caballerías á correr en círculo sobre ella algunas horas, sea haciendo pisar las lamas por jornaleros que estan andando dias enteros con los pies desnudos en estos lodos métalicos. Todos los dias examina el azoguero el estado de las lamas, haciendo la *tentadura* en una jícara de madera, esto es, lava una porcion de lama con agua, y por el aspecto que presenta el mercurio y la amalgama, juzga si la masa está demasiado fria ó demasiado caliente. Cuando el mercurio toma el color ceniciento (*en lis cenicienta*); cuando se separa cierto polvo gris muy fino que se pega á los dedos, se dice que la torta tiene demasiado calor, y se la enfria añadiendo cal. Si por el contrario conserva el azogue su brillo metálico; si aparece blanco, cubierto de una telilla rogiza ó de tornasol morado, *ó en lis dorada*, y si parece que no ejerce accion sobre la masa, entonces se tiene la amalgama como demasiado fria, y se cree que se la calienta mezclando el magistral.

De este modo por espacio de dos, tres y aun de cinco meses se contrapesa la torta entre el magistral y la cal; porque los efectos son muy diferentes, segun la temperatura de la atmósfera, segun la naturaleza de los minerales y el movimiento que se da á las lamas. Si se cree que la accion es demasiado fuerte y que la masa trabaja demasiado, se la deja quieta : si se quiere por el contrario accelerar la amalgamacion y aumentar el calor, se repiten mas frecuentemente los repasos, ya con caballerías, ya con hombres. Si la amalgama se forma demasiado pronto y se presenta en forma de globulillos que llaman *pasillas* ó *copos*, se *ceba* la torta, añadiendo nuevamente azogue con un poco de magistral, y á veces tambien con sal. Cuando por los carácteres exteriores juzga el azoguero que el mercurio está unido con toda la plata que hay en el mineral y que la torta *ha rendido*, se echan los lodos metálicos en tinas, que son unas de madera y otras de piedra. Se colocan varios molinillos con aletas perpendicularmente, haciéndoles dar vueltas en las tinas. Las tinas de cal y canto, que se construyen muy bien, especialmente en Guanajuato, se parecen á las establecidas en Freiberg para lavar los residuos de la amalgamacion *; las partes terrosas y oxidadas se van con el agua, y el amalgama y el azogue quedan al fondo de la tina. Como la fuerza de la corriente lleva tras sí al mismo tiempo algunos glóbulos de mercurio, se ocupan, en las haciendas grandes, varias mugeres pobres indias en sacar este metal de las aguas del lavadero. Se separa del azogue la amalgama reunida en el fondo de las tinas del lavadero, apretándola para que pase al traves de los sacos; se la da la figura de pirámides, las cuales se cubren con un crisol puesto boca abajo á manera de campana, y la plata se separa del azogue por medio de la destilacion. En el método que acabo de describir se pierden comunmente once,

* Fragoso de Sequeira. *Descripcion de la amalgamacion de Freiberg*, 1800, p. 36.

doce ó catorce onzas de mercurio por cada marco de plata que se saca, es decir 1 $\frac{4}{10}$ á 1 $\frac{7}{10}$ kilógramo de mercurio por un kilógramo de plata. En el modo de amalgamacion introducido en Sajonia por MM. Gellert y Charpentier, la pérdida de azogue es de $\frac{2}{10}$ kilógramo por kilógramo de plata, es decir, ocho veces menor que en Méjico. *

Hemos descripto la amalgamacion *por crudo y de patio,* esto es, en frio sin quemar los minerales y poniéndolos en un patio al aire libre. Medina no conoció sino el uso de la sal y de los sulfates de hierro y de cobre; pero en 1586, quince años despues que se introdujo su método en el Perú, un minero peruano Carlos Corso de Leca ** descubrió el *beneficio de hierro*, aconsejando que se mezclasen unas hojillas de hierro con las lamas, asegurando que por

* En la hacienda de Halsbrück cerca de Freiberg, unos años con otros, se trabajan por amalgamacion de 58 á 60,000 quintales de minerales secos que tienen de 7 á 8 *lotes* de plata por quintal (dos *lotes* hacen una onza). La pérdida de mercurio en la amalgamacion propiamente llamada (*im anquicken*) y en el lavadero de los residuos, es de $\frac{3}{4}$ de onza (ó de un lote y un cuarto) por quintal de mineral. En la evaporacion del mercurio (*im ausglühen*), se pierde un cuarto de lote por la cantidad de plata que corresponde á un quintal de mineral; de lo cual resulta segun M. Héron de Villefosse, que por cada 60,000 quintales de minerales, se pierden ó destruyen 25 $\frac{1}{2}$ quintales de mercurio. (*Lampadius*, b. II, p. 178.)

