

39310122

8
5

297

ESTUDIO QUIMICO DEL PROCEDIMIENTO METALURGICO

CONOCIDO

CON LOS NOMBRES DE

AMALGAMACION MEXICANA O BENEFICIO DE PATIO

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN D. VILLARELLO, M. S. A.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas núm. 8.

1904

CXXIX

1904



III-20-7-2
5783.

ESTUDIO QUIMICO DEL PROCEDIMIENTO METALURGICO

CONOCIDO
CON LOS NOMBRES DE



AMALGAMACION MEXICANA O BENEFICIO DE PATIO

POR EL INGENIERO DE MINAS

JUAN D. VILLARELLO, M. S. A.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Callejón de Betlemitas núm. 8.

1904



ESTUDIO QUÍMICO DEL MODO DE OBTENER METABOLITOS

QUÍMICO

CON LA COLABORACIÓN DE

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS

BOULEVARD DE MADRID

ESTADO DE GUJARAT, INDIA



MEXICO

OFICINA DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE MEXICO
CALLE DE MADRID 10

1961

ESTUDIO QUIMICO DEL PROCEDIMIENTO METALURGICO

CONOCIDO

CON LOS NOMBRES DE

AMALGAMACION MEXICANA

ó

BENEFICIO DE PATIO

Por el Ingeniero de Minas

JUAN D. VILLARELLO, M. S. A.

“El azoguero no vence con la fuerza sino con medios suaves, de tal modo que, por decirlo así, persuade al mineral á que largue su plata.”

[SONNESCHMIDT].

El procedimiento metalúrgico para la extracción de la plata, conocido con los nombres de Amalgamación Mexicana ó Beneficio de Patio, ha motivado muchas interesantes publicaciones, en las cuales se desarrollan diferentes teorías para explicar las reacciones químicas que se verifican en este procedimiento. En diversas épocas, distinguidos químicos han hecho experimentos concienzudos y dilatados, con objeto de precisar las reacciones químicas que motivan la amalgamación de la plata en este procedimiento metalúrgico, y algunos han tratado de perfeccionarlo. Por último, muchas patentes de privilegio ex-

clusivo amparan reformas que tienden por lo general á evitar la pérdida del mercurio en este beneficio; y sin embargo, hasta la fecha, y no obstante los adelantos alcanzados por la química, se practica este sistema metalúrgico casi como lo ejecutaba su célebre inventor, Bartolomé de Medina, el año 1557.

Parece por lo anterior que el metalurgista mexicano es rutinero, poco afecto á las reformas interesantes, que no tiene voluntad de experimentar, y permanece insensible á los consejos del progreso; pero no es así, y los conceptos anteriores están muy lejos de la verdad. En efecto, en muchos Minerales de la República, en los que por motivos diversos se ejecuta hoy el sistema metalúrgico ya mencionado, se encuentran dirigiendo las "*Haciendas de Beneficio*" metalurgistas entendidos, quienes se interesan por los perfeccionamientos que tienden al mejor éxito y economía del procedimiento, y están dispuestos á introducir reformas siempre que sean éstas de verdadero valor comercial; pero los perfeccionamientos propuestos hasta ahora no han conducido á los resultados prácticos previstos por la teoría de sus autores, y por lo tanto no han sido aceptados. En cambio, si alguna vez se propusiera una mejora de verdadera importancia industrial, estoy seguro se ejecutaría inmediatamente en muchos Minerales, y redundaría en progreso de la industria minera en México.

En vista de la creciente necesidad de corregir los defectos económicos de los cuales adolece este procedimiento metalúrgico, creo muy interesante se dediquen una vez más al estudio de esta cuestión los químicos y metalurgistas competentes, con objeto de llegar á perfeccionar el referido procedimiento; pero siendo indispensable para conseguir esto conocer no solamente la manera como se ejecuta en la actualidad, sino principalmente las reacciones químicas que determinan la amalgamación de la plata en este sistema metalúrgico, me es muy grato ayudar en algo á los que se dedican á este estudio, proporcionándoles el que voy á producir en el siguiente escrito.

Muchas son, como dije antes, las teorías propuestas para explicar las reacciones químicas que se verifican en el Beneficio de Patio; pero hasta hoy ninguna de esas teorías ha sido unánimemente aceptada,

no obstante estar fundadas algunas de ellas en experimentos más ó menos bien interpretados. En vista de lo anterior, hace tiempo me he dedicado al estudio de este procedimiento metalúrgico; y ahora voy á exponer y desarrollar mis ideas acerca de las reacciones químicas, de las cuales depende la amalgamación de la plata en el Beneficio de Patio.

Para proceder en orden en mi estudio me ocuparé: primero, de la descripción de este sistema metalúrgico; desarrollaré después la teoría química que propongo para explicar los fenómenos observados en este procedimiento, y estudiaré, por último, varias de las teorías ya conocidas, y los experimentos que les sirven de fundamento.

PRIMERA PARTE.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO METALÚRGICO DENOMINADO BENEFICIO DE PATIO.

El Beneficio de Patio fué descubierto¹ por el célebre mexicano Bartolomé de Medina el año 1557 en la "*hacienda de beneficio*" La Purísima, ubicada en Pachuca, capital ahora del Estado de Hidalgo, y uno de los Minerales más notables de la República Mexicana. Por este procedimiento se ha extraído la mayor cantidad de la plata que México ha puesto en circulación; y es además, como dice Sonneschmidt, una operación tan ingeniosa, tan sencilla y tan interesante para la metalurgia, que es imposible exista un metalurgista que no desee instruirse en ella.

En varias obras se encuentran detalladas descripciones de este procedimiento, y para describirlo yo elegiré tres de estas publicaciones que son: la del notable metalurgista Sonneschmidt;² la del inteligente químico Vicente Fernández;³ y la del sabio ingeniero de minas Ma-

- 1 Véase tercera parte de este escrito.

- 2 Federico Sonneschmidt. Tratado de Amalgamación en México. México, 1805.

- 3 Vicente Fernández. Periódico La Naturaleza, México. Tomo IV, 1877 á 79 [Apéndice].

nuel M^a Contreras.¹ Al leer la primera de estas obras se comprende la manera como se ejecutaba este procedimiento en la antigüedad: la segunda publicación indica en detalle la manera de ejecutar el mismo procedimiento en la actualidad y en Guanajuato, Mineral siempre notable, entre otros motivos, por los buenos resultados que allí se han obtenido empleando el sistema de amalgamación; y el tercer escrito es la descripción de los métodos actualmente en uso para conocer, con relativa exactitud, los adelantos y el fin de la amalgamación de la plata en el Beneficio de Patio.

No entraré en minuciosos detalles al hacer la descripción de este procedimiento metalúrgico, detalles² que serían innecesarios para el objeto principal de este estudio; pero sí debo indicar en resumen: las operaciones que constituyen el referido procedimiento; los accidentes y fenómenos que se observan al ejecutarlo; y también, los defectos de que adolece.

MINERALES PROPIOS É IMPROPIOS PARA EL BENEFICIO DE PATIO.

“No todos los minerales que contienen plata son aptos para el “beneficio” por azogue del patio”³ dice Sonneschmidt; y en efecto, sólo las verdaderas especies minerales argentíferas son apropiadas para este sistema metalúrgico, aunque no todas ceden su plata con la misma facilidad.

La plata nativa, la argentita, sulfuro de plata dúctil (llamado molonque), y la cerargirita (plata córnea, plata verde, plata parda, plata azul) cuando se hallan en la matriz en partículas gruesas se aplastan al molerlas y no se pulverizan, razón por la cual no pueden ceder toda la plata que contienen; pero cuando estas mismas especies minerales se encuentran en partículas finas diseminadas en la “guija” ó matriz son apropiadas para el Beneficio de Patio.

