleado.

Cobre plomizo.

Cuando el cobre aleado contiene plomo, puede suceder o que contenga lo necesario para que la refinacion pueda hacerse sin añadir nada, o que no contenga bastante, o por último, que contenga demasiado. En el primer caso, no hai nada que añadir: en el segundo, se añade plomo por décimas partes, hasta que el cobre quede puro: en el tercer caso, en vez de añadir plomo, se introduce en la aleacion fundida un peso determinado de cobre rojo (puro); y se ejecuta la refinacion del modo ordinario, haciendo las correcciones, y deduciendo de la cantidad del cobre obtenido la cantidad de lo que se ha añadido.

Refinacion comparativa.

Se puede determinar la cantidad de cobre contenida en una aleacion, sin hacer ninguna suposicion sobre la cantidad de cobre que se ha escorificado por el plomo, ejecutando la refinacion del modo siguiente. Se ponen en dos copelas colocadas, una al lado de la otra, en una mufla bien caliente, 4 partes de plomo puro: en seguida, luego que el baño esté descubirto, se pone en una de las copelas 1 parte de cobre rojo y en la otra 1 parte de la aleacion que se quiere ensayar. Se ejecutan las dos refinaciones por el proceder ordinario, y se pesan los botones obtenidos: el que proviene del cobre puro, pesa mas que el otro: se supone que la diferencia de los pesos representa la cantidad de los metales estraños que contenia el cobre aleado, y por consiguiente, que la cantidad absoluta de cobre oxidado es la misma en cada copela: en seguida, es preciso añadir al peso del boton extraido del cobre aleado, la pérdida que ha experimentado el cobre rojo, para conocer la proporcion de cobre contenida en la aleacion. Esta suposicion no es exacta; y es

probable que se aproximaria mas a la verdad, añadiendo al peso calculado, como se acaba de decir, la 11.ª parte del peso de los metales aleados; pero, cuando la aleacion es de mucha lei, esta correccion es de poca importancia.

Plomo aleado con poco cobre.

Por lo que respecta al plomo que contiene un poco de cobre, se copela al mismo tiempo 1 parte de cobre rojo con 4 partes de plomo y otra parte de cobre puro con 4 partes de este plomo que contiene una pequeña proporcion de cobre cuya lei queremos determinar. El segundo ensaye produce mas cobre que el primero; y la diferencia de peso de los dos botones obtenidos equivale poco mas o menos a la cantidad de cobre contenido en el plomo.

Laton y bronce.

Las aleaciones de cobre que contienen mucho zinc o estaño, no se pueden ensayar por la refinacion, porque estos metales forman escorias infusibles, que encierran el boton, y se oponen a la accion del aire: es necesario ensayar esta clase de aleaciones por la via húmeda.

Refinacion en los crisoles.

Operacion en los crisoles. Algunos ensayadores en lugar de emplear para la refinacion del cobre hornos de copela, efectúan la misma operacion en crisoles, y emplean para esto un flujo *oxidante*, cuya composicion hacen variar segun la naturaleza de la materia. (Se usa por ejemplo un flujo que consta de 3 partes de salitre, 2 partes de cremor-tártaro bruto y 1 parte de sal comun). Empiezan por fundir el cobre en un crisol lo mas pronto posible; y luego que está fundido, lo salpican con el citado flujo, lo vuelven a fundir, y lo vacian en un molde. Examinado bien el cobre, si no tiene todavia el color y la maleabilidad del cobre puro, lo vuelven a someter a la misma operacion anterior; y la repiten hasta que se obtenga un boton, que por su aspecto y sus propiedades físicas manifieste la apariencia del metal perfectamente puro. Se entiende que, como en todas aquellas fundiciones, con los metales estraños que se oxidan, se oxida tambien una parte del cobre, y este cobre se halla absorbido por la escoria, los ensayadores tienen cuidado de recojer todas las escorias que provienen de la refinacion de cada ensaye, y las vuelven a fundir con flujo negro en el mismo crisol, a fin de recojer el cobre que se ha perdido, y de añadir este cobre al boton perfectamente refinado. Pero es claro que, si en la primera fundicion con flujo negro (como

sucede en los ensayes por la via seca) ha habido metales estraños que reducidos por este flujo, se han unido con el cobre, lo mismo ha de suceder en la fundicion con flujo negro de las escorias de la refinacion: solo en este caso el aumento del peso (por estos metales) se compensa con las pérdidas del cobre que se verifican en las fundiciones repetidas, principalmente, por lo que se pega a las paredes del crisol; y el resultado no puede ser mas que el resultado de diversos errores e inexactitudes, que pueden dar mucha latitud a la parcialidad y al capricho de los ensayadores.

Agregaremos a esto que todo método de refinacion por la via seca, a mas de ser aproximativo, largo y complicado, tiene el inconveniente de pender enteramente de la rutina, de una práctica larga y laboriosa, que a la simple vista (tan incierta y engañadora) hace opinar si el cobre es puro, o tiene un medio, uno o dos por ciento de metales *estraños*.

Via húmeda. Se ensayan las aleaciones por la via húmeda del mismo modo que los minerales, ejes o cualesquiera productos artificiales que pertenecen a la primera o la tercera clase.

Así, cuando las aleaciones de cobre no contienen otro metal mas que hierro, se aplica a ellas el método que hemos descrito para las materias de primera clase (p. 135). Este método es tambien el único aplicable a las aleaciones de cobre con niquel.

Si la aleacion es plomisa, se ensaya como los minerales o ejes de la tercera clase que contienen plomo, sin antimonio ni arsénico (p. 146).

Si las aleaciones contienen antimonio o arsénico, se ensayan como las materias de la tercera clase antimoniales o arsenicales (p. 147).

En fin, para completar lo qne se refiere a este artículo no será sin provecho añadir algo sobre el ensaye de algunas aleaciones en cuya composicion entran el estaño y el zinc, como son diversos bronces y latones que se usan para la fabricacion de cañones, de campanas etc.

Aleaciones de cobre y estaño.

Cuando la elacion o cualquier otro producto mineral o artificial contiene estaño, es preciso disolverlos en agua rejia, añadir agua y un esceso de amoniaco; en seguida se filtra y se lava el precipitado con agua a la que se añado un poco de

amoniaco hasta que el agua del lavado cese de tomar color azul. Estando entonces disuelto en el amoniaco el cobre, se hace hervir la disolucion para espeler el amoniaco, se sobresatura el licor con el ácido muriático o sulfúrico, y se precipita el cobre por el hierro del mismo modo que en los ensayes ordinarios. La única dificultad que ocurre en este caso es que en la filtracion del licor armoniacal pasan las aguas turbias que arrastran consigo unas partículas blancas de óxido estáñico que atraviesan el filtro. Se ha notado que este inconveniente no existe cuando la aleacion contiene a un tiempo estaño y algo de plomo: por esta razon, si se sabe, o se advierte en el curso de la operacion, que la aleacion no contiene plomo, es indispensable, segun Pelouze, añadir a la primera disolucion, antes de agregar el amoniaco, uno o dos decigramos de plomo disueltos en el ácido nítrico.

Tenemos sin embargo que advertir que el cobre, que por este método se obtiene no es puro, sino cuando la sustancia sometida al ensaye no tiene arsénico.

Cobre con plata.

Si la aleacion o cualquier otro producto mineral o artificial contiene plata, queda este metal en el resíduo, siempre que se ataca la sustancia sometida al ensaye por el agua rejia, o bien cuando se añaden algunas gotas de ácido clorhídrico a una disolucion nítrica. Es necesario, en tal caso, filtrar el licor antes de emplear el amoniaco.

Cobre con mercurio.

Si la aleacion o cualquiera materia que se ensaye contiene mercurio, ningun método por la via húmeda es aplicable.

§ 6.º ENSAYES POR MEDIO DE LA DISOLUCION DE SULFURO DE SODIO.

Este método se puede emplear para ensayar los mas productos cobrisos, ya sea minerales ya artificiales, pertenecientes a las cuatro clases de materias. Ha sido inventado por Pelouze en 1848, y se halla actualmente adoptado en el laboratorio de la Moneda de Paris y en las mas oficinas de ensayadores en Francia.

Hé aquí en qué consiste este método:

"Se pesa 1 gramo de la sustancia propuesta, se la disuelve en un ácido, o en el agua réjia si es un mineral; se calienta

para desalojar la mayor parte del ácido y despues de enfriada por algunos instantes la disolucion, se vierte en ella un grande exceso de amoniáco mediante el cual se disuelve el óxido de cobre y se obtiene un líquido azul, notable por su gran poder colorante. Se vierte en este, poco a poco, una disolucion *normal* (es decir de grado de saturacion conocido) de súlfuro de sodio, contenido en una bureta graduada, con lo cual se precipita el cobre en estado de un oxisúlfuro de cobre de la fórmula Cu O 5 Cu S. Operando con precaucion, puede apreciarse exactamente el momento en que todo el cobre se ha precipitado, lo que se verifica cuando el líquido pierde su color. Es fácil calcular la cantidad de cobre que se ha precipitado, por el volúmen de la disolucion *normal* de súlfuro de sodio que ha sido preciso emplear, suponiendo sin embargo que no existen en el líquido otras sustancias que pueden precipitarse por el súlfuro alcalino."