** *Carta de don Juan Carbajal y Sandi, presidente de la real audiencia de la Plata, al Excelentisimo señor conde de Chinchon, virey del Perú,* 1736.

medio de esta mezcla se perdian nueve décimos de mercurio menos. Este proceder, como veremos despues, se funda en la descomposicion del muriato de plata por el hierro, y en la atraccion de este metal sobre el azufre; es conocido, pero muy poco seguido por los azogueros mejicanos. En 1590, Alonso Barba propuso la amalgamacion en caliente ó por cochura en tinas de cobre, la cual se llama *beneficio de cazo y cocimiento*, y es el que M. de Born propuso en 1786. En este método la pérdida de azogue es mucho menor que en el beneficio por patio, porque el cobre de las vasijas sirve para descomponer el muriato de plata, al mismo tiempo que el calor ayuda á la operacion, ya haciendo mas enérgica la accion de las afinidades, ya dando movimiento á la masa líquida que empieza á hervir. Se usa esta especie de amalgamacion en varias minas de Méjico que son abundantes en plata córnea y en *colorados*. Juan de Ordoñez, cuya obra hemos citado ya, aconsejó tambien amalgamar en aposentos calentados con estufas. En 1676, Juan de Corrosegarra descubrió un proceder poco usado en el dia, que se llama el beneficio de *la pella de plata,* que consiste en añadir al mercurio del amalgama, una parte de plata ya formada. Se supone que esta pella favorece la extraccion de la plata, y que la pérdida de azogue es tanto menor, cuanto la amalgama se disemina con mas dificultad en la masa. Otro quinto método es el beneficio de *la colpa,* y consiste en que en vez de un magistral artificial que contiene mucho

mas sulfato de cobre que hierro, se emplea la colpa, que es una mezcla natural de sulfato ácido de hierro y de óxido de hierro en su maximum. Esta especie de beneficio preconizado por don Lorenzo de la Torre, presenta una parte de las utilidades que acabamos de indicar hablando de la amalgamacion por medio del hierro.

El proceder inventado por el minero de Pachuca es una de aquellas operaciones químicas que siglos hace se practica con cierto buen éxito, sin que las personas que sacan la plata de su mineral, por medio del azogue, tengan el menor conocimiento ni de la naturaleza de las sustancias de que se sirven, ni del modo particular de su accion. Los azogueros hablan de un monton de minerales, como de un cuerpo organizado á quien aumentan ó disminuyen su calor natural. Parecidos á los médicos que en los siglos bárbaros dividian todos los alimentos ó todos los remedios en dos clases, calientes y frios, asi los azogueros no ven en los minerales sino sustancias que es menester calentar con sulfatos, si estan frias, ó enfriar con álcalis si estan demasiado calientes. El uso ya introducido, en tiempo de Plinio, de frotar los metales con sal antes de aplicarles la amalgama de oro, ha dado sin duda lugar al uso de la sal en la amalgamacion mejicana: los azogueros dicen que sirve para *limpiar*, *castrar y desenzurronar* la plata que está envuelta con azufre, arsénico y antimonio, como con una telilla ó capuz, cuya presencia impide el contacto inmediato de la

plata con el mercurio. La accion de este metal se hace mas enérgica con los sulfatos, porque calientan la masa; y es tambien probable que Medina no empleó simultáneamente el sulfato de hierro y cobre y la sal comun, sino porque en sus primeros ensayos advirtió que esta no favorecia el proceder sino en los minerales que contienen piritas descompuestas. No teniendo ninguna idea clara de la accion de los sulfatos sobre el muriato de sosa (sal comun) trataba de rehacer los minerales, esto es, de añadir magistral á aquellos que el minero tiene por no vitriólicos.