1 Manuel M^a Contreras. Periódico Minero Mexicano, Tomo I, 1874. Núms. 45, 46, 47 y 48.

2 Para detalles véase Pedro L. Monroy. Anales del Ministerio de Fomento, Tomo X, 1888, p. 517.—Miguel Rul. Periódico Minero Mexicano, Tomo VIII, núms. 38 á 40 y Miguel Velázquez de León, Anales Mexicanos de Ciencias, 1860, págs. 11-38 y 133-174.

3 L. C., pág. 81.

Los sulfoantimoniuros y sulfoarseniuros de plata como son: las platas negras, polybasita (petlanque acerado), la stephanita (plata agria); y las platas rojas, pyrargirita (rosicler obscuro), proustita (rosicler claro), y la miargyrita, son todos minerales propios para la amalgamación por patio, aun cuando se encuentren en "pintas" gruesas; pero las platas rojas son más difíciles de beneficiar por este procedimiento, que las platas negras.

Los minerales que contienen plata sin ser verdaderas especies argentíferas no son apropiadas para este sistema metalúrgico. Entre estos minerales se encuentran las pyritas (bronces), la galena (relumbrón, esmeril, tezcuatete), la blenda (ojo de gato, ojo de bívora, michoso), y los cobres grises.

Cuando hay necesidad de beneficiar por patio los minerales impropios para este procedimiento, se someten primero á un tratamiento llamado reverberación, y del cual no me ocuparé en este estudio.

Los minerales que indiqué ya como apropiados para este procedimiento metalúrgico no son igualmente fáciles de amalgamar, y de esto proviene su división en minerales "*dóciles*" y "*rebeldes*," según que presenten menos inconvenientes ó mayores dificultades al beneficiarlos por el sistema de patio.

La docilidad y la rebeldía de los minerales argentíferos para el Beneficio de Patio depende de muchas circunstancias. En efecto, una especie mineral argentífera que se encuentra compacta ó maciza no se comporta en este beneficio de la misma manera que cuando está repartida ó diseminada en la matriz, en partículas muy finas; por otra parte, la misma especie mineral presenta diferencias en su beneficio según es la naturaleza de la matriz que la acompaña; pues entre estas matrices hay unas, como el cuarzo, propias para este beneficio; y otras, como la calcita y la arcilla, mucho menos apropiadas. Además, los minerales propios se encuentran muchas veces acompañados por los impropios, y á medida que aumenta la proporción de estos últimos las menas se vuelven más rebeldes, hasta llegar á ser verdaderamente impropias para este sistema metalúrgico.

En vista de lo anterior se comprende que: no se pueden establecer

reglas fijas para distinguir los minerales dóciles de los menos rebeldes, ni éstos de los de mayor rebeldía; pero en cambio, los ensayos docimásticos de los minerales sometidos á este procedimiento, y de los "residuos" de este beneficio, permiten llegar á distinguir las menos dóciles de las rebeldes en cada región minera.

MOLIENDA.

La operación preparatoria en el Beneficio de Patio es la pulverización de los minerales, la cual se consigue por el "granceo," y la molienda que reduce el mineral á polvo fino, condición ésta indispensable para el buen éxito del procedimiento, por las razones que indicaré más adelante. Esta preparación mecánica ha sido notablemente perfeccionada; y se usan hoy para este fin muy buenas maquinarias, con las cuales se obtiene molienda fina y económica.

No me ocuparé en detallar esta operación preparatoria por no ser necesario para el objeto de este estudio; y solamente diré que: en la actualidad la molienda se hace generalmente en húmedo, y se usan desde las antiguas arrastras hasta los molinos chilenos de diversas patentes, y las baterías de mazos de gran peso.¹

El mineral molido en húmedo corre con el agua por canales que lo conducen á grandes depósitos ó tanques, llamados "lameros," en los cuales se asienta el mineral. A medida que el mineral se va asentando se deja salir el agua de la parte alta del lamero, quitando por partes la compuerta de este último. Cuando el mineral está ya asentado formando un lodo que se llama "lama" se vacía el lamero, quitando la última parte ó sea la más baja de la compuerta, y se deja escurrir la lama hacia el patio de la hacienda de beneficio ú oficina metalúrgica.

PATIO.

El "patio" es una superficie enlosada ó enduelada, con poca incli-

¹ Para mayores detalles véase el Boletín del Instituto Geológico de México, N.º 9, págs. 157 á 163. Véase también la comparación entre baterías y molinos en las Transactions of the Amer. Institute Mining Engineers, Tomo 29, p. 776.

nación, rectangular ó cuadrada, y de dimensiones variables en proporción con la importancia de la hacienda de beneficio.

Para formar en el patio lo que se llama una "torta," es decir, una masa grande del lodo mineral llamado lama, dispuesta y formada en figura redonda, se hace primero en el patio un cerco con gualdrillas tiradas en el suelo, cerrando con lama los intersticios; en seguida se transporta la lama que escurre del lamero para este cerco que se llama "cajete," y que limita una superficie de trescientos metros cuadrados aproximadamente. Para hacer el transporte de la lama se emplea el "camon" que es una tabla de encino de 30 centímetros de ancho por 1.83 metros de largo, encorvada en forma de segmento de círculo, y que es tirada del lado cóncavo por una mula. Para que el camon deslice perpendicularmente al suelo, transportando la lama, un hombre lo comprime hacia abajo apoyándose en el borde superior de la tabla, entretanto la mula lo lleva arrastrando. Cuando el cajete contiene la cantidad de lodo mineral, con la cual se va á formar la torta, cantidad que varía por lo general entre 138 y 172 toneladas de mineral, se va decantando el agua por los intersticios de las gualdrillas, y se deja evaporar la lama hasta que adquiere una consistencia pastosa; es decir, ni muy espesa ni muy aguada, en cuyas condiciones, puede decirse, contiene aproximadamente 33 por ciento de agua;¹ y entonces, se quitan las gualdrillas que forman el cajete, y la torta con un espesor de 20 á 30 centímetros queda dispuesta para proceder al beneficio.

ENSAYE.

La primera operación que se hace cuando se va á beneficiar una torta es "sacar el ensaye." Para hacer esto se toma una pequeña cantidad de lama de muchas partes de la torta, tanto del exterior como del interior, procurando sea el mayor posible el número de puntos de los cuales se tome muestra; se seca en seguida la lama sacada de la torta, y se procede á hacer su ensaye docimástico. Como se conoce

¹ Vicente Fernández, Obra citada, pág. 9.

de antemano con aproximación el número de toneladas de mineral que forman la torta, después de ejecutar el ensaye anterior se conocerá también con bastante aproximación, la cantidad total de plata y oro contenida en la misma torta. Teniendo ya este dato, se procede á las siguientes operaciones.

ENSALMORAR.

Consiste la operación de "ensalmorar" en agregar "sal" y sulfato de cobre ó "magistral" á la torta que se va á beneficiar. Para ejecutar esta operación se coloca la sal, en la superficie de la torta, formando montones pequeños, igualmente separados, y repartidos en toda la torta; y después, con palas se van desbaratando estos montones, esparciendo la sal en toda la superficie de la torta, de tal suerte que quede esta substancia uniformemente repartida.

Con el sulfato de cobre ó magistral y una poca de sal se forman cuatro montones, los cuales se colocan en el centro de las cuatro partes en que se supone dividida la torta; y después, se esparcen estos montones procurando que la repartición del sulfato en la torta sea lo más uniforme posible.

La cantidad de sal que se emplea en este beneficio varía según la mayor ó menor proporción de cloruro de sodio contenido en ella. La mejor sal es la que se llama blanca, gruesa, ó sal de la mar; pero se emplea también la llamada sal tierra ó del Peñón Blanco lugar éste situado entre San Luis Potosí y Zacatecas. La presencia del "tequezquite" en la sal es nociva para el Beneficio de Patio, y si la cantidad de este sesquicarbonato de sosa es considerable, la sal será inservible, ó habrá que emplear mucha mayor cantidad de esta substancia.