"Para preparar la disolucion *normal* de súlfuro de sodio "(es decir para tener determinado çuanto súlfuro hai en cada division de la bureta graduada)," se disuelve 1 gramo de cobre puro en 5 o 6 gramos de ácido nítrico; se agrega al líquido 50 gramos de una disolucion concentrada de amoniaco, y se calienta el todo suavemente para disolver la totalidad del precipitado. Se vierte en seguida en este líquido, la disolucion de súlfuro de sodio, cuyo volúmen inicial es dado por las divisiones de la bureta. Cuando el color que presenta el líquido queda mui claro, se ajita repetidas veces el matraz, se deja en reposo por algunos instantes y se continúa despues, echando el súlfuro de sodio gota por gota, a fin de poder observar con precision el momento en que desaparece el color del líquido. Anótase entonces el volúmen de la disolucion vertida, que será dado por la division correspondiente de la bureta. Supongamos que este volúmen sea de 137.5 divisiones; diremos, pues, que 137.5 de la disolucion de súlfuro de sodio corresponden a 1gr,000 de cobre metálico. Por consiguiente, si para obtener la descoloracionde un líquido cobrizo amoniacal "(que contiene el gramo de la materia que ensayamos)" ha sido preciso echar 97.5 divisiones de la misma disolucion de súlfuro de sodio, se deducirá que esta disolucion amoniacal contiene

$\frac{97.5}{137.5}$ 1gr,000 de cobre metálico."

Do este modo en términos jenerales describe Regnault lo mas esencial del método inventado por Pelouze, en su *Curso jeneral de química* (t. 3, p. 287). Entremos ahora en los pormenores de la operacion cuyo conocimiento es indispensable al ensayador.

Disolucion normal.

Emplea Pelouse para la preparacion de la disolucion *normal* súlfuro de sodio conocido en el comercio de los productos químico, bajo el nombre de hidrosulfato de sosa cristalizado, material bastante barato; o bien, por falta de este material, el ensayador puede prepararlo saturando con una corriente de hidrójeno sulfurado una lejía concentrada de sosa ordinaria, y purificarlo volviendo a disolver la masa cuajada y cristalizándola por métodos conocidos. Para que el licor no sea demasiado débil ni demasiado concentrado se disuelve, por ejemplo, 60 gramos de súlfuro en cada litro de agua, se filtra el licor si ha quedado algun resíduo y se guarda en una botella tapada con una tapa de vidrio esmerillada. Se sabe que las disoluciones de súlfuros alcalinos se descomponen, poco a poco, estando aun guardadas sin contacto del aire, y se forman hiposúlfitos. Esta descomposicion no influje en la exactitud del ensaye, pues el hiposúlfito alcalino, segun lo ha demostrado Pelouze, no ejerce accion alguna sobre el óxido de cobre en presencia del amoniaco.

Sin embargo, debilitándose la disolucion normal con el tiempo, es indispensable preceder siempre los ensayes que se hacen por el ensaye de cobre puro. Tampoco conviene guardar por mucho tiempo la disolucion normal, porque al cabo de algunos meses, la cantidad de licor que se necesita para precipitar un gramo de cobre seria demasiado grande y los cambios de color azul en las disolucciones amoniacales menos sensibles.

Disolucion décima.

A mas de la disolucion *normal* se emplea tambien, en estos ensayes, del mismo modo que en los ensayes por la via húmeda de plata, disolucion *décima*, es decir, una que tiene diez veces menos de súlfuro que la primera. Para esto, si para la disolucion normal disolvemos 60 gramos de súlfuro en un litro de agua, disolveremos para la *décima* 6 gramos del mismo súlfuro en la misma cantidad de agua; o bien estenderemos la disolucion normal con una cantidad de agua tal que cada diez divisiones de la bureta llena de esta última disolucion precipi-

ten tanto cobre como una division de la disolucion normal. Esta disolucion décima se emplea cnando el licor amoniacal azul queda con mui poco color y se quiere apreciar con mayor exactitud el momento en que pierda su color enteramente. De este modo se obtienen las decimales de las divisiones de disolucion normal, que por lo comun corresponden a las milsimas de la lei, y se evita que se agregue por inadvertencia un exceso demaciado notable de sulfuro alcalino.

Disolucion amoniacal: décima cobriza.

En el caso sin embargo de ocurrir este último defecto, se puede aproximar el resultado, añadiendo por gotas al licor descolorido una disolucion amoniacal *décima* de cobre, tal que cada division o cada dos divisiones de la bureta correspondan a un milígramo de cobre, y se vierte esta disolucion hasta que el licor vuelva a presentar un lijero indicio de color azulejo.

Es de advertir que la disolucion *décima* de súlfuro alcalino se deteriora mas pronto que la disolucion *normal:* de manera que es menester preparar aquella mediante esta cada vez que se ensaya la disolucion normal y que se quiere obtener resultados mas seguros.

Utiles empleados.

Empléanse para estos ensayes: 1.° una bureta dividida en centímetros cúbicos y cada centímetro en diez divisiones; 2.° una pipeta de 8 a 10 grs. para tomar e introducir en el ensaye esta cantidad de ácido nítrico; 3.° una pipeta de 40 o 50 gr para el amoniaco; 4.° unos matraces de vidrio blanco en que se hacen los ensayes.

Cobre puro.

Importa mucho que el cobre empleado para el ensaye de la disolucion normal sea puro, pues de esto en gran parte pende la exactitud de todos los ensayes que se hacen por medio de esta disolucion. Pelouze aconseja emplear las placas que se preparan por método galvano plástico para el daguerreotipo. Por falta de ellas seria menester disolver el cobre mas puro que se encuentra en el comercio, en el agua rejia, precipitar el metal disuelto por una barra de hierro, lavar bien el precipitado, secarlo y fundir en un crisol de greda con un poco de borax vitrificado.

Precauciones.

Empléase el ácido nítrico para las aleaciones y el agua regla para los minerales. Atacada bien la sustancia se añade primero un poco de agua, en seguida el amoniaco y si la parte insoluble es abundante y ferrujinosa conviene filtrar. Se lava en tal caso

con agua y un poco de amoniaco hasta que el agua del lavado pase sin color. Se reconcentran las aguas del lavado para que no aumenten demasiadamente el volúmen de la disolucion y se añaden a esta última.

Esceptuando el indicado caso, seria inútil la filtracion, pues en los mas casos las materias insolubles, como la sílice, la alumina, los óxidos de plomo, de antimonio etc. no impiden que se aprecie con exactitud el momento en que la disoluccion ha perdido completamente su color.

Si en la materia que se ensaya hai estaño, este metal queda en suspension en el amoniaco en estado de ácido estáñico; el licor no se aclara sino mui lentamente y no se puede reconocer bien el término en que desaparece su color. En tal caso se ha de añadir una pequeña cantidad de plomo, por ejemplo, 1 a 2 decígramos de este metal disuelto en ácido nítrico, antes de echar amoniaco. Por este medio el ácido estáñico se reune con mayor facilidad en el fondo del matraz, combinado probablemente con el óxido de plomo.

Siempre que la materia sometida al ensaye contiene hierro metálico o bien hierro oxidulado, importa mucho que en el acto de atacar esta materia por el ácido se peroxide bien el hierro y no quede nada de este metal al estado de protóxido, porque el protóxido de hierro en presencia de amoniaco haria pasar el óxido de cobre al estado de subóxido, y en seguida el cobre precipitaria en estado de subsúlfuro Cu^2S en cuya formacion se gastaria la mitad de súlfuro alcalino que necesita el súlfuro CuS.

Precauciones que se toman en las precipitaciones.

Es todo lo que se puede decir con relacion a las primeras operaciones, es decir, a la accion de los ácidos y del amoniaco. Llegando ahora al acto de precipitar el cobre por la disolucion normal, Pelouze aconseja calentar el licor amoniacal hasta el punto de la ebulicion y no se debe agregar la disolucion normal sino durante la ebulicion.

Se añade amoniaco a medida que se gasta durante la ebulicion y se ajita el licor cada vez que se añade nueva dósis de súlfuro alcalino; se deja despues por un corto rato el licor para que se asiente el precipitado, y se juzga por la intensidad del color cuantas divisiones mas de disolucion de súlfuro pueden añadirse sin temor de echar un exceso. Se procede de este mo-

do, minorando al fin las dosis que se vierten de disolucion *normal*, y no se debe emplear la disolucion *débil* o décima, sino cuando no queda mas que restos de color azulejo mui débil.

Dificultades y causas de error. En este último período de las operaciones ocurre la mayor dificultad y se exije mayor destreza de parte del ensayador. Mantenido siempre en ebulicion el licor y ajitándolo, no es fácil apreciar su color: es necesario pues esperar suficientemente que se asiente el precipitado. Pero si se deja por mucho tiempo enfriar el licor descolorido, no tarda en volver a tomar un color azulejo que aumenta por grados, a causa del óxido de cobre que se disuelve en el amoniaco. Por esta razon los ensayes de esta naturaleza exijen, segun parece, un tiempo que no se debe prolongar sino lo mui necesario para que el licor se aclare; y principiada la precipitacion por el súlfuro alcalino se ha de proseguir el ensaye sin interrupcion hasta qne se obtenga el resultado.

Influjo de la temperatura. Pero a esto debemos agregar otro hecho señalado por Rose en su química analítica (1851 t. 2 p. 197). Si la precipitacion por el súlfuro alcalino se opera a la temperatura ordinaria, precipita el súlfuro y no el oxisúlfuro de cobre. Si la misma disolucion de súlfuro alcalino se vierte en el licor amonical, en ebulicion, manteniendo su temperatura entre 75° y 80° c, precipita el oxisúlfuro señalado por Pelouze compuesto de 5 CuS+CuO. Pero si se prolonga la ebullicion de este último con el licor cobrizo amoniacal, puede todavia el súlfuro de cobre CuS unirse con mayor cantidad de óxido de cobre, y, al propio tiempo, puede tambien una parte de óxido de cobre trasformarse en óxidulo Cu^2O que se disuelve en el amoniaco, formando una disolucion sin color. *Es pues necesario que durante toda la operacion la temperatura del licor cobrizo se mantenga entre ciertos límites: es decir, que no baje de* 50° *ni suba a mas de* 75° *a* 80° *c.*

Influjo de materias ferrujinosas. Es tambien de advertir que cuando la materia que se ensaya es mui ferrujinosa y tenemos que filtrar el licor amoniacal para librarnos del precipitado de hidrato de hierro, que nos haria difícil el apreciar la descoloracion del licor, se pierde una cantidad notable de cobre en este mismo precipitado de hidrato de hierro, del cual es imposible separar completamente el óxido de cobre por el amoniaco.