Desde que en Europa se comenzó á practicar la amalgamacion de los minerales de plata, y se reunieron los sabios de todas las naciones en el congreso metalúrgico de Schemnitz *, la teoría confusa de Barba y de los azogueros americanos ha sido reemplazada por ideas mas sanas y mejor adaptadas al estado actual de la química. Procuraré presentarlas aqui de una manera precisa, sirviéndome exclusivamente en esta parte de mi obra, de la nomenclatura química que se ha hecho indispensable por los descubrimientos de los señores Davy, Gay-Lussac y Thenard. Se da por supuesto que cuanto pasa en Freiberg, donde en pocas horas se amalgama una masa de minerales quemados, debe hacerse poco á poco en la amalgamacion de Méjico, donde los minerales ordinariamente no se queman y en donde quedan por muchos meses expuestos

* Propiamente de Szkleno ó Glashütte, cerca de Schemnitz.

al aire libre, al sol y á la lluvia. Se cree que en la mezcla humedecida de minerales de plata, azogue, sal, cal y magistral, este último, que es un sulfato ácido de hierro y cobre, descompone la sal, se forma sulfato de sosa y muriato de plata, y este se descompone por el mercurio que se une con la plata desoxidada. Se está de acuerdo en que se añaden la cal ó la potasa para impedir que el ácido sulfúrico excedente obre sobre el mercurio. Segun esta explicacion, la plata que se halla en su mineral en estado metálico, aunque unido al azufre*, al antimonio**, al hierro ***, al cobre, al zinc****, al arsénico ***** y al plomo******, pasa al estado de muriato antes de combinarse con el mercurio.

El señor Garcés, escritor mejicano *******, que ya hemos citado varias veces, piensa por el contrario, que no se forma muriato de plata en la operacion de la amalgamacion; y supone que el ácido muriático no se combina sino con los metales que se encuentran unidos con la plata; que el agua arrastra los muriatos solubles de hierro y cobre, y que desembarazada la

* En el *glaserz*, la plata roja y el *weissgültigerz*.

** En la plata roja, el *weissgültigerz*, y el *falherz* de Annaberg.

*** En la plata ágria prismática (*schwarzgültigerz, sprödglaserz*) y en el *falherz*. *Klaproth's Beiträge*, tom. I, pág 162. *Bergbaukunde*, b. I, pág. 239.

**** En el *fahlerz* de Kapalk. *Klaproth*, tom. IV, pág. 61.

***** En el cobre gris argentífero de Freiberg.

****** En el *weissgültigerz*.

******* *Teórica del beneficio*, pág. 112-116.

plata de estas sustancias se combina libremente con el mercurio. Esta explicacion, al parecer muy sencilla, es contraria á las leyes de las afinidades. Si el ácido muriático, desprendido por la accion de los sulfatos sobre el muriato de sosa, ó sal comun, obra sobre cualquier mineral de plata, por ejemplo, sobre la mina de plata ágria prismática, que contiene plata, hierro, antimonio, azufre, cobre y arsénico, se formará necesariamente muriato de plata, luego que el ácido haya apurado los demas metales. La teoría del señor Garcés es no menos inaplicable á la amalgamacion de los minerales de plata sulfúrea, que abundan mucho en la mayor parte de las vetas de Méjico.

Sin entrar en esta obra en una profunda discusion de los fenómenos que presenta el contacto de tantas sustancias heterogéneas, ni resolver la importante cuestion de si se puede amalgamar en crudo sin sal ni magistral, me ceñiré á citar varias experiencias que M. Gay-Lussac y yo hemos hecho *, y que pueden dar alguna luz acerca de la amalgamacion mejicana.

Es falso que la mezcla de azufre impida enteramente la union de la plata con el azogue, y que un sulfuro de plata no dé la amalgama en crudo sino añadiendo muriato de sosa y sulfato de hierro: hemos observado por el contrario, que triturando el mercurio y el sulfuro de plata artificial, el mercurio se apaga

* En el laboratorio de la Escuela politécnica de Paris, durante el invierno del año 1810.

prontamente, y se obtiene un poco de plata por medio de la destilacion de la amalgama. Hemos mezclado mercurio con la mina de plata sulfúrea pulverizada, y despues de estar en contacto 48 horas, se formó un poco de amalgama de plata. En esta experiencia y en las siguientes, se ha obrado sobre dos ó tres gramas * de mineral, siendo la temperatura del aire de diez á doce grados centígrados, y habiendo humedecido las mezclas ligeramente.