De la sal blanca gruesa se empleaba antiguamente del uno y medio al dos por ciento del peso del mineral;¹ y de la sal tierra se llegaba á duplicar esta cantidad. En la actualidad se emplea mucha mayor cantidad de sal marina como se comprende por los siguientes datos: para minerales que contienen de 5 á 8 décimos de kilo de plata por tonelada

¹ Los minerales que necesitan mucha sal se les llama "satineros."

métrica, se agregan 5 kilos de sal por cada décimo de kilo de plata, ó sea del $2\frac{1}{2}$ al 4 por ciento del peso del mineral; para "leyes" de 1 á 1.7 kilos de plata se ponen 3 kilos de sal por décimo de kilo de plata, ó sea del 3 al 5 por ciento del peso del mineral; y para leyes mayor de 1.7 kilos de plata se agregan 2 kilos de sal por cada décimo de kilo de plata contenido en la tonelada de mineral. Este aumento en la cantidad de sal que se emplea en la actualidad, lo considero perfeccionamiento notable, por las razones que indicaré en la segunda parte de este escrito.

Antiguamente se empleaba para el Beneficio de Patio el "magistral;" que es la chalcopirita (sulfuro de cobre y fierro) reverberada; es decir, una mezcla de sulfatos de cobre y fierro, con sesquióxido de fierro. Según la calidad del magistral variaba la proporción de los anteriores componentes, considerándose de muy buena calidad cuando contenía 36 por ciento de sulfato de cobre, 16 por ciento de sulfato de fierro y 45 por ciento de sesquióxido de fierro.

La cantidad de magistral que se empleaba en el Beneficio de Patio variaba según la calidad de esta substancia y también según la naturaleza del mineral de plata. Si el mineral era dócil, es decir, fácilmente atacable por las substancias ó compuestos químicos empleados en este procedimiento, se empleaba en la proporción de medio á uno por ciento del peso de mineral por beneficiar; pero con minerales rebeldes, es decir, difíciles de beneficiar por este procedimiento, ó si el magistral era de mala calidad, llegaba á las veces hasta el 5 ó 6 por ciento la cantidad de magistral necesaria para el beneficio. En la actualidad en muy pocas haciendas de beneficio se emplea el magistral, pues en casi todas se usa el sulfato de cobre cristalizado que se importa del extranjero, ó el que resulta del apartado del oro y la plata en las Casas de Moneda. De este sulfato de cobre se emplean ahora: $2\frac{1}{2}$ á $3\frac{1}{2}$ kilos¹ por tonelada de mineral contenido en la torta que se trata de beneficiar.

1 V. Fernández. Publicación cit., p. 9.—Se llaman "frios" los minerales que requieren mucho sulfato para su beneficio; y "calientes" se llaman los que necesitan poco.

Ensalmorada ya la torta se procede á "*repararla*," para que la sal y el sulfato se disuelvan y se incorporen perfectamente con el mineral.

REPASOS.

Se llama "*reparar la torta*" batirla con caballos ó mulas que se hacen caminar sobre ella, gobernados por un hombre á cuyo derredor giran formando círculos. De tiempo en tiempo el hombre camina de un punto para otro de la misma torta, y continuando el movimiento circular de los animales alrededor de él se llega á batir ó reparar toda la torta.

Antiguamente, y sobre todo en las haciendas de beneficio pequeñas, el repaso se hacía con hombres; y se tenía la idea que el repaso con gente permitía obtener mayor cantidad de plata que cuando se repasaba con animales. En la actualidad el repaso se hace generalmente con caballos, llamando "*cobra*" á la reunión de 12 ó 15 de estos animales; y en la hacienda de beneficio de Loreto, en Pachuca, se repasan ahora las tortas con aparatos mecánicos movidos por electricidad, aparatos que han dado buen resultado práctico porque se disminuye la "*pérdida mecánica*" del mercurio, de la cual hablaré después.

Cuando ha terminado el repaso de una parte de la torta se procede á "*voltearla*," es decir, á removerla, de tal suerte que la lama que se encuentre en el fondo pase á la superficie de la torta y viceversa. Esta operación la ejecutan hombres provistos de palas de madera, y también recogen la orilla de la torta para que no se extienda ésta demasiado.

Se emplean para el repaso de las tortas grandes, uno ó dos hombres con 12 ó 15 caballos, cada uno; y para voltearla se necesitan ocho peones. El repaso dura seis ú ocho horas, y en el mismo tiempo se voltea la torta.

Repasando y volteando la torta se consigue hacer homogénea la composición de ésta; y que el mercurio, después del "*incorporo*" cambie de lugar, se divida en globulitos, y por la fricción se limpie la superficie de estos últimos.

13 Repasando la torta después de ensalmarla se consigue que la sal y el sulfato de cobre se disuelvan y formen con la lama un todo homogéneo. Conseguido lo anterior se procede al "incorporo."

INCORPORAR.

Se llama "*incorporar*" á la operación de mezclar el mercurio con la lama que forma la torta. Para ejecutar esta operación es indispensable que la lama no esté ni muy espesa ni muy blanda, sino de una consistencia conveniente, la cual se conoce en que los animales caminan en la torta más bien con dificultad que con mucha facilidad, y en cuyo caso tiene la lama un 33 por ciento de agua aproximadamente, como dije antes.

Para hacer el "incorporo" se pone primero el mercurio (azogue) en lienzo ó gamuzas al través de los cuales puede pasar en gotitas finas, en forma de lluvia, cuando se prensa el lienzo con las manos. El lienzo, con 7 ó 9 kilos de mercurio, lo lleva un hombre en las manos, y á la vez que prensa el lienzo le da un movimiento oscilatorio y camina por toda la torta, repartiendo el mercurio que sale del lienzo en lluvia fina, y procurando que la repartición sea uniforme en toda la superficie de la torta que se va á beneficiar.

14 La cantidad de mercurio que se considera necesaria para concluir el beneficio es de: 6 á 8 kilos por cada kilo de plata contenido en la torta; pero de esta cantidad total de mercurio sólo se agregan en el incorporo las $\frac{2}{3}$ partes, y generalmente sólo la mitad, ó sea de 3 á 4 kilos por cada kilo de plata, llamando "*empleo*" á esta cantidad de mercurio.

Terminada la repartición del azogue se repasa¹ la torta, y después se deja "*reposar*."

El incorporo se hace en muchas haciendas de beneficio el mismo día en que se ensalmore la torta; y en otras, el incorporo se hace un día después del ensalmore. Antiguamente se procedía también de dos

1 A los "*metales calientes*" se les da "*repaso suave*," y á los "*metales fríos*" se les da "*fuerte*."

maneras: algunos "azogueros" ó beneficiadores después de agregar el magistral á la torta, y sin repasar ésta, la incorporaban, poniendo el azogue inmediatamente encima del magistral, método que llamaban "estrellar;" y otros, incorporaban después de pasados varios días del ensalmoro, y á este último procedimiento lo llamaban "beneficio del curtir, ó del curtido." Empleando el método de estrellar abreviaban el beneficio, pero aumentaba la pérdida del mercurio;¹ y siguiendo el beneficio del curtido se disminuía la pérdida del mercurio, pero parece que disminuía también la cantidad de plata extraída del mineral.

Una vez incorporada la torta, el beneficio comienza; y entonces se repasa la torta un día y se la deja descansar otro; y por medio de "tentadura" se van observando los adelantos alcanzados en el beneficio, y los "accidentes" de éste, para remediarlos como indicaré adelante.

TENTADURAS.