A pesar de lo espuesto, se puede, segun Pelouze obtener con facilidad por este método resultados bastantes exactos, sin que el error pase de 5 a 6 milésimos, y se puede reducir este último a 2 o 3 milésimos, empleando al fin de la operacion disoluciones mas débiles que la *norinal*. (Comples rendus de l'academie t. XXII núm. 5. 1846). *Grado de exactitud.*

Por otra parte es fácil probar que a la temperatura de ebullicion el estaño, el plomo, el hierro, el zinc, el cadmio y el antimonio no pueden obrar sobre el súlfuro de sodio sino despues de cobre. Pelouze ha hecho ver que, si se hace calentar por algun rato los súlfuros de los mencionados metales, por ejemplo el súlfuro de zinc con nitrato de cobre amoniacal, la disolucion pierde su color, el çobre precipita al estado de súlfuro y el zinc se disuelve:'' lo que prueba con la evidencia que la presencia de este metal no influye en la exactitud del ensaye.

Antes bien la presencia del zinc puede ser útil, pues al momento de acabar la precipitacion del cobre principia la de súlfuro de zinc, cuyo precipitado, que es tan fácil de conocer por su color blanco, nos hace advertir que la operacion está concluida.

En todo caso este método no es aplicable al ensaye de las materias que continen cobalto, niquel, o mercurio; y si tienen plata es indispensable separar esta última por medio de ácido clorhídrico y filtrar la disolucion antes de agregar el amoniaco. *En qué caso es inaplicable el método.*

En cuanto al arsénico, a pesar de que el mismo inventor nos deja en duda acerca el influjo que este cuerpo puede ejercer sobre el ensaye, parece averiguado que en tal caso los resultados, aunque menos exactos que en los casos anteriores, poco se diferencian de lo que se obtiene por medio de otros métodos no menos imperfectos y mucho mas largos que este. *Arsénico.*

Se puede aun obtener resultados mas seguros si a la disolucion cobriza, antes de agregar amoniaco, se añade sulfato de magnesia, como se aconseja mas adelante, tratando del método de Parques (p. 165). En efecto, hallándose por lo comun en las materias arsenicales de cobre algo de hierro, se forma arseniato de hierro que es algo soluble en el amoniaco, y puede producir con el súlfuro de potasio, precipitado parecido al precipitado de cobre, y en tal caso el ensaye nos dará una lei demasiado exajerada. Añadiendo sal de magnesia, queda todo

el arsénico al estado de arseniato de magnesia en el precipitado, con todo el peroxido de hierro. Separado este precipitado por filtracion, procederemos a la precipitacion del cobre por medio del licor normal de súlfuro de potasio como en los casos ordinarios, hasta que el precipitado negro cese enteramente de producirse.

Resumen de las reglas que deben observarse en esta clase de ensayes:—Habiendo algunas contradicciones, como se acaba de ver, entre las reglas que prescribe para este método su inventor y lo que queda averiguado por Rose y otros químicos que han tratado esta materia, no será demas hacer aqui un resumen de las reglas que, segun parece, aseguran del modo mas positivo la exactitud en estos ensayes. Estas reglas son las siguientes:

1.° Se harán siempre ensayes comparativos, uno sobre 1 gramo o medio gramo de cobre puro y otro sobre uno o dos gramos de materia que se quiera ensayar, empleando para esto las mas veces agua rejia para tener el hierro peroxidado; 2.° Se añade a cada ensaye una pipeta de 100 gramos de agua fria, y si la materia tiene arsénico, algo de sulfato de magnesia, a esto se agrega 40 a 50 gramos de amoniaco y se calienta suavemente por un cuarto de hora, para que mejor se disuelva el óxido de cobre y se asiente el precipitado. Fíltrese, si este ultimo es mui ferrujinoso y considerable y se lo lava con agua amoniacal. 3.° Estiéndase el licor (o bien, en caso de haberse prolongado demasiado el lavado, se reconcentran las aguas de lavado), de manera que el ensaye contenga unos 200, cuando mas 250 gramos ($\frac{1}{4}$ de litro) de agua; y se hace calentar el licor hasta que adquiera como 70 ° c. de temperatura. En este momento se vierte la disolucion normal de súlfuro de potasio por partes; ajítase el licor, teniendo cuidado de asegurarse por medio del termómetro que durante la pricipitacion no baja la temperatura de este licor a mas de 50 ° ni sube mas que 70 ° cent. 5.° Cuando en el licor no queda mas que indicio de color azulejo, se concluye la precipitacion con una disolucion de súlfuro, *débil*, (que sea por ejemplo 5 veces mas débil que la enterior) y *no se tendrá por concluido el ensaye sino cuando al agregar la última dosis de esta disolucion, no aparece mas indicio de precipitado negro.*

Adviértese que, debiendo la temperatura del licor, durante toda la precipitacion, mantenerse entre 50 ° y 70 ° cent, no se debe al principio esperar que el licor entre en ebullicion; pues que, hallándose este licor todavia cargado de óxido de cobre, su temperatura puede al principio subir a mas de 80 grados. Mas tarde, cuando el licor no conserva sino restos de su color azulejo, puede el líquido mantenerse con ebullicion sin que su temperatura suba demaciadamente, y entonces aun el precipitado se reune con mayor facilidad y el licor se aclara prontamente. En ningun caso se debe interrumpir la operacion ni prolongar la precipitacion por mucho tiempo.

§ 7. OTROS PROCEDIMIENTOS POR LA VIA HUMEDA: METODOS COLORIMETRICOS.

1. *Método de Parkes.*

Este método se halla fundado en la propiedad que tiene toda disolucion amoniacal de cobre de perder su color enteramente por la adicion suficiente de un protocianuro alcalino y de ácido hidrociánico libre. Se prefiere para esto el cianuro de potasio KCy por ser ménos fácil de descomponerse y por que es mas fácil hallarlo en comercio, en estado de pureza.

El procedimiento, como está descrito en el "Diario de Minas" por Parkes y en los mismos términos reproducido en "El Mamual de Ensayes (1854)" por Mitchell, es el siguiente:

"Tómese cierta cantidad de cobre puro (por ejemplo, 10 gramos) y habiéndolo disuelto en el ácido nítrico, en un frasco, se vierte amoniaco en exceso y se añade agua en cantidad determinada de manera que el todo pese unos 2,500 gramos medidos al volúmen ($\frac{1}{3}$ de una pinta, poco mas o menos): aunque esta condicion no es absolutamente necesaria. Disuélvese 1 onza (avoirdupois) de puro cianuro de potasio enteramente libre de ferrocianuro y de súlfuro de potasa, en 5 onzas, medidas al volúmen, de agua; se filtra el licor y se guarda en una botella bien tapada para el uso. Principio por averiguar qué cantidad de esta disolucion de cianuro se necesita para quitar el color a la disolucion de cobre, tomando de aquella cierta

cantidad en un tubo graduado como una bureta y vertiéndola gradualmente en la disolucion de cobre hasta que esta quede enteramente descolorida. Se han de añadir las últimas cantidades de licor cianurico gota por gota y se debe parar la operacion en el instante en que el último indicio de color azulejo desaparece: lo que es fácil notar, pues no se forma precipitado alguno que pudiera enturbiar el licor y se procede a la temperatura ordinaria. Apunto la cantidad que se ha empleado en esta operacion de licor cianúrico: cantidad que se determina al volúmen por el número de divisiones de la bureta. Supóngase que esta cantidad corresponde a 500 granos: adquirido este dato, mui fácil es determinar la cantidad de cobre contenido en un mineral de cobre, o en algun producto metalúrjico, disolviendo cierta cantidad (por ejemplo 20 granos) de materia que se quiere ensayar, en ácido nítrico o agua rejia, y activando la accion de los ácidos por medio de calor si hai necesidad, como por ejemplo para ensayar algunos súlfuros. Añádese en seguida amoniaco en exceso y en caso de hallarse en el ensaye cantidad considerable de hierro o alumina, es necesario hacer dijerir el precipitado en el licor amoniacal, calentándolo hasta la ebullicion, para adquirir la seguridad de que todo el cobre se ha disuelto en el amoniaco. A esta disolucion, despues de haberle filtrado y haber lavado el filtre, se agrega agua, en tal cantidad, que el licor diluido tenga poco mas o menos el mismo volumen (2500 granos) que el de la disolucion de cobre puro que hemos tomado por *tipo* o punto de comparacion. No queda entonces por hacer mas que dejar la disolucion en el frasco hasta que se enfrie y agregar cianuro de potasio hasta que pierda todo su color, apuntando la cantidad empleada de este reactivo y procediendo del mismo modo como se ha dicho para el ensaye del cobre puro. Voi a suponer que, para quitar todo el color a la disolucion de la materia cobriza que hemos ensayado, se gastaron 400 granos, medidos al volúmen de disolucion cianúrica; en tal caso formaremos esta proporcion.

500 grs. KCy : 10 Cu : : 400 KCy : 8 Cu.

Es decir ha habido 8 grs de cobre en los 20 grs de materia que se ha ensayado, y por consiguiente, la *lei*, en cobre de esta materia es 40 por ciento.

"Si es un súlfuro lo que se ensaya, es a veces bueno filtrar el licor antes de agregar amoniaco, para separar el azufre; o bien se ha de emplear en tal caso disolucion de amoniaco mui débil y se hará calentar suavemente el licor: pues sin esta precaucion, una pequeña cantidad de cobre puede volver a pasar al estado de súlfuro, particularmente si el precipitado producido por el amoniaco es algo voluminoso.