Imitando la amalgamacion de patio usada en Méjico, y mezclando en frio sulfuro de plata natural, sulfato de hierro, sal y cal **, no hemos hallado vestigio de muriato de plata, aunque la mezcla haya estado en contacto una semana entera; por el contrario, lo hemos obtenido, cuando la masa ha estado algunas horas á una temperatura artificial de 30° á 34° centígrados. En la region caliente de la Nueva-España las tortas puestas al sol se calientan aun mas, y asi se observa que la amalgamacion es mas lenta sobre las mesas ó llanos elevados, donde el termómetro baja

* Cada grama de peso de Francia tiene veinte granos de Castilla.

** Haciendo la misma mezcla, pero sin cal, se ha formado al frio, en pocos dias, un cloruro de plata; y haciendo la misma mezcla, pero añadiéndole limaduras de hierro, nos ha resultado en frio mucha amalgama de plata. Tambien se ha formado con mucha rapidez una pequeña cantidad de esta amalgama, cuando hemos mezclado en frio, sulfuro de plata, sulfato de cobre, cal, y mercurio. El azufre no se desprende con solo el contacto del sulfuro de plata y de la cal.

hasta el punto de la congelacion, que en lo hondo de los valles y en los llanos vecinos á las costas. Es probable que el muriato de plata, que se forma prontamente á los 34° de temperatura, tardaria en formarse mucho mas tiempo á temperatura mucho menor.

Mezclando sal, sulfate de hierro y mercurio en frio, se obtiene muriato de mercurio; el cual muriato se presenta tambien cuando se tritura el mercurio con el muriato de plata artificial. Se puede creer que en la amalgamacion en grande, una parte del mercurio se convierte en muriato por dos distintas vias, á saber, por la descomposicion del muriato de plata, y por la accion inmediata del magistral y de la sal, empleados con demasiada abundancia. La cal, que remedia este último modo de accion, no quita en frio el azufre á la plata, porque mezclando sulfuro de plata natural con la cal, no se forma sulfuro de cal, aunque se haya triturado la mezcla por muchos dias. La cal * se opone de un modo muy notable á la combinacion de la plata y al mercurio, y se observa que este se apaga con dificultad cuando se tritura una mezcla de cal, de sulfuro de plata y de mercurio. Del mismo modo, formando una pasta de

* Véase una nota importante del señor Rivero acerca del uso de la cal, como un cuerpo que descompone las últimas porciones del sulfato de hierro que se forma por el tueste del mineral mezclado con el *magistral;* y acerca de la utilidad que podria sacarse del amoniaco líquido que disuelve y se lleva el cloruro de plata. (*Bulletin de la Société Philomatique de Paris*, año 1822, pág. 86.)

mineral de plata, sal, magistral y mercurio, y triturando las lamas hasta que el mercurio desaparezca á la vista, se ve á este separarse de la lama, y reunirse en masas bastante grandes luego que se añade cal; al momento las bolitas de mercurio aumentan poco á poco de volúmen, y se dejan ver en todos los puntos donde las moléculas de cal tocan la mezcla; y por esta accion particular de la cal es por lo que dicen los azogueros que enfria el mercurio, ó que impide que la torta trabaje. *

* Cuando los químicos admitian aun, que por medio de la accion del sulfato de hierro sobre la sal comun se desprendia, durante la amalgamacion, ácido hidroclórico, debia suponerse que en los *schlich* este mismo ácido atacaba la plata, aunque se hallase esta en su mineral en el estado metálico. Efectivamente, esta suposicion no se oponia en nada á los hechos mas conocidos. Manejando la plata vidriosa con el ácido hidroclórico, se obtiene cloruro de plata en abundancia: y vertiendo este ácido sobre el sulfuro de plata natural, se desprende hidrógeno sulfurado. M. Proust ha observado que los pesos duros que cayeron en el fondo del mar, cuando el naufragio memorable del navío San Pedro Alcántara, se habian cubierto, en muy poco tiempo, de una costra de cloruro de plata de medio milímetro de espesor: yo he hecho la misma observacion cuando estuve en el Perú en tiempo del naufragio de la fragata *Santa Leocadia*, en las costas del mar del Sur, cerca del cabo de Santa Helena. M. Pallas afirma en los *Nordische Beiträge*, tom. III, pág. 64, que en la Siberia, en las orillas del Jaik, se han hallado monedas antiguas tártaras convertidas en cloruro de plata por el contacto de un terreno que está impregnado de cloruro de sodio. Todos estos hechos sirven para probar que, en muchas circunstancias, el ácido hidroclórico ejerce cierta accion sobre la plata metálica. Pero segun el aspecto bajo el que debemos hoy dia considerar las descomposiciones que resultan del