Se llama "tentadura" al residuo que deja una poca de lama cuando se deslíe suavemente en agua dentro de una vasija en forma de casquete esférico,² y mediante adecuados movimientos en una tina llena de agua se hace salir de la vasija la parte más ligera de esa lama.

"Tentar una torta" es reconocer el estado en que se encuentra el azogue y la "limadura" en ella, para lo cual se hace el ingenioso ensaye antes descripto y conocido con el nombre de "sacar tentadura."

Para sacar tentadura de una torta en beneficio, se toma con dos dedos una poca de lama de varios lugares de la torta, procurando, en cuanto cabe, sea de todas partes, tanto de las interiores como de las exteriores, de la misma torta; se reúnen estas diversas y pequeñas cantidades de lama en una vasija, y así se tendrán sobre 250 gramos de lama, cuya composición se supone ser un promedio de la que tiene la torta en ese momento. Se pone en seguida la lama en una jicara, y por el procedimiento antes indicado, se quitan las partes ligeras hasta

¹ Sonnenschmidt. Lugar cit., p. 126.

² "Jicara." Véase Sonnenschmidt, L. C., pág. 31.

obtener la tentadura, ó sea el depósito formado por las partes metálicas y minerales más densas. Se agrega á este depósito una pequeña cantidad de agua limpia, se le dan á la jícara golpecitos con la mano, y se le imprimen ciertos movimientos particulares que permiten la separación de los distintos elementos que constituyen el depósito ó "asiento."

: Una tentadura se divide en las siguientes partes: la "cabeza," ó parte superior; el "cuerpo," ó parte media; y el "botón," ó parte baja. La cabeza se divide en dos: la parte más externa, formada por la "liz de azogue" ó "desecho,"¹ que es el mercurio en estado pulverulento; y la parte interna que contiene la "limadura," ó sea una amalgama de plata en polvo grueso, blanco y brillante, amalgama que ni en la tentadura ni en la torta se ha reunido todavía al resto de la amalgama de plata. El cuerpo está constituido por los minerales argentíferos aun no atacados ó inatacables por este sistema metalúrgico, y en la parte cercana á la cabeza se encuentra también alguna limadura. El botón es el glóbulo de mercurio y amalgama de plata, disuelta en el primero, y cuyo tamaño depende principalmente de la cantidad de lama tomada para hacer la tentadura. El botón es más ó menos líquido ó pastoso según la cantidad de plata que contiene, y por causa de su movilidad se encuentra en la parte más baja de la jícara.

"Ver la tentadura" es hacer de ella el siguiente exámen: Se toma la jícara con la mano derecha y se restrega la limadura con el dedo pulgar de la mano izquierda; se observa su color, el grueso de las partículas de que consta, la facilidad ó dificultad con que se reúnen las partículas al restregarlas; y se ve si la amalgama reunida es fluida, espesa ó seca. Se observa en seguida el cuerpo, para conocer los minerales que lo forman. Por último, se mira el color del botón; se observa si restregándolo se enturbia el agua y se llena de unas nubecitas de color blanco agrisado, lo cual se llama "humear;" y se calcula la cantidad de plata amalgamada, apreciando la proporción en que se encuentren el azogue que escurre al apretar el botón con el dedo pulgar,

¹ Se le llama también "Cefa."

y la "pella" de plata que se queda adherida al dedo cuando se exprime el referido botón.

Por el estudio anterior de la tentadura se puede saber el estado en que se encuentra el beneficio de la torta, sus adelantos, sus accidentes, los "materiales"¹ que sobran ó faltan, la cantidad de plata amalgamada, y el final del beneficio. En vista de lo anterior, dice Barba, el célebre metalurgista del Perú é inventor del "beneficio por cazo," que: en el Beneficio de Patio "el azogue es el espejo en que se representa la buena ó mala disposición del mineral, y los varios accidentes que pueden ocurrir en el curso del beneficio."

Para comprender de qué manera pueden guiar las tentaduras al beneficiador por el sistema de patio, paso á indicar los cambios que se observan en las referidas tentaduras, según son los adelantos y accidentes del beneficio.

ADELANTOS Y ACCIDENTES DEL BENEFICIO DE PATIO.

Si se hace una tentadura inmediatamente después de concluir el repaso del incorporo, se encontrará en la tentadura además del cuerpo formado por el asiento mineral, la cabeza constituida por el desecho de azogue, en el que casi no hay amalgama de plata. En esta primera tentadura debe observarse con atención el color que tiene el azogue: si se encuentra con su color natural ó tirando más ó menos á un color amarillento, es señal de que falta sulfato de cobre en la torta; si el azogue tiene en la superficie un ligero color agrisado, poco notable, es señal de que el beneficio ha comenzado bien; y si el azogue tiene un color muy aplomado ó gris de ceniza subido, indica que la cantidad de sulfato de cobre agregada á la torta ha sido demasiada, y que el beneficio se encuentra ya en el estado que llaman "caliente."

Con las palabras "caliente" ó "calentura" se designa la circunstancia de haber exceso de bicloruro de cobre en la torta, por haberla agregado mucho sulfato de este metal. La calentura se reconoce por los siguientes caracteres de la tentadura: el desecho y el botón tienen

1 Los materiales "se reducen á tres: sal, magistral y cal." [F. Garcés y Egufa.]

un color gris de plomo; la limadura que se encuentra en el cuerpo y en la cabeza pierde su aspecto metálico brillante y queda blanca mate, ó también gris azulada; por último, restregando con la yema del dedo pulgar el botón ó la limadura contra el fondo ó la pared de la jícara, que son negros, abandonan un polvo blanco que en forma de nube se levanta hasta flotar en la superficie del agua; y á las veces, este polvo blanco se adhiere también á la jícara formando una huella blanquizca por donde se hizo pasar el botón al restregarlo, en cuyo caso se dice que "*raya*" el botón. Cuando la calentura es excesiva, se dice que la torta está "*volada*;" y en este caso, el botón se divide en glóbulos, y su color gris aplomado llega á ser casi negro. Cuando la calentura es muy leve, se dice que la torta está "*tocada*."¹

Si la tentadura hecha después del incorporo indica falta de sulfato de cobre, no debe agregarse desde luego este compuesto sino que debe esperarse uno ó dos días, y solamente que el aspecto de la tentadura no cambie después de este tiempo, se agregará un poco más del referido sulfato, á lo cual se llama "*poner una espuela*." Si la torta está tocada no es una circunstancia dañosa; y por el contrario, contribuye á la terminación más rápida del beneficio, y puede desaparecer esta calentura sin necesidad de aplicar ningún remedio. Si la torta está caliente ó muy caliente en el incorporo, debe remediarse desde luego, porque la calentura causa mucha pérdida de azogue y paraliza ó atrasa el beneficio. Para "*remediar*"² la calentura en el incorporo ó poco tiempo después, lo mejor y más fácil es agregar una nueva porción de lama que aun no haya sido ensalморada, con lo cual bajará el color del botón y seguirá adelantando el beneficio de la torta, sin exponerlo á ningún inconveniente.

La tentadura de una torta, veinticuatro horas después del incorporo; presenta distinto aspecto de la tomada el mismo día del incorporo. En efecto, transcurrido el tiempo ya indicado se encuentra el botón con alguna amalgama de plata, la cual se separa comprimiendo el botón

1 Se dice también está "*picada*."

2 Se dice también "*corregir*."

en la cabeza de la tentadura, en vez de puro desecho, hay limadura de plata, en pequeñas hojitas ó granos brillantes, de un color amarillento, y que restregados con el dedo se reunen formando lo que se llama "*pasilla*," ó sea una amalgama seca de plata. Los caracteres anteriores son la mejor señal de que el beneficio está bien encaminado; y además, por la cantidad y caracteres de la limadura se podrán distinguir los minerales pobres de los ricos en plata, siempre que las cantidades empleadas de sal, sulfato de cobre y mercurio, sean las convenientes. En efecto, si la limadura es abundante, de partículas gruesas y duras, y que no obstante restregarla con el dedo no se reuna en pasilla, son señales evidentes de la riqueza en plata del mineral en beneficio; y si por el contrario, la limadura escasea y sus partículas son pequeñas, delicadas, blandas y que se reunen fácilmente, el mineral es pobre en plata ó rebelde á este sistema metalúrgico.¹

Después de unos días de incorporada la torta, la tentadura puede presentar alguno de los siguientes aspectos.