"Cuando el mineral contiene manganesa, lo que es fácil reconocer en un ensaye preliminar al soplete, es mejor emplear para formar disolucion amoniacal, carbonato de amoniaco, en lugar de amoniaco puro, por ser el carbonato de manganesa mui poco soluble en el exceso de carbonato de amoniaco. La razon de esta modificacion que propongo es que, si la disolucion amoniacal contiene manganesa, esta toma al fin de la operacion un lijero viso amarillento que pudiera algo influir en la determinacion de los últimos centésimos de cobre.

"La misma observacion se puede aplicar a la presencia del arsénico, que si este cuerpo se halla con hierro en la materia que ensayamos, el ácido nítrico los convierte en arseniato de hierro que es soluble en el amoniaco. He evitado este inconveniente agregando a la disolucion nítrica o nitro-muriática de la materia que encayamos, algo de protosal de estaño o bien sulfato de magnesia: por este medio el arsénico queda sin disolverse al agregar amoniaco."

Ventajas del método.

Este método lleva, sin duda una gran ventaja al anterior, y es que la temperatura no ejerce influjo alguno sobre sus resultados: se opera por consiguiente a la temperatura ordinaria sin necesidad de calentar las disoluciones. Otra ventaja no menos importante es que, en los ensayes de Parkes, no se forma durante la operacion precipitado alguno que pudiera modificar el color de la disolucion, interponiéndose entre sus partículas.

Defectos del metodo.

Pero este método es defectuoso cuando la materia que se ensaya contiene zinc o manganesa; y como los minerales de cobre, sobre todo los de la tercera clase, contienen en sus criaderos blenda o calamina, o bien espato perlado manganesiano, se cometen en estos casos errores e inexactitudes inevitables. Tampoco podria aplicarse este método a las materias que contienen cobalto o niquel. A mas de esto, aparece por lo comun al fin de la operacion, antes que el licor amoniacal

pierda enteramente su color, algun viso débil, verdoso, amarillento o algo rojizo, que causa dudas acerca de las últimas adiciones de cianuro; y en todo caso, mas fácil es percibir el mas leve indicio de precipitado negro que produce la disolucion de súlfuro de potasio, por el método de Pelouze, que apreciar los últimos restos del colorido que puede poseer todavia la disolucion amoniacal debidos al último centígramo o centígramo y medio de cobre, operando por el método de Parkes. Por esta razon, me parece, que si observamos las reglas arriba indicadas (p 162), el método de Pelouze presenta reacciones mas visibles y seguras que este último.

Sin embargo, los ensayadores pueden emplear con mucha ventaja el método de Parkes en Chile para ensayar los minerales de cobre casi de todas las minas de la costa (p. 123) cuyos criaderos son por lo comun inatacables por los ácidos y mui rara vez contienen algo de calumina o blenda. Estas minas son las mas abundantes en minerales y por esto los ensayes de esta naturaleza son los que se presentan mas a menudo en las oficinas de ensayes. Para los demas casos tambien podria ser mui útil este método para ensayar el cobre que se obtiene en los ensayes por la via seca o por la via húmeda; se procederia en estos últimos del modo mas pronto, como si la materia fuera de 2.ª clase (p. 139), aunque hubiese en ella plomo, arsénico o antimonio, y se someteria el cobre precipitado por el hierro, cobre impuro, a una especie de refinacion por el método de Parkes que acabo de describir. Siendo este ensaye final o definitivo mui corto, que no toma por lo comun mas de una media hora, se harian de este modo los ensayes de las materias de la 3.ª y de la 4.ª clase de un modo mas lijero, y tal vez mas seguros, que por el método indicado en las pájinas 147 y 148 y no se temeria el influjo de zinc ni de manganesa, quedando estos metales en el licor de donde se ha precipitado el cobre por el hierro.

2.° *Determinacion del cobre por la coloracion que se da a una disolucion amoniacal.*

Varios químicos han propuesto determinar el cobre comparando las coloraciones azules que presentan las disoluciones amoniacales.

Método de le Play. Prepáranse en una série de frascos de la misma forma y capacidad licores amoniacales que contienen diversas contidades de cobre, crecientes en una cierta progresion. Se toma en seguida 1 gramo de materia que se quiera ensayar y se obtiene de ella, por medios de que se ha dicho anteriormente, un licor amoniacal, en el cual tendremos todo el cobre de la materia ensayada. Se vierte este licor en un frasco idéntico a los anteriores y se le añade agua de manera que el licor tenga el mismo volúmen que los licores contenidos en los primeros. Se observa entonces entre qué frascos de la serie que hemos adoptado para comparaciones se puede colocar la disolucion amoniacal del ensaye, en cuanto al grado de intensidad de su color, y de este modo se obtienen dos límites bastante aproximados, entre los cuales se hallará comprendida la cantidad de cobre que se quiere valuar.

De este modo, con mucha exactitud y rapidez determinó le Play la *lei* en cobre de un gran número de escorias cobrizas.

Segun Rivot, profesor de docimasia del colejio de minas de Paris, este procedimiento colorimétrico es el único que se puede emplear para los minerales mui pobres, para escorias, y en jeneral para todas las materias que contienen cantidad de cobre mui pequeña.

Método de Jacquelain. El principio fundamental de este método consiste en saber determinar el volúmen que se debe dar a la disolucion amoniacal, preparada por medio de un peso determinado de la sustancia que se ensaya, para que esta disolucion tome la misma *coloracion*, es decir, el mismo grado de color azul, que tiene un licor amoniacal *tipo* (adoptado por punto de comparacion) cuyo volúmen y contenido de cobre se conocen. Los dos licores se tienen en los tubos de igual diámetro: el del licor *typo*, se guarda cerrado en la lámpara, mediante lo cual permanece con grado de calor invariable.

El objeto de esta operacion no es solo determinar la lei de cobre de las escorias y materias pobres, sino tambien la de las aleaciones, de los minerales y productos metalúrjicos.

En estos casos los licores toman colores mui intensos y no es siempre fácil igualar la coloracion de los dos licores. Las diferencias que corresponden a pequeñas cantidades de cobre (por ejemplo, a algunos miligramos, cuando se opera sobre 2 gramos

de una materia rica) son tan débiles, que se exije una larga práctica para apreciarlas.

No se deberia tampoco desconocer el influjo que ejerce sobre licores amoniacales de cobre la naturaleza y la proporcion de las sales en disolucion: estas dos circunstancias son variables cuando se aplica el método de Jacquelain a sustancias diferentes (a).

Conclusion relativa a la eleccion de los métodos.

De la descripcion de tantos y tan variados métodos que se emplean o se han propuesto para ensayar las materias cobrizas podemos sacar por consecuencia lo siguiente:

1.° Ningun ensaye de cobre por la via seca puede dar resultados tan seguros como los ensayes por la via húmeda; y si esceptuamos los ensayes por ejes que en muchos casos pueden ser mui útiles al fundidor de los minerales de cobre, los demas que se hacen por la via seca, son, en jeneral, incómodos y poco exactos.

2.° Para las materias de 1.ª y 2.ª clase, como tambien para las aleaciones de naturaleza análoga, daremos preferencia a la precipitacion del cobre al estado metálico por el zinc o hierro; o bien al método de Pelouze por el súlfuro de potasio si no contienen cobalto o niquel Podremos tambien valernos del método de Parkes si no contienen zinc ni manganesa.

3.° Para las materias de 3.ª clase y las aleaciones de igual naturaleza, podrá darse la preferencia al método de Pelouze;—o bien, a la precipitacion del cobre por el hierro o zinc como si la materia fuera de 1.ª o 2.ª clase y a la refinacion de este cobre por el método de Parkes;—en fin, podrá emplearse con ventaja uno de los métodos por la via húmeda, señalados para estas materias en las pájinas 147 y 148; sobre todo si contienen niquel o cobalto.

4.° Para las materias mui pobres, como escorias, servirá el método de Le Play o de Jacquelain; o bien por medio de hidrójeno sulfurado, cuando se quiere recojer las proporciones mas pequeñas de cobre, y determinarlas con exactitud (p. 139).

(a) Anales de Minas, 1854, tomo VI, p. 132.

CAPITULO VII.

PLOMO.

SECCION 1.ª

Resumen de las principales propiedades de plomo, propiedades cuyo conocimiento tiene aplicacion en la docimasia y metalurjia de este metal.

El plomo es blando, maleable, ductil, pero de mui poca tenacidad. Su p. esp. 11.445. Se funde a la temperatura de 334 °, mucho antes de apuntar el calor rojo. Al calor rojo se volatiliza y esparce vapores visibles en el aire: de manera que, fundido en un crisol de brasca, pierde ½ por ciento a la temp. de 50 ° p. y 9 p. % a la de 150 p.; es cristalizable por enfriamiento.

Mantenido en estado de fusion, arde, transformándose en protóxido, y desarrollando vapores que producen una llama blanca pálida: si al mismo tiempo el calor es bastante elevado para derretir el óxido que se forma, este penetra en la masa del metal fundido. En tal caso el plomo que se obtiene es sin lustre, ágrio, se divide en hojas y no vuelve a cobrar sus propiedades sino cuando se vuelve a fundir en contacto de carbon.

Cuando se deja espuesto al aire húmedo y a la accion de vapores ácidos pasa al estado de óxido, y bastan para producir este efecto los ácidos mas débiles como el ácido carbónico. El agua destilada puede aun en este caso hacer las veces de un ácido, a consecuencia de la afinidad que posee con el óxido de plomo. Pero la existencia en el agua de una corta cantidad de sales, señaladamente de sulfato de cal es bastante para que no se verifique la oxidacion y hé aquí la causa de que no se observa semejante efecto en las aguas de nuestros posos y fuentes.