M. Gay-Lussac y yo hemos conseguido imitar en pequeño el ***beneficio de hierro***, manipulacion ingeniosa conocida en el Perú desde fines del siglo XIV é introducida por M. Gellert en los laboríos de Sajonia. Hemos visto que mezclando en frio el sulfuro de plata natural, con sal, magistral, cal y mercurio, se forma la amalgamacion mas abundantemente si se añade á la torta limaduras de hierro: entonces el hierro no solo sirve para descomponer el muriato de plata como en el método de amalgamacion de Freiberg, sino principalmente para separar el azufre de la plata mineralizada. Dejando en contacto por 24 horas plata sulfúrea y limaduras de hierro, quedó la plata tan á descubierto, que añadiendo mercurio se obtuvo en pocos minutos una cantidad considerable de amalgama de plata. Si sobre esta composicion se echa ácido muriático, se desprende infinitamente mas hidrógeno sulfúreo que el que resulta mezclando con el mismo ácido la plata sulfúrea sola. Es probable que el óxido de hierro en su maximum, que se halla en los colorados ó pacos y en los minerales mezclados de piritas descompuestas, obre de un modo análogo á la limadura de hierro.

La enorme pérdida de mercurio que se observa en la amalgamacion americana, proviene de muchas causas que obran simultáneamente. Si en el beneficio de *pa-*

contacto del *magistral*, de la sal marina y del mineral de plata, se debe decir que es el cloruro y no el ácido hidroclórico el que pasa del sodio á la plata.

tio se debiese toda la plata que se saca á una descomposicion de muriato de plata por el mercurio, se perderia una porcion de este metal que estaria con la de plata que hay en el muriato, en la proporcion de 4 : 7,6 poco mas ó menos; porque esta proporcion es la de las respectivas oxidaciones de los dos metales. Otra parte de mercurio, y acaso la mayor, se pierde porque queda diseminada en una inmensa masa de lama; siendo tan grande esta division del metal, que no basta el mayor esmero en el lavadero para reunir las moléculas que se ocultan en los resíduos. Debe tambien buscarse otra 3ª causa de la pérdida de mercurio en su contacto con el agua salada, y en estar al aire libre y á los rayos del sol durante tres, cuatro y aun cinco meses. Este cúmulo de mercurio y lama que encierran un gran número de sustancias metálicas heterogéneas y humedecidas por disoluciones salinas, estan compuestas de una infinidad de pilitas galvánicas, cuya accion lenta, pero de larga duracion, favorece la oxidacion del mercurio y la accion de las afinidades químicas.

Del conjunto de estas indagaciones resulta, que el uso del hierro perfeccionaria visiblemente el método de la amalgamacion. Si los minerales que se manejan no fuesen sino plata súlfurea, bastaria acaso la limadura de hierro para dejar á descubierto la plata, y para separarla del azufre que retarda la union de la plata con el mercurio. Pero como en todos los demas minerales de plata hay, ademas del azufre, diferentes

metales combinados con la plata, se hace necesario emplear simultáneamente la sal y los sulfatos de cobre y hierro, para favorecer el desprendimiento del ácido muriático que se combina con el cobre, el hierro, el antimonio, el plomo y la plata. Los muriatos de hierro, cobre, zinc y arsénico, y aun el de plomo, quedan disueltos; y el muriato de plata, que es insoluble por excelencia, se descompone por el contacto con el azogue.

Hace mucho tiempo que se ha propuesto cubrir el suelo, sobre que se ponen las tortas, con planchas de hierro y cobre en vez de baldosas; se ha tanteado el repasar la masa, haciéndola labrar por arados, cuya reja fuese de aquellos dos metales; pero las caballerías padecieron demasiado en esta labor, á causa de lo espeso y poco ductil de la pasta que forma la lama. Por otra parte, el uso de hacer pisotear las lamas por caballerías, en vez de servirse de hombres, no tiene en Méjico mas larga fecha que el año de 1783. Don Juan Cornejo llevó del Perú esta idea, y el gobierno le concedió un privilegio, de que gozó poco tiempo, y que solo le produjo unos 60,000 pesos, suma pequeña, si se reflexiona que los gastos de amalgamacion se han disminuido acaso una cuarta parte, desde que no hay necesidad de ocupar aquel gran número de operarios que se paseaban con los pies descalzos sobre los montones de lamas.

La amalgamacion, tal cual la hemos descripto, sirve para sacar toda la plata de los minerales en que se ha