Cuando la torta está en buen beneficio, adelantando sin accidente alguno, la tentadura presenta los caracteres normales, es decir: el desecho está en forma de polvo, pero por el menor frotamiento se reune en una sola gota; la limadura se encuentra blanca, metálica, brillante, y fácilmente se adhiere al botón; y este último está formado por un solo glóbulo, de color ligeramente aplomado, y contiene amalgama de plata. En este caso no se necesita más que reparar y voltear la torta unos días y dejarla otros en "*reposo*" ó descanso hasta concluir el beneficio.

Cuando la torta está tocada, la tentadura presenta, aunque debilitados, los caracteres que indiqué antes, al tratar de la calentura de la torta. El estado de la torta tocada, es el intermedio entre el estado normal y el llamado caliente. Cuando la torta está solamente tocada, puede agregársela una poca de sal, aunque este estado desaparece muchas veces sin aplicar ningún remedio.

1 En el Estado de Guerrero, para conocer la ley de plata de un mineral forman una tortita, que llaman "gufa," con 4 libras de mineral, le agregan sal, algunos adarmes de sulfato de cobre, y mercurio, la repasan con la mano, y según la pella que se obtiene calculan la riqueza en plata. Sirve también esta gufa para saber qué cantidad de sulfato necesita el mineral para su beneficio.

Cuando la torta está caliente ó volada, la tentadura presenta los caracteres ya indicados, y debe aplicársela el "remedio"¹ desde luego. Las substancias que se emplean para corregir la calentura en las tortas en beneficio, son las siguientes: Si la calentura se presenta al principio del beneficio, se agregan á la torta, como dije antes, lamas que no hayan sido ensalморadas. Si la calentura aparece después de algunos días, cuando el beneficio ha progresado ya, se agrega á la torta alguno de los siguientes agentes: sal marina, cal viva, ceniza de madera, lamas ya beneficiadas, lodo podrido, amalgama de zinc, cobre precipitado ó thiosulfato de sosa; agentes que remedian el mal, pero cuya aplicación es difícil, pues con excepción del cobre precipitado, que no se usaba en la antigüedad, todos los otros, cuando se aplican en exceso, paralizan el beneficio. Por lo tanto, no debe agregarse de estos agentes más de la tercera parte de la cantidad que se juzgue necesaria para quitar la calentura por completo; si al día siguiente de este aditamento, la tentadura indica que la torta continúa caliente, se agrega, de los referidos agentes, otra cantidad igual á la que se agregó primero; y si al tercer día aun no desaparece la calentura, se agrega otra cantidad menor que una de las anteriores; y así se continúa con prudencia hasta poner á la torta de nuevo en buen beneficio. Antiguamente se preferían las lamas ya beneficiadas para bajar la calentura, sobre todo cuando las tortas contenían minerales ricos, y de esas lamas, agregaban un barril por tonelada de mineral, el primer día, y en los siguientes días agregaban mayor cantidad cuando era necesario. En la actualidad se usa de preferencia, como remedio para la calentura de las tortas, el cobre precipitado, lo cual considero buen perfeccionamiento, por las razones que indicaré en la segunda parte de este escrito.

Otro aspecto que puede presentar la tentadura, es el siguiente: mucho desecho, la limadura al restregarla con el dedo pulgar se reúne en globulitos de azogue muy líquido, muy movedizos, y que por lo mismo "ruedan" fácilmente indicando que no contienen plata, ó se

1 Se dice también "corre tivo."

encuentra ésta en mínima cantidad; y por último, el botón tiene un color amarillento, á las veces irisado, otras, gris negruzco ó negro de fierro. Los caracteres anteriores indican que la torta está "*fría*," es decir, que le falta sal ó sulfato de cobre, y que por lo mismo el beneficio no adelanta. Esta circunstancia no es dañosa, y es fácil de remediar este accidente agregando á la torta una cantidad moderada de sulfato de cobre ó sal.

Para conocer si falta sulfato de cobre ó sal cuando una torta está fría, hay que atender á los siguientes caracteres de la tentadura. Cuando falta sulfato, el azogue de la limadura del botón y del desecho tienen su color natural, y restregando fuertemente el botón ó la limadura contra la jicara no deja huella blanquizca, "*no raya*" como dicen los azogueros. Si falta sal, el azogue tiene un color aplomado, á las veces irisado, pierde el botón su figura globular y toma una aplastada, y al comprimir ó frotar la cabeza de la tentadura no deja amalgama, sino que el azogue se reúne en globulitos que ruedan fácilmente.

El color gris negruzco ó negro de fierro que presenta el botón de la tentadura cuando la torta está fría suele confundirse, no teniendo práctica, con el color gris de plomo que tiene cuando la torta está caliente; pero se diferencian bastante bien estos dos accidentes porque el color que indica calentura, aunque se aproxima á veces al gris algo negruzco, nunca es tan negro como el que demuestra frialdad. Además, en el botón que indica calentura nunca se encuentran colores irisados, y al restregar el botón, cuando la torta está caliente, turba el agua, raya, y forma nubecitas blancas como dije antes; en tanto que si la torta está fría, el botón no raya, turba el agua muy poco, casi nada, y las nubecitas que se forman ni son tan abundantes ni tan blancas como cuando la torta está caliente.¹

Entre los colores del botón de la tentadura, cuando la torta está fría, he mencionado el amarillo, y respecto á este color debo observar lo siguiente: cuando se presenta el día del incorporo, no debe agregarse

1 "La calentura siempre forma un polvillo ceniciento, que hace la superficie del azogue pulverulenta más ó menos sensible; la frialdad, por el contrario, siempre la deja lisa, nunque sea en color aplomado ó cenizo." [F. Garcés y Egufa].

sulfato de cobre á la torta sino que debe esperarse uno ó dos días; si pasado este tiempo persiste el color amarillo del botón, y además la limadura es muy blanda y produce una amalgama fluida al oprimirla, es preciso agregar una cantidad moderada de sulfato; pero si durante el beneficio aparece alguna vez en el botón el color amarillo y la limadura está en buen estado, es decir, que al oprimirla produce la amalgama seca de plata llamada pasilla, no hay necesidad de agregar sulfato mientras la limadura presente este carácter, sino que es bastante repasar y voltear la torta.

El aspecto que presenta la tentadura cuando el beneficio ha concluído, es el mismo ya indicado para cuando la torta está fría, y el azogero tiene que distinguir estos dos diferentes casos, para lo cual debe tener presente: la riqueza del mineral que se sometió á este procedimiento; las cantidades de sal, sulfato de cobre y azogue que se hayan agregado á la torta; y el número de días que tenga ésta en beneficio. Formando con estos datos un registro minucioso y detallado, el beneficiador podrá apreciar debidamente los caracteres que presenten las tentaduras, y conocerá por éstas cuando haya concluído el beneficio de una torta.

Los días en que se repasa una torta, se saca tentadura antes que el repaso termine, con objeto de remediar desde luego, en caso necesario, alguno de los accidentes ya mencionados, agregando á la torta el agente químico que se crea útil, y en seguida se concluye el repaso.

CEBAR.