El plomo no descompone el agua a ninguna temperatura, ni en presencia de los ácidos. La accion del ácido clorhídrico sobre este metal, aún cuando el ácido está hirviendo y concentrado es sumamente débil. El ácido sulfúrico concentrado

y a la temperatura de la ebulicion convierte el plomo en sulfato de plomo con desarrollo de ácido sulfuroso. El mejor disolvente para este metal es el ácido nítrico.

El protóxido de cobre se reduce mediante el plomo al estado de subóxido, el que tambien puede reducirse aunque en parte por el mismo metal. El salitre ataca mui pronto el plomo a un calor poco elevado y se forma un compuesto de dos óxidos mui fusible. Los sulfatos neutros ni los carbonatos alcalinos ejercen accion alguna sobre el metal.

El azufre y el arsénico se unen directamente con el plomo, y tambien se alean con él todos los metales; exceptuando el hierro. Con algunos como el cobre, el cobalto, el niquel, las aleaciones no son homojéneas ni tan perfectas como las de plata.

Oxidos. El plomo puede combinarse en tres proporciones distintas con el oxíjeno, formando un subóxido, Pb^20, un protóxido Pb0 y un bióxido $Pb0^2$, siendo el equivalente del metal 1294.5. El óxido que se forma en los procedimientos metalúrjicos es el protóxido, llamado *litargirio* o *masicot*, y a veces el *minio* u *óxido rojo* que consta de protóxido y de bióxido en proporciones variables. El litargirio es una base mui enérjica, tanto por la via seca como por la via húmeda: es mui fusible y forma compuestos mui fusibles. Cuando fundido, corroe los crisoles y tiene la propiedad de atravesar las copelas, arrastrando consigo el óxido de cobre, en proporcion que no pasa de $\frac{1}{45}$ parte del peso de litargirio. Las propiedades de este óxido se hallan descritas en el artículo que trata de los reactivos, paj. 30 y 41. El minio se forma cuando se calienta moderadamente, en contacto del aire protóxido de plomo en polvo fino o masicot.

Las sales son todas de protóxido: las que contienen un ácido sin color son sin color. Las solubles precipitan por los alcalis fijos, pero el precipitado es siempre soluble en el exceso de reactivo. El amoniaco forma tambien en ellas el precipitado, pero no lo disuelve aun cuando se emplea en exceso.—El ácido sulfúrico y los sulfatos producen en sus disoluciones un precipitado blanco en polvo pesado; el ácido muriático y los cloruros, unos precipitados cristalinos solubles en mucha agua; el hidrójeno sulfurado, un precipitado negro insoluble en el

hidrosulfato. Se reducen por el hierro, zinc y en ciertos casos por el estaño.

El súlfuro PbS es la galena:—es mui fusible, pero menos que el plomo: atraviesa los crisoles como el litargirio pero con menos prontitud y sin combinarse con la materia del crisol. Es mas volátil que el plomo, y volatilizándose se descompone: la parte volatilizada es un *persúlfuro* y el residuo que queda un *subsúlfuro*: la prontitud con que pasa al estado de vapor es tal que en una hora, pierde en un crisol de brasca, tapado, 40 p. % de su peso a la temperatura de 50 ° p y 75 p. % a la de 150 ° p. Su volatilizacion se acelera cuando hai corriente de algun gas.—Por la calcinacion en contacto del aire el súlfuro se transforma en una mezcla de óxido y sulfato, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. El ácido nítrico mui débil, o mezclado con cantidad de agua conveniente, disuelve el plomo y puede separar todo el azufre sin acidificarlo; pero cuando es concentrado y se prolonga la ebullicion puede transformar todo el súlfuro en sulfato sin dejar óxido ni ácido en exceso. El ácido elorhídrico concentrado y a la temperatura de la ebulicion, convierte el súlfuro en cloruro, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. A la temperatura de 50 ° p el súlfuro de plomo se descompone por el hierro, el cobre, el zinc y el estaño: en estos casos el plomo se separa con mucha facilidad y completamente por el hierro sin alearse con él; pero no siempre sin mezclarse con una parte del cobre. Los ejes plombiferos que provienen de la fundicion de las galenas contienen por lo comun un *subsúlfuro* que tiene el mismo aspecto que la galena, mezclado con plomo. Los alcalis fijos y los carbonatos alcalinos descomponen la galena por la via seca orijinando plomo puro y una escoria gris mui fusible que contiene sulfato alcalino y un compuesto de súlfuro de plomo y súlfuro alcalino (p. 31). En este caso una parte de alcali se reduce por el azufre que se transforma en ácido sulfúrico y no se produce óxido de plomo. Calentando la galena con carbonato de sosa sin contacto del aire, se obtiene 53 p. % de plomo; mientras que, si se hace la misma operacion en un crisol abierto se obtiene 63 p. % de plomo, y si se mantiene la materia en estado de fusion en una escorificatoria se puede obtener hasta 80 p. % del mismo metal: esto se atribuye a que el óxido de plomo que se

forma por el contacto del aire descompone el súlfuro, aún cuando este último se halla combinado con el súlfuro alcalino. El salitre, empleado en cantidad conveniente, puede quitar todo el azufre a la galena y separar el plomo: 30 p. de carbonato de sosa con 3 p. de salitre producen este efecto sobre 10 p. de galena, y si no se emplea la sosa se ha de emplear doble proporcion de salitre para descomponer completamente el súlfuro. La presencia de carbon facilita mucho estas reacciones: así 1 p. de galena fundida con 4 p. de flujo negro, o de crémor dan casi la totalidad de plomo. Desazúfrase igualmente la galena por la cal o la barita, cáusticas, en presencia del carbon; el peróxido de hierro se reduce por el azufre de la galena, y pasa al estado de oxidulo. El óxido de cobre y la galena fundidos en partes iguales dan cobre rojo puro y escoria roja; si se emplea el óxido en menor cantidad, se forma un súlfuro doble de cobre y de plomo, cuya proporcion es tanto mayor cuanto mayor la proporcion de la galena.

Los mas óxidos metálicos ejercen tambien accion semejante sobre la galena—100 p de litarjirio fundido con 53 a 54 p de galena se convierten, al calor albo, en plomo metálico y todo el azufre se va en estado de ácido sulfuroso. Si la galena se halla en exceso, obtenemos plomo y subsúlfuro de plomo; si predomina el litargirio, tenemos plomo metálico cubierto de litargirio; pero si el litargirio y la galena se calientan solamente a una temperatura apenas suficiente para fundir la mezcla, se forma un oxisúlfuro.

La galena puede combinarse en todas proporciones casi con todos los súlfuros metálicos, pero no tiene afinidad con el súlfuro de zinc.

La galena y el sulfato de plomo se descomponen recíprocamente con desarrollo de ácido sulfuroso: calentando 1 equivalente de sulfato con 1 eq. de súlfuro quedan 2 eq. de plomo:

$$PbO.SO^3 + PbS = 2SO^2 + 2Pb$$

Si se calientan 2 equivalentes de sulfato con un eq. de súlfuro, se obtiene óxido de plomo y plomo metálico:

$$2\,(PbO.SO^3) + PbS = 3SO^2 + 2PbO + Pb$$

Se utilizan éstas dos reacciones en el beneficio de plomo.

El sulfato de plomo es blanco y mui pesado; al calor blanco se ablanda y se funde en un esmalte, despidiendo una corta

cantidad de ácido sulfuroso. Es insoluble en el agua; algo soluble en el ácido nítrico concentrado o cuando hai exceso de ácido sulfúrico; el ácido clorhídrico lo disuelve y descompone. Es soiuble en los alcalis fijos cáusticos y se descompone por los carbonatos alcalinos, tanto por la via seca como por la via húmeda. Calcinado con carbon en exceso, se convierte en subsúlfuro y se volatiliza algo de plomo, cuya pérdida es tanto mayor cuanto mas elevada es la temperatura; pero si se emplea carbon en proporcion solamente necesaria para transformar el ácido sulfúrico en ácido sulfuroso y para reducir el óxido, proporcion que corresponde a 6 p. % de sulfato, se obtiene plomo metálico. Es mui fusible cuando se mezcla con litargirio o con cloruros alcalinos, y tambien es un oxidante enérjico para varios metales por la via seca.

El fosfato se parece mucho por sus caractéres al sulfato, pero no se reduce por el carbon sino con mucha dificultad y a la temperatura de 150° p. Se hace mas fácil y mas completa su reduccion por la presencia del hierro. El flujo negro lo reduce con facilidad y se obtiene plomo puro.

Los arseniuros de plomo son mui fusibles, agrios, de contestura hojosa como la galena; espuestos al calor blanco, retienen mas de 15 por ciento de arsénico. El hierro los descompone completamente, pero no los alteran los carbonatos alcalinos. El litargirio en exceso los descompone, quedando el arsénico al estado de ácido arsenioso en la escoria. El arseniuro y el arseniato se descomponen recíprocamente; volatilizándose el ácido arsenioso.

Los arseniatos y arsenitos de plomo son mui fusibles, no se descomponen por el fuego, pero se reducen al estado de arseniuro, por el carbon o flujo negro empleados en exceso, y al estado metálico si se emplean en pequeña cantidad.

El cloruro de plomo es blanco: necesita a lo menos 33 p de agua en estado de ebullicion para disolverse y mucho mas a la temperatura ordinaria; pero el ácido muriático aumenta mucho su solubilidad—Insoluble en el alcohol de 25°.—Es mui fusible y se volatiliza al calor rojo. Se descompone por los carbonatos alcalinos y sobre todo por el flujo negro.

El carbonato de plomo es blanco, insoluble en el agua. Se convierte por el calor en litarjirio, pero si no se le calienta

bastante para que se funda el litarjirio, toma un color rojo y pasa al estado de minio.

SECCION 2.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.º ESPECIES MINERALES.