Al hablar del incorporo, indiqué que en esta operación sólo se agrega á la torta la mitad ó las dos terceras partes de la cantidad de mercurio que se considera necesaria para concluir el beneficio; y por lo tanto, pasados algunos días del incorporo, hay necesidad de agregar nueva cantidad de azogue, y á esta operación se le llama "*cebar la torta.*"

El momento oportuno para cebar una torta lo indica la tentadura, pues el azogue del botón se seca por completo, es decir, queda forma-

do por amalgama de plata bien seca.¹ Entonces se hace un nuevo aditamento de azogue,² repartiendo este metal en la torta de la misma manera que indiqué antes, y la cantidad de mercurio que se agregue será la cuarta ó la tercera parte de la empleada en el incorporo. Después de cebar la torta se repasa, voltea, y en seguida se la deja reposar.

Inmediatamente después de haber cebado y repasado la torta, la tentadura se presenta á veces con la limadura algo desmejorada ó ablandada, aspecto que presenta también cuando el beneficio ha terminado; y por lo mismo, no se puede formar desde luego un juicio exacto acerca del estado del beneficio, sino que debe esperarse un día para que la limadura tome el aspecto que le corresponde según los adelantos alcanzados en el beneficio.

Si pasados algunos días después de cebar la torta se vuelve á secar el botón de la tentadura se deberá cebar la torta otra vez; y así, ayudado por las tentaduras, que son según el Sr. V. Fernández: "las riendas del beneficio," se guiará el adelanto de este último y se corregirán en su caso los accidentes que puedan presentarse hasta la terminación del beneficio de la torta.

DURACIÓN DEL BENEFICIO DE PATIO.

El tiempo necesario para la amalgamación de la plata por este sistema metalúrgico es variable, y depende de varias circunstancias, como son: la naturaleza del mineral argentífero y de su matriz, la espesura de la lama, los accidentes que se hayan presentado en el curso del beneficio; el acierto en el uso del sulfato de cobre, la frecuencia y buena aplicación del repaso, la altura del lugar sobre el nivel del mar, y las condiciones meteorológicas durante los días del beneficio.

¹ Para cebar es necesario que la torta esté en buen beneficio, sin accidente alguno.

² Al azogue agregado en esta operación se le llama "cebo."

Para cantidades de mercurio en estos "cebos" véase Joseph Garcés y Egüfa. Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata. México, 1802. pág. 97.

Los minerales se dividen, como he dicho, en dóciles y rebeldes; los primeros emplean mucho menos tiempo que los segundos para ceder al mercurio la plata que contienen. Los minerales dóciles se benefician en 10 ó 15 días, y los rebeldes dilatan 30 ó 40 días en beneficio; y en todo caso, la mayor riqueza del mineral alarga la duración de este procedimiento.

La naturaleza de la matriz influye notablemente en la duración de este procedimiento, pues si la matriz es cuarzo ó caliza, la solución de los compuestos químicos se reparte mejor y con más facilidad en la torta que cuando la matriz es arcillosa, razón por la cual la presencia de esta última llega hasta duplicar el tiempo que sería necesario emplear en el beneficio del mismo mineral argentífero, si la matriz fuera caliza ó cuarzosa.¹

La espesura de la lama es otra de las circunstancias que influyen notablemente en la duración del procedimiento; pues cuando el lodo está blando, el repaso no ocasiona tan buen frotamiento como cuando está espeso; por otra parte, en un lodo aguado el mercurio no se subdivide bastante y su radio de acción será menor; además, al disolverse en mucha agua la sal y el sulfato de cobre se forma una disolución diluída, la cual obra con más lentitud que una concentrada. Por lo tanto, si se beneficia una lama blanda hay necesidad de emplear mayor cantidad de sulfato que cuando está espesa; y entonces puede suceder, que: al secarse la torta, la concentración de la solución de cobre sea mayor de la necesaria, y la torta se caliente, lo cual atrasa al beneficio por lo que diré adelante. En vista de lo anterior, nunca debe incorporarse con la lama blanda; y para beneficiar en el menor tiempo posible debe conservarse la lama ni muy espesa ni aguada, sino de la consistencia conveniente ya indicada.

La calentura de una torta en beneficio además de ocasionar mucha pérdida de azogue, atrasa el beneficio,² pues al cubrirse este metal con la película gris de plomo, que se observa en el botón de la tenta-

¹ Véase Malaguti et J. Durocher. *Annales des Mines*, 4^a Serie, Tomo XVI', 1850, págs. 502, 532 y 627.

² Sonneschmidt, L. C., pág. 16 y 17.

dura de una torta caliente, se impide el contacto directo entre el mercurio y la solución de cobre y el mineral, y por lo mismo se dificulta la amalgamación de la plata. Además, para bajar la calentura de una torta hay que proceder con prudencia al aplicar el remedio, como dije antes, para no tropezar después con mayores dificultades en el beneficio; y el tiempo empleado en remediar este accidente es tiempo casi perdido en el beneficio del mineral. La frialdad de una torta es debida á la paralización del beneficio; y por lo mismo, el tiempo necesario para corregir este accidente, es también tiempo perdido en el beneficio. Por lo anterior se comprende fácilmente que: en igualdad de circunstancias, la duración del beneficio será mayor cuando se presenten los accidentes mencionados, que cuando el beneficio progresa en sus condiciones normales.

La cantidad de sulfato de cobre empleado en este procedimiento influye notablemente en su duración; pues si la cantidad es muy pequeña, la solución será muy diluida, el ataque del mineral se efectuará con lentitud, y el beneficio adelantará despacio; en cambio, si la cantidad de sulfato de cobre es mayor que la necesaria, la torta se calienta, y este accidente demora el beneficio, como dije antes.

El repaso acelera el procedimiento, porque á la vez que hace relativamente homogénea la composición de la torta, translada y divide al mercurio en globulitos, y al limpiar la superficie de éstos, por la fricción que origina, permite un contacto mejor entre este metal y el mineral argentífero, y todas las reacciones químicas se aceleran, como diré después. Sin embargo de lo anterior, no todos los minerales requieren el mismo número de repasos, pues los rebeldes necesitan más que los dóciles; pero en todo caso, de la buena aplicación de los repasos depende el buen éxito y rapidez del procedimiento.

Como la altura de un lugar influye en su clima, y como una elevación de temperatura acelera las reacciones químicas, dice Sonnenschmidt que: se emplea mucho más tiempo para beneficiar minerales idénticos en lugares altos, que en los de poca elevación sobre el nivel del mar.¹

¹ Sonnenschmidt, Loc. Cit., pág. 59.

Las condiciones meteorológicas hacen variar mucho la duración de este sistema metalúrgico. En efecto, el calor es favorable porque, como es bien sabido, acelera las reacciones químicas, y violenta por lo mismo el beneficio; pero en cambio el frío es nocivo, porque al solidificarse una parte del agua de la torta, la solución de cobre se concentra y esto ocasiona muchas veces que la torta se caliente, lo cual, como dije antes, demora el beneficio. Las lluvias ablandan la lama y diluyen la solución de cobre, y por las razones que indiqué ya, estas dos cosas demoran el procedimiento. Según lo anterior, se puede concluir que: en días buenos, con mucho sol, el beneficio será más rápido que en días fríos ó muy lluviosos.

Como datos prácticos acerca de la duración de este procedimiento, pueden indicarse los siguientes: 10 días es el tiempo mínimo, 60 el máximo y 22 el tiempo medio que se emplea en el Beneficio de Patio, desde el ensalmar hasta "*rendir la torta.*"

RENDIR.

Se dice que una torta está rendida cuando se ha amalgamado ya toda la plata que puede extraerse del mineral argentífero por el Beneficio de Patio.

La tentadura indica el final del beneficio cuando presenta los siguientes caracteres: no se encuentra limadura, sino que la cabeza está formada por desecho de azogue, que restregado con el dedo, se junta en gotitas, las cuales ruedan fácilmente; y además, la pastosidad del botón ya no aumenta. El reconocimiento de la cabeza de la tentadura debe hacerse con mucho cuidado, porque á veces se encuentran juntos limadura buena y desecho, y suelen no distinguirse cuando se restrega la cabeza sin cuidado. Por este motivo, debe extenderse todo el asiento en la jícara, y restregarlo poco á poco, empezando por abajo, y apartando con el agua lo que se reuna en masa ó gotitas, las que se inspeccionan para ver si tienen pasilla, amalgama seca de plata. Cuan-

1 Se dice entonces que la "*tíz chorrea.*"

do se observa esto último, no se puede decir con seguridad que la torta esté rendida.

Las indicaciones anteriores de la tentadura para conocer el final de la amalgamación por patio, son buenas siempre que no se haya cometido algún error en el beneficio, y que las cantidades agregadas de sulfato de cobre y mercurio hayan sido las necesarias. En efecto, si la cantidad de sulfato agregada, no es la suficiente para concluir el beneficio de la torta, llegará ésta al estado frío, y en este caso, como indiqué antes, la tentadura puede presentar el mismo aspecto que cuando la torta está rendida, aun cuando esto último no sea en realidad. Por otra parte, si en el incorporo, ó al cebar, se agregó á la torta más azogue, de la cantidad conveniente ya indicada, puede suceder que nunca se perciba la limadura, y por lo mismo, parecería por esto que la torta estaba rendida cuando tal vez apenas empezaba su beneficio. Siempre que se agrega á una torta más azogue de la cantidad conveniente, la limadura desaparece, y casi todo el mercurio se convierte en desecho, circunstancia ésta que se llama "*empanturrar*," y que cuando se presenta la tentadura, tiene el mismo aspecto que cuando la torta está rendida. Por lo tanto, deben tenerse en cuenta las indicaciones anteriores, para no llegar á una conclusión falsa acerca del final del beneficio, cuando se trate de conocer éste por los caracteres de la tentadura solamente.

En la antigüedad, para conocer el final del beneficio, sacaban de la torta una ó dos arrobas de lama, y con esta formaban una tortita que llamaban "*guía*" ó "*hijuela*;" se agregaba á esta guía una cantidad moderada de magistral ó de sulfato de cobre y se repasaba con gente, disponiendo las pisadas en línea espiral, comenzando por la orilla para concluir en el centro de la torta, aunque á veces se disponían las pisadas en líneas paralelas, cruzadas por otras perpendiculares, pero en todo caso, se sacaba tentadura de la guía, veinticuatro horas después de haber agregado el magistral. Cuando esta tentadura se encontraba en el mismo estado que la tomada de la torta en beneficio, es decir, sin legítima limadura que restregada se reuniera en pasilla, se consideraba la torta rendida; pero era preciso, además, para que la conclu-

sión anterior fuera exacta, que la cantidad de sulfato ó de magistral agregada á la guía no hubiera sido tan pequeña que no produjera efecto en ella, ni tanta que llegara á calentarla.

En la actualidad, se conoce el adelanto diario y el final de la amalgamación de la plata en el Beneficio de Patio, no sólo por los caracteres de la tentadura, sino por los procedimientos llamados: "*ensaye de pella*" y "*ensaye de residuos*."

Para hacer el ensaye de pella se procede de la siguiente manera: Se saca de la torta en beneficio, cierta cantidad de lama, medio kilo aproximadamente, procediendo de la misma manera que indiqué al hablar del modo como deben sacarse las tentaduras; en seguida se coloca la lama en una vasija y después de desleirla en agua, se mete la vasija dentro de un depósito lleno también de agua, y mediante movimientos apropiados se expulsa con cuidado toda la matriz del mineral, hasta dejar solamente en la vasija ó jícara la tentadura, formada por los minerales más densos y los metales contenidos en la lama en beneficio; y por último, se refriega con cuidado la cabeza y el cuerpo de la tentadura, con objeto de que todo el mercurio y la amalgama de plata que se encuentre en ellos se reuna con el botón, que es el que debe ensayarse de la siguiente manera. Se coloca el botón de la tentadura sobre un papel secante, con el cual se le quita la humedad; se pesa el botón ya seco, en balanzas que puedan apreciar un milígramo; en seguida se coloca el botón sobre papel de china en una copela, extendiéndole para que quede delgado, y se aproxima la copela poco á poco á la boca de la mufla, con objeto de que el mercurio se evapore muy lentamente y no se pierda ninguna partícula de plata; y por último, se coloca la copela en la parte media de la mufla en donde se deja hasta que la plata comience á fundirse. La evaporación del azogue puede hacerse también en un crisol de arcilla refractaria ó de fierro, calentado con lámpara de alcohol de doble corriente, refogando el botón de plata, con el soplete sobre carbón, hasta el principio de fusión de la plata. El papel de china usado en estos ensayes, tiene por objeto formar una capa de ceniza que impida á la plata adherirse al fondo de la copela ó del crisol. El botón de plata, obtenido como acabo de decir, se deja enfriar, se limpia con una brocha, y se pesa.

Conociendo el peso del botón de la tentadura, el peso de la plata contenida en él, y la cantidad de mercurio agregada á la torta, se puede conocer el peso de la plata amalgamada en la torta hasta el momento de sacar la tentadura, empleando para esto la siguiente fórmula:

$$(A) \quad x = \frac{e b}{m + \frac{1}{2} b}$$

En esta fórmula: x representa el número de kilos de plata ya amalgamada; e , el número de kilos de mercurio que se han agregado á la torta en beneficio; b , el peso de la plata contenida en el botón de la tentadura; y m , el peso de este botón.

La determinación anterior supone dos cosas: en primer lugar, que la plata amalgamada esté uniformemente distribuída en todo el mercurio contenido en la torta; y en segundo lugar, que por cada unidad de peso de plata amalgamada se haya perdido unidad y media de mercurio en el beneficio y en el lavado. Supuestas las dos condiciones anteriores, es muy sencilla la proporción que sirve para determinar el valor de la cantidad x ; pues el peso de la plata obtenida al que mar el botón b , es al peso del mercurio volatilizado $m - b$, como la cantidad de plata amalgamada en la torta x , es al peso del mercurio agregado á esta torta menos una y media veces la cantidad de plata amalgamada $e - \frac{3}{2} x$, ó sea:

$$b : m - b :: x : e - \frac{3}{2} x$$

de la cual se deduce $x = \frac{e b}{m + \frac{1}{2} b}$

Con objeto de que la primera suposición antes indicada se aproxime á la realidad, deben sacarse de la torta los ensayos de pella precisamente el día en que se repase, y por lo menos cuatro ó cinco horas después de estar "*andando*" la torta, y mejor aún después de voltearla, pues se observa que en las tortas cuando están "*paradas*" el mercurio de las partes de encima es más rico en plata que el que se

encuentra adentro de la torta. Además, y con el mismo objeto, es conveniente sacar dos ensayes de pella de la misma torta y comparar los resultados obtenidos, adoptando el término medio si son poco diferentes, ó en caso contrario, repetir la operación sacando nuevas tentaduras.