Las especies minerales de plomo pueden clasificarse del modo siguiente:

1.ª *clase.*—Minerales oxijenados: los óxidos, el oxicloruro, el carbonato, el sulfato-carbonato, el cloro-carbonato, el aluminato.

2.ª *clase.*—Minerales sulfurados, seleniados y telurados: el súlfuro simple (galena,) los súlfuros dobles, los polisúlfuros, el sulfato, los seleniuros y los teluros.

3.ª *clase.*—Minerales fosforados y arseniados: los cloro-fosfatos, los cloro-arseniatos. el arseniuro.

4.ª *clase.*—Minerales de ácidos metálicos: los cromatos, el tungstato, el molibdato, el vanadiato.

Los óxidos de plomo, el protóxido y el minio son mui raros, acompañan al carbonato de plomo de cuya descomposicion provienen, y se parecen al litargirio y al minio artificiales.

El oxicloruro tambien es raro: tiene un color amarillo de paja; es frájil; se disuelve en ácido muriático con una lijera efervescencia.

El carbonato es bastante comun, y constituye los verdaderos minerales, que se benefician por plomo. Las mas veces está

acompañado con la galena. Ordinariamente es blanco, trasparente, de un lustre de diamante; cristaliza en prismas tetraedros o en agujas—su p. es 6,72 a 7,24. Algunas veces tiene un color negro tanto en la superficie como en el interior del mineral. Al soplete, chisporrotea, se pone amarillo, y se trasustancia en protóxido, fundiéndose con mucha facilidad.

Su composicion—óxido de plomo 0,835—(plomo 0,775)
ácido carbónico 0,165

1,000

Muchas veces está acompañado con el óxido de zinc. Esta especie mineral se halla abundante en las mas minas de plomo en Chile, y siempre en la parte superior de las vetas. Sus compañeros en este pais son el arseniato de plomo, el carbonato azul de cobre, a veces el carbonato verde de cobre, el molibdato, la calamina, etc.: en cuanto a su lei en plata, véanse los minerales de plata, en el capítulo siguiente.

Los sulfato-carbonatos.— son mui raros; cristalizan en prismas o en agujas, tienen brillo de diamante; sin color, trasparentes.

El cloro-carbonato tambien mui raro, se parece a las especies anteriores, es blando, se deja cortar con el cuchillo.

El aluminato o plomo agomado se parece mucho a la goma; no se encuentra cristalizado. Al soplete se hincha, hierve, pero no se funde completamente: con el nitrato de cobalto toma el color azul.—Es raro.

Galena o súlfuro de plomo (*soroche-plomo de bala*).—Es el mineral de plomo mas abundante en la naturaleza: se reconoce por su lustre metálico, que es de un gris de plomo un poco azulado: su forma cristalina deriva del cubo: su estructura las mas veces hojosa y mui rara vez compacta o granuda; las hojas se cruzan comunmente en tres direcciones formando ángulos rectos. Tiene poca dureza, y es mui frájil. Su p. esp. 7,2 a 7,78. Al soplete, sobre carbon, se funde poco a poco, transformándose en plomo metálico, y desarrollando ácido sulfuroso. En el tubo abierto, despide azufre, y da un sublimado blanco de sulfato de plomo. Cuando tiene selénio o arsénico, produce al fin de la calcinacion un sublimado de color lacre, que es selénio en el primer caso, y rejalgar o súlfuro de arsénico en

el segundo. Se ataca mui fácilmente por el ácido nítrico aun débil y a la temperatura ordinaria: no se corroe por el ácido muriático débil; pero es atacable completamente por este ácido concentrado e hirviendo, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. Mui rara vez se encuentra puro; casi siempre contiene un poco de súlfuro de antimonio, de súlfuro de plata y algunas veces plata metálica. Se halla comunmente acompañado con la pirita comun, la pirita de cobre y sobre todo la blenda.

Su composicion es—plomo 0,8655 / azufre 0,1345 } 1,000

Para los demas caractéres de la galena véanse las propiedades del súlfuro de plomo (paj.171).

Súlfuros dobles. El súlfuro de plomo se encuentra combinado en varias proporciones con el súlfuro de antimonio. Estos minerales cristalizan en prismas, y tienen comunmente la estructura fibrosa, que se parece a la del súlfuro de antimonio: muchas veces contienen una proporcion considerable de plata. —Son mas fáciles de atacar por el ácido muriático que la galena pura.

Sulfato: es raro, tiene color blanco un poco amarillento, o bien color gris; su lustre es de diamante; cristaliza en octaedros rectángulos; al soplete chisporrotea, y se funde: en la llama interior se reduce con efervescencia a un glóbulo metálico.

Los seleniuros son mui escasos en la naturaleza: se reconocen por el sublimado lacre que dan en un tubo abierto, y el olor de rábanos podridos que despiden al soplete. El *seleniuro* puro se parece mucho a la galena; produce poco sublimado de selénio en un tubo abierto, y da color azul a la llama.

El telururo es de un blanco de estaño mui brillante; al soplete sobre carbon, da un color azul a la llama; en un tubo abierto produce un sublimado blanco fusible en gotas.

El cloro-fosfato no es raro; a veces no tiene ningun color, por lo comun amarillo, amarillo verdoso o bien de un verde claro; tiene mucho lustre. Al soplete se funde en una esferilla, que cristaliza al enfriarse. Es soluble en el ácido nítrico, y se descompone fácilmente por el ácido muriático y los carbonatos alcalinos.

El cloro-arseniato se parece mucho al cloro-fosfato: las mas veces tiene un color amarillo de cera. Al soplete sobre el

carbon, se funde con alguna dificultad, y se reduce a una esferilla de plomo con desarrollo de humo arsenical: cuando contiene fosfato de plomo, este no se reduce; a la llama esterior se funde fácilmente, y enfriándose cristaliza. Se halla mui a menudo en las minas de Chile, pero nunca cristalizado.

El cromato rojo (plomo rojo) se ha encontrado solo en Siberia. Es de color rojo de jacinto, lustre de diamante: es trasparente o trasluciente; su polvo es de un amarillo de limón, fractura hojosa. Al soplete da el color verde al vidrio de borax. Con la sosa produce plomo.

El cromato verde se parece por sus propiedades al anterior, con la diferencia de que contiene 10 a 11 por ciento de colire, y es de color verde.

El vanadiato o plomo pardo ha sido descubierto por del Rio en las minas de Zimapan en Méjico; y segun este sábio, es de color pardo de clavo claro u obscuro, a veces gris amarillento y ceniciento; en masas y en prismas exágonos, corvos y agrupados paralelamente al eje o de otros modos, por fuera lisos; de lustre entre nácar y diamante. Estructura de grano pequeño y fino, fractura desigual, caras de separacion lustrosas; de trasluciente en los bordes a trasluciente; quebradizo. Al soplete sobre carbon se funde fácilmente con efervescencia, dando olor de ajo, y se reduce a globulitos de lustre metálico; pero no se cuaja en vidrio poliedro como el fosfato: con la sal de fósforo o con el borax da vidrio verde parecido al de crono.

Consta segun Wohler de óxido de plomo 0,6741
ácido vanádico 0,2198
cloruro de plomo 0.1061

Es una de las especies minerales mas escasas en la naturaleza.

Vanadato de plomo y vanadato de plomo y cobre en Chile.— Hállase con abundancia en una veta que tiene mas de una vara de ancho, en la mina llamada Mina Grande, a unas dos leguas de Arqueros (provincia de Coquimbo) un mineral de plomo, que es amorfo, amarillo, en partes de un amarillo subido, a veces verdoso; su contextura es terrosa, en partes compacta, sin lustre; en partes tiene algo de lustre resinoso mui débil. Su carácter mas notable es que en toda su masa se ven pequeñas concavidades mui irregulares, teñidas interiormente de negro o cubiertas de una sustancia parda negruzca; en partes

se ven masas conexionadas globuliformes. Al soplete se funde con facilidad, hierve, produce una escoria metálica gris, algo hinchada, y dá a la llama color verde; sobre carbon, con adicion de carbonato de sosa se logra obtener plomo mui maleable; sobre un hilo de platina, con sal de fósforo, dá una perla transparente que toma color verde en la llama interior, y pardo amarillento en la llama oxidente. Mui soluble en el ácido nítrico.

La masa de este mineral tiene en partes 5 decímetros de grueso y toma mucha estension a lo largo de la veta: es por consiguiente uno de los minerales de plomo que se hallan con mayor abundancia en Chile, pero hasta ahora no se ha encontrado este mineral en ninguna otra localidad mas que en la Mina Grande. La composicion de la masa de este mineral, término medio, es la siguiente:

Cloruro de plomo	0.0905
Oxido de plomo	0.5831
de cobre	0.0092
Acido arsénico	0.1155
fosfórico	0.0513
vanádico	0.0186
Cal, alumina, arcilla	0.1106
pérdida (agua)	0.0112
	0.9900

Se halla acompañado por el vanadato doble de plomo y de cobre (p. 116) como tambien por el carbonato de plomo, carbonato de cobre y galena.

El Molibdato o plomo amarillo es de color amarillo de cera, de limon, a naranjado, melado y pardo cetrino; cristaliza en octaedros de base cuadrada o en tablas cuadradas u octógonas, con biselamientos en los bordes. Las caras son lustrosas, lustre de diamante. Estructura hojosa, o bien compacta, a veces de grano mui fino; de semi transparente a trasluciente. Al soplete chisporrotea; sobre carbon se reduce a un glóbulo metálico, que es aleacion de plomo y molibdena. Es soluble en el ácido nítrico; se descompone por el ácido muriático, sulfúrico y por los carbonatos alcalinos.

Consta segun Claproth y Hatchett de

Oxido de plomo	0,6441
Acido molibdíco	0,3425

Se halla en vetas con metales de plomo y de plata:—en Méjico, en Zimapan, en bellas tablas del mas hermoso naranjado embutidas en arcilla con plomo gris y arseniato de plomo; en Chile, en octaedros naranjados y en tablas casi transparentes de amarillo de limon, en las minas de plata de Chapilca (departamento de Elqui); en Colombia, Páramo Rico, etc.

§ 2.° MINERALES (METALES) DE PLOMO.

Clasificacion.

Los *minerales*, o como dicen los mineros del pais, *metalcs* de plomo, son unas mezclas de las citadas especias minerales; y con respecto al método que requieren para su beneficio, se dividen comunmente en dos clases, que son:

(1) *Minerales oxijenados*, que constan principalmente de carbonato de plomo, mezclado con clorofosfatos y cloroarséniatos de plomo, con el molibdato y a veces con el sulfato;

(2) *Minerales sulfurados* o galena mezclada las mas veces con blenda, cobre gris y pirita.

Aunque en Chile casi se desconoce hasta ahora el beneficio de estos minerales por plomo, por causa del poco consumo de este metal, de su bajo precio y de la poca lei de plata que se encuentra en ellos, sin enbargo los mineros chilenos saben mui bien distinguir aquellas dos clases de minerales, y las llaman en términos vulgares:

(1) metales de color,

(2) metales de soroche de plomo de bala

Los primeros se funden con la mayor facilidad en hornos de manga; los demas necesitan una tuesta prévia u hornos de reverbero; unos y otros tienen por su mayor enemigo en la fundicion la *blenda* (súlfuro de zinc) y la calamina (carbonato de zinc), que acompañan comunmente todo mineral de plomo, y obstruyen las chimeneas, u orijinan escorias difíciles de fundir. Se advierte que, del mismo modo que en los minerales análogos de cobre, en estos tambien se encuentran mui rara vez o casi nunca minerales oxijenados sin alguna mezcla de galena; y pocas veces hai *metales de soroche* sin mezcla de carbonato o sulfato de plomo.

Lei de plata. Todos en jeneral tienen mas ó ménos plata y frecuentemente oro; y bajo este respecto se hablará de ellos en el capítulo siguiente tratando de los minerales de plata plomizos.

Criadero. El criadero o la matriz de los minerales de plomo consta en gran parte de espato calizo y espato perlado (es decir de carbonatos de cal, de magnesia, de hierro y de manganesa); muchas veces tambien contiene sulfato de barita. Los demás elementos son como en los criaderos de cobre, el cuarzo, la serpentina y varias especies de arcillas, sobre todo, una arcilla blanca, suave al tacto. Casi nunca se hallan con plomo, asbesto y anfíbola que son tan comunes en los criaderos de cobre; y cuando este último metal se halla mezclado con los minerales de plomo, es casi siempre al estado de carbonato azul en los *metales de color*, o bien al estado de cobre gris en los de *soroche*.

Es de observar que, mientras en el antiguo continente la especie mineral, que acompaña casi todos los minerales de plomo, es fluspato o floururo de calcio, esta sustancia no se halla en ninguna mina de plomo en Chile; ni tampoco se ha encontrado en alguna de las infinitas minas de otros metales en este pais.

Lecho. El *lecho* o yacimiento (gissement) de los minerales de plomo en Chile pertenece casi esclusivamente a los terrenos segundarios estratificados: las vetas de plomo son innumerables, y se hallan comunmente a unas 20 o 30 leguas de la costa, en los pórfidos *abigarrados*, a una altura que pasa las mas veces de 800 o mil varas encima del nivel del mar. Estas vetas se hallan muchas veces en los mismos cerros que las de cobre gris o de cobre sulfurado platoso, como por ejemplo, en San Pedro Nolasco, Catemo, Rapel, los Porotos etc. Esas mismas vetas, que en la parte superior producen cobre gris o cobre sulfúreo, no dan por lo comun en hondura mas que galena mezclada con blenda y pirita. Pero a mas de estas vetas, que forman como una cadena de minas de plomo en todo el alto del cordon de los Andes, aparecen tambien los minerales de plomo oxijenados y las galenas en algunas minas de oro, en los terrenos graníticos no estratificados, como en las de Rancagua y de la hacienda de Cocalan en las provincias del sud de Chile; y en este caso, los minerales de plomo son casi siempre auríferos.

§ 3.° PRODUCTOS DE LAS ARTES.

Los productos mas importantes son:

El plomo en barra,

Los relaves de plomo o la parte mas rica del mineral, separada por el lavado (schlich),

Los ejes,

Los minerales y ejes calcinados,

Las escorias de hornos de reverbero,

Las escorias de hornos de manga,

El litargirio negro y los litargirios ordinarios,

Los fondos (asientos) o pedazos de las copelas en que se ha copelado en grande,

Los *hollines* o sustancias que se pegan en las chimeneas de los hornos,

El minio,

La cerusa o carbonato de plomo (albayalde),

El sulfato,

Los acetatos,

Los cromatos,

El cristal o vidrios de plomo.

El plomo que proviene de la fundicion inmediata de los minerales, se somete a la copelacion en grande, cuando contiene bastante plata: del litargirio que se forma en esta operacion, y se vuelve a reducir despues en una fundicion por separado, resulta la mayor parte del plomo del comercio.—El plomo dúctil es casi puro; pero rara vez se halla sin contener un poco de cobre o plata. El plomo quebradizo contiene antimonio, y a veces arsénico o azufre.

Los ejes son unos súlfuros multíplices al menor grado de sulfuracion, combinados con la galena, a veces con arsenio-súlfuros.

La galena y los ejes calcinados con el contacto del aire, constan de óxido y de sulfato de plomo, mezclados o combinados con algunos óxidos o súlfuros. La proporcion de sulfato es tanto menor cuanto mas súlfuros de hierro y de zinc contiene el mineral, y cuanto mas se ha elevado la temperatura para calcinar. La sílice tambien contribuye a disminuir la proporcion de sulfato.

Las escorias son unos silicatos de plomo, de hierro, de zinc, de manganesa etc., y provienen de la accion del cuarzo contenido en el criadero, sobre el sulfato de plomo, el sulfato de barita y varias bases enérjicas, a la temperatura de fundicion: a veces contienen tambien sulfatos, que se hallan sobre todo en proporcion considerable en las escorias, cuando se funden minerales que contienen mucho sulfato de barita con el fluoruro de calcio.

Los litargirios. Varias especies de litargirio se producen en la copelacion en grande. Los primeros que se forman, y sobrenadan en el baño, no son otra cosa mas que unos ejes que adhieren a las barras de plomo; en los segundos que se llaman *litargirios negros*, se reconcentran todos los metales mui oxidables, y sobre todo el antimonio y el arsénico: al fin, los últimos constan de óxido puro o casi puro con una pequeña cantidad de plata, y a veces con óxido de cobre.

Los fondos de las copelas. Las copelas que se emplean en la copelacion en grande, se hacen de cenizas de huesos, o de margas mui calizas. La parte de la copela que es atravesada por el litargirio, se llama fondo de copela; y es una mezcla de litargirios y de la misma materia que sirve para hacer las copelas, la cual no ejerce ninguna accion sobre los litargirios.

Los hollines que se pegan en las chimeneas de los hornos, constan de óxido de plomo, de sulfato de plomo, de ácidos de arsénico y de antimonio, de óxido de zinc etc.

SECCION 3.ª

Modos de ensayar.

§ 1.º CLASIFICACION.

Se dividirán en tres clases las sustancias que tienen plomo, y se han de ensayar por la *via seca*.

1.ª Se comprenderán en la primera clase todas las sustancias que no contienen azufre, ni selénio, ni arsénico, o no contienen estos cuerpos sino en pequeña cantidad. Tales son 1.º el litargirio; 2.º el minio; 3.º los primeros litargirios antimoniales; 4.º los foudos de copela; 5.º los humos u ho-

llines de plomo que no contienen sulfato; 6.° el carbonato nativo y la cerusa; 7.° el oxicloruro; 8.° el cloro carbonato; 9.° el cloro-fosfato; 10.° las escorias, que constan de silicatos; 11.° el cristal; 12.° el aluminato, los cromatos, que no contienen sulfato de plomo, el tunstato y el molibdato.

2.ª Se colocan en la segunda clase los súlfuros, es decir, la galena pura o antimonial, los ejes y los seleniuros.

3.ª En fin la 3.ª clase comprende todos los minerales de plomo, que contienen ácido sulfúrico, ácido selenioso, ácido selénico, ácidos arsenioso y arsénico.—Estos son: 1.° el sulfato nativo y artificial; 2.° los sulfato-carbonatos; 3.° la galena y los ejes calcinados; 4.° los humos de plomo, que contienen sulfato de plomo; 5.° las escorias que contienen sulfato; 6.° los seleniuros calcinados etc.

Hornos. Siendo el plomo volátil de un modo mui sensible, es necesario no emplear en sus ensayes temperatura mui elevada, cuando se quiere determinar la cantidad de este metal por la *via seca*. En jeneral, se hacen los ensayes de plomo en los hornos de calcinacion sin chimenea; y estos se cubren con un tubo de aspiracion capaz de producir una temperatura de 50 a 60° p. Cuando estos hornos son bastante grandes, se pueden hacer tres o cuatro ensayes a un mismo tiempo: sin embargo, es mejor emplear hornos mas pequeños, y no hacer ensayes sino uno a uno. Las muflas de los grandes hornos de copelacion son tambien mui cómodas para hacer ensayes de plomo, sobre todo, cuando se necesita hacer muchos ensayes, porque se puede ejecutar gran número de ellos a un tiempo sin ningun inconveniente; pero estos hornos no se emplean sino para ensayar ciertos minerales, y siguiendo ciertos métodos que se van a describir mas adelante. En algunos casos es preciso elevar la temperatura hasta la de los ensayes de hierro, aun con riesgo de volatilizar una parte de plomo.

§ 2.° MATERIAS DE LA 1.ª CLASE.

Flujo. Es mui sencillo y fácil de ejecutar el ensaye de las sustancias de la 1.ª clase. La operacion se reduce a fundir la materia con una mezcla de reductivo y de flujo alcalino, es decir, con flujo negro o sus equivalentes. El reductivo quita el oxí-

jeno a las materias oxidadas, y cuando las sustancias que se ensayan, contienen cloruro de plomo, se reduce por él una parte de álc.li cuyo metal se apropia del cloro; y el plomo se separa. A mas de esto, se necesita en uno y otro caso añadir flujo alcalino, para que el plomo reducido pueda separarse de todas las sustancias estrañas que se encuentran en el mineral, y unirse en una sola esferilla. Las mas veces el flujo alcalino obra en estas sustancias combinándose, y formando con ellas compuestos fusibles: es lo que sucede con la sílice, los silicatos etc.; pero otras veces la accion del álcali se limita a mantener estas sustancias en suspension, y a formar con ellas una pasta líquida que las partículas de plomo atraviesan sin dificultad, para unirse en el fondo del crisol; asi la cal, la magnesia, el fosfato de cal, el óxido de cromo no mezclado con sílice, el hierro metálico mui dividido quedan mui simplemente como suspendidos en medio del flujo negro fundido. Sin embargo, cuando las sustancias que se ensayan, no son de naturaleza que pueda combinarse con el fiujo negro, es siempre conveniente añadir a este $\frac{1}{2}$ a 1 p. de borax vitrificado (por cada p. de la sustancia): en este caso las escorias adquieren siempre una luquidez suficiente.

Proporcion del flujo que se añade.

Como los óxidos no contienen sino una pequeña proporcion de oxíjeno, no se necesita mas que una corta cantidad carbon para reducirlos: la cantidad de este combustible contenido en 2 p. de flujo negro ordinario, es mas que suficiente para esto: la esperiencia por otra parte ha probado que, empleándose esta proporcion de flujo negro, es raro que las escorias no tengan una fluidez conveniente. Sin embargo, en algunes casos se necesita mayor cantidad de flujo; y en otros mayor cantidad de carbon que la que contienen 2 p. de flujo negro. Cuando es preciso aumentar la cantidad de flujo, por ejemplo, cuando se ensayan materias pobres mezcladas con muchas materias calizas, entonces, en lugar de emplear mas flujo negro, es mejor añadir a las 2 p. de flujo 1 a 2 p. de carbonato de sosa, o, mejor todavia, borax. Cuando el óxido o el cloruro de plomo se hallan mezclados con un óxido que contiene mucho oxíjeno y se reduce este óxido a una temperatura mui baja, pasando al menor grado de oxidacion, es evidente que en tal caso se ha de consumir en el ensaye mucho reductivo; y por

consiguiente es preciso emplear mas carbon que de costumbre, porque de otro modo podria quedar plomo en las escorias. Es lo que sucederia, si se fundiese con solo 2 p. de flujo negro un mineral que contuviese mucho óxido de manganesa, de peróxido de hierro, de óxido de zinc, de ácido crómico, etc. La adicion de 3 a 4 p. de flujo negro ordinario es suficiente aun para el caso en que se necesite la mayor proporcion de reductivo; pero como siempre es mui incómodo emplear mucho flujo alcalino, porque en este caso se necesitan crisoles mui grandes, que se calientan mucho mas difícilmente que los pequeños, es mejor sustituir a las 2 p. de flujo ordinario, 2 p. de un flujo negro mas rico en carbon, o de otro flujo equivalente.

Operacion.

El ensaye se ejecuta del modo siguiente: Se toman 10 gramos (200 granos) de la materia reducida a polvo; se mezclan íntimamente con una proporcion conveniente de flujo; y se introduce la mezcla en un crisol de arcilla bastante grande para que no se llene sino hasta las $\frac{2}{3}$ partes, poco mas o menos. Por encima de esta mezcla se pone una capa del grueso de un dedo, de flujo negro, de carbonato de sosa o de sal comun: se coloca el crisol sobre un apoyo de arcilla en el horno, y se calienta gradualmente. Se puede cubrir el crisol con una tapa, o con unos dos o tres grandes pedazos de carbon, colocados transversalmente. Luego que la materia se ablanda, principia a hervir, se hincha; y si no se tiene cuidado de templar el fuego, puede subir hasta los bordes del crisol, y pasar por encima de ellos: en este momento, sobre todo, cuando la efervescencia se hace demasiado viva, es necesario destapar el crisol, y tenerlo abierto. Al cabo de cierto tiempo, la efervescencia disminuye, porque reducido el óxido, cesan de exalarse los gaces; y se puede aumentar el fuego para liquidar completamente las escorias. Para esto, se vuelve a cubrir el crisol con carbon, se coloca el tubo de aspiracion en el horno, y se calienta mas o ménos durante 10 minutos; al cabo de este tiempo se destapa el crisol, y se ve por el aspecto de la materia si la fusion ha sido completa, o si se debe calentar de nuevo. Concluido el ensaye, se saca el crisol, se lo golpea lijeramente para reunir todo el plomo en una sola esferilla, y se lo deja enfriar. Cuando la materia se ha fundido bien, la escoria presenta una superficie cónica cóncava, por la disminucion del volumen y la

adherencia a las paredes del crisol. Quebrando el crisol, se encuentra en el fondo una esferilla de plomo, que se separa fácilmente de las escorias, pero que se pega siempre fuertemente al crisol. Se limpia este plomo achatándolo sobre un yunque con un martillo, se lava, se seca y se pesa. Cuando el ensaye ha sido bien hecho, la escoria no contiene granallas: sin embargo, importa siempre examinarla con cuidado. Si hubiese algunas granallas, se pudiera recojerlas desleyendo la materia en el agua, y lavando en seguida por decantacion. Sucede algunas veces que se ven en las paredes del crisol encima de la materia fundida, granallitas de plomo o manchas amarillas de litargirio: esto proviene de la gran efervescencia que se habia producido desde el principio de la operacion. Para evitar este inconveniente, se cubre, como hemos dicho, la mezcla del ensaye con una capa de flujo puro, el cual sirve para lavar las paredes en el momento de la efervescencia; y cuando apesar de esto quedan algunas granallas en la pared, es preciso hacer de nuevo el ensaye.

Metales aleados. No es siempre puro el plomo que se obtiene en los ensayes. Así, cuando las materias que se ensayan, contienen cobre, plata, estaño, antimónio, estos metales se encuentran en totalidad con el plomo: cuando contienen zinc, y se calienta durante un tiempo suficiente, no queda cantidad notable de este metal en el plomo: al contrario, volatilizándose el zinc arrastra consigo una cierta cantidad de plomo.

Hierro. El óxido de hierro contenido en las sustancias que se ensayan, se reduce durante la fusion; pero el hierro queda diseminado y como suspendido en las escorias, sin que el plomo contenga algun indicio de este metal; con tal que no se haya calentado demasiado. Si la fusion se verifica a una temperatura mui elevada, se obtiene plomo mezclado con pequeñas granallas de *hierro colado*, pero nunca una verdadera aleacion.

Cobalto, níquel. El cobalto y el níquel pueden tambien hallarse íntimamente mezclados con plomo en la proporcion de 0,04 a 0,05 sin formar aleaciones.

Manganesa. Los óxidos de manganesa se trasforman en protóxido que no se reduce, y queda mezclado con el flujo.

Pérdida de plomo. Las escorias que provienen de los ensayes de plomo, retienen siempre cierta cantidad de este metal; pero esa cantidad

es mui corta, porque las materias que no contienen mas que 0,08 a 0,09 de plomo, dan todavia 0,06 de metal en el ensaye. Se puede pues reconocer la existencia del plomo por medio del flujo negro ordinario aun en las materias mui pobres.

§ 3.° MATERIAS DE LA 2.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros, seleniuros, subsúlfuros y subseleniuros, simples o multíplices, mezclados o no con las sustancias térreas.

Pérdida en el ensalle

Comencemos por observar que no es posible determinar rigorosamente por la *via seca*, la proporcion de plomo contenido en una materia sulfurosa. Se sabe por la práctica que valiéndose aun de los mejores métodos el ensayador pierde todavia 0,06 a 0,12 de plomo por la volatilizacion del súlfuro, y que los métodos antiguos que se practican todavia en algunos injenios hacen perder hasta 0,15 y 0,20 de este metal. Esto hace ver que, para determinar la cantidad de plomo en una sustancia con toda la exactitud posible, es indispensable recurrir a la análisis por la via húmeda, y que los ensayes por la via seca solo pueden indicar cuanto de plomo, poco mas o ménos, se puede sacar de un mineral en una operacion en grande.

Para ensayar las sustancias que contienen plomo y azufre, se puede fundirlas,

1.° Con flujo negro despues de calcinarlas;

2.° Sin calcinarlas, con carbonato de sosa, o flujo negro, o crémor tártaro;

3.° Con hierro metálico;

4.° Con carbonato de sosa o flujo negro y hierro;

5.° Con flujo negro y óxido de hierro u óxido de zinc;

6.° Con flujo negro y protosúlfuro de hierro o súlfuro de zinc.

7.° En fin, con una mezcla de carbonato de sosa y salitre.

1.° *Calcinacion y flujo negro.*—Este método es el mas antiguo, y durante mucho tiempo ha sido practicado casi esclusivamente; es sin embargo el mas largo, el mas incómodo y el mas inexacto de todos los que se conocen hasta ahora. Consiste en calcinar el mineral a una temperatura moderada y en fundir el residuo con dos veces su peso de flujo negro: de este modo no se obtiene mas que 0,66 a 0,69 de plomo, de un súlfuro de plomo, cuando este está perfeotamente puro.