La segunda suposición de las ya indicadas, á veces se encuentra muy lejana de la verdad. En efecto, la cantidad de mercurio perdida en este procedimiento metalúrgico, varía, como diré en seguida, y la proporción supuesta de $1\frac{1}{2}$ de mercurio perdido, por 1 de plata amalgamada, sólo es exacta cuando la torta no se haya calentado, y se ha sabido beneficiar, pero no es exacta cuando la torta se ha calentado ó se ha volado, pues en este caso la pérdida de mercurio es mucho mayor. Sin embargo, como el objeto principal de los ensayes de pella, no es determinar con exactitud la cantidad de plata amalgamada en algún día del beneficio, sino conocer con aproximación el adelanto diario de la amalgamación de la plata en una torta, el señor M. Contreras dice que: aun cuando aumente la pérdida del mercurio á 2 partes en peso por 1 de plata amalgamada, esto apenas es sensible en el adelanto diario indicado por el ensaye de pella, y no tiene ninguna influencia según el mismo autor en la determinación del final del beneficio por el mismo ensaye de pella, aunque sí hace variar el dato relativo á la cantidad de plata amalgamada.¹

El Sr. Fernández² al ocuparse de los ensayes de pella, dice que: son exactos cuando la torta no haya tenido contratiempos en su beneficio, pero si por el contrario, la torta se calentó ó se voló, los ensayes de pella proporcionan datos falsos para conocer el fin del beneficio, pues habiéndose perdido mucho mercurio al calentarse la torta, el ensaye de pella podía indicar que la torta estaba rendida cuando en realidad no lo está, ó á veces indicaría haberse amalgamado mucha mayor cantidad de plata de la contenida en la torta. Como aclaración á lo anterior, propone el Sr. Fernández el siguiente ejemplo, que indicaré yo

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 5.

2 V. Fernández, L. C., pág. 15.

en sistema métrico decimal. "Se pusieron 147.28 toneladas de 0.781 kilos, luego el total de plata son 115 kilos; se puso de azogue á razón de 8 kilos por kilo de plata, 920 kilos, pero de éste se pierden á razón de 1.25 kilos, por kilo de plata, 143.75, luego quedan 776.25 que con 115 de plata dan 891.25 de pella. Así es que, si pesa un gramo la pella del ensaye, y contiene de plata 0.129, la torta está rendida." En efecto, la fórmula (A) ya indicada, se transforma en la siguiente, al suponer, como lo hace el Sr. Fernández, que la pérdida de mercurio sea de $1\frac{1}{4}$ por uno de plata:

$$(B) \quad x = \frac{e b}{m + \frac{1}{4} b}$$

y aplicando esta fórmula al ejemplo propuesto se obtiene el siguiente resultado que indica estar la torta rendida:

$$x = \frac{920 \times 0.129}{1 + 0.032} = 115 \text{ kilos.}$$

Continúa diciendo el mismo autor: "cuando una torta se vuela.....no se habrían perdido durante el beneficio solamente 143.75 kilos de azogue como lo hemos admitido sino más..... Supongamos gratuitamente que la pérdida fué de 460 kilos, aunque esto sea inverosímil, es claro que quedan en la torta los otros 460 kilos, ahora bien, supongamos dos casos posibles: uno, en que la torta haya rendido ya los 115 kilos de plata; y otro, en que haya dado sólo la mitad. En el primer caso, los resultados de los ensayes darían números para establecer una proporción, cuya resolución sería que se había obtenido doble cantidad de plata de la que la torta contenía, cosa que era falsa; en el segundo, el mismo ensaye nos diría que la pella contenía toda la plata, que la torta estaba rendida, y esto también era falso, y sobre todo muy grave, pues si se diera por terminado el beneficio, 57.5 kilos de plata serían tirados al río." En efecto, si quedaban sólo 460 kilos de mercurio en la torta, y la torta había rendido ya los 115 kilos de plata, total contenido en ella, 575 kilos sería el peso total de la pella, y por lo

tanto, el gramo de pella del ensaye contendría 0.2 gramos de plata, según la siguiente proporción:

$$575 : 115 :: 1 : x = 0.2$$

y en el caso de que hubiera rendido la mitad de la plata contenida, 57.5 kilos, la pella total pesaría 517.5, y el gramo de pella del ensaye contendría 0.11 gramos de plata, resultado de la siguiente proporción:

$$517.5 : 57.5 :: 1 : x = 0.11$$

y por lo mismo la fórmula (B) daría los siguientes resultados, que son aproximadamente, los que indica el Sr. Fernández:

PRIMER CASO.

$$e = 290 \quad b = 0.2 \quad m = 1$$

$$x = \frac{e b}{m + \frac{1}{4} b} = \frac{920 \times 0.2}{1 + 0.05} = 175.24 \text{ kilos,}$$

cantidad de plata mucho mayor de la contenida en la torta antes del beneficio.

SEGUNDO CASO.

$$e = 920 \quad b = 0.11 \quad m = 1$$

$$x = \frac{e b}{m + \frac{1}{4} b} = \frac{920 \times 0.11}{1 + 0.03} = 98.25 \text{ kilos,}$$

cantidad de plata mucho mayor de la realmente amalgamada.

Concluye el Sr. Fernández diciendo: "He exagerado en este ejemplo las cantidades, sólo por usar números sencillos, para que se comprenda el fenómeno, por ser muy necesario entenderlo; pues si bien es cierto que no puede verificarse en esa escala, no por serlo en otras que son mucho menores, las consecuencias dejan de ser muy funestas."

Según el Sr. M. M. Contreras, los ensayos de pella no tienen por objeto determinar la cantidad de plata amalgamada en algún día del beneficio, sino indicar el adelanto diario de la amalgamación, para lo cual hay necesidad de comparar los resultados de los ensayos de pella de un día, con los de otra fecha anterior, y dividir el adelanto entre el número de días transcurridos entre las dos fechas. Cuando el adelanto diario sea insignificante, ó igual á cero, el beneficio habrá terminado. Por lo anterior se comprende, que según el Sr. M. M. Contreras, para conocer el final del beneficio, no es bastante sacar un solo ensayo de pella, sino que es necesario tomar varios, en distintos días, y cuando estos ensayos den resultados iguales, el adelanto diario será nulo y el beneficio habrá concluído.

Una variación notable en la pérdida de azogue, tiene muy pequeña influencia en la determinación del adelanto diario en la amalgamación por medio de los ensayos de pella, y para que esto se comprenda fácilmente, el Sr. Contreras indica los resultados de los ensayos de pella, de una torta de la mina "El Rosario," beneficiada por él en Pachuca, y calcula el adelanto diario bajo dos supuestos: con pérdida de $1\frac{1}{2}$ de azogue por una parte en peso de plata, y con 2 de azogue por 1 de plata. Estos resultados¹ son los siguientes:

Días de estar en beneficio la torta	ADELANTO DIARIO EN LA AMALGAMACION.	
	Con la pérdida de uno y medio por uno.	Con la pérdida de dos por uno.
A los 22 días	3.91 p.∞	3.68
" " 25 "	0.90 "	0.80
" " 29 "	1.26 "	1.11
" " 33 "	0.33 "	0.22
" " 39 "	0.49 "	0.47
" " 45 "	0.00 "	0.00

En vista de estos datos podría concluirse con el Sr. Contreras diciendo que "el mejor medio que puede emplearse para conocer la marcha de las reacciones, el adelanto diario de la amalgamación, y el

¹ M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 5.

final del beneficio de patio es el ensaye de pella;"¹ pero no obstante estos datos, y la muy respetable opinión del Sr. Contreras, no puedo aceptar sus conclusiones de una manera tan general, y sí creo fundada la opinión antes indicada del Sr. Fernández. En efecto, supongamos, por ejemplo, que á los 22 días de estar en beneficio una torta, cuyo contenido total en plata eran 125.3 kilos de plata, y que fué incorporada con 1000 kilos de azogue, se saca un ensaye de pella, y éste da los siguientes resultados: peso del botón de pella, 10 gramos; peso de la plata contenida en él, 1 gramo 14 centigramos. Con estos datos la fórmula (A) dará:

$$x = \frac{1000 \times 1.14}{10 + 0.57} = 107.85 \text{ kilos de plata.}$$

Por lo tanto, si de los 125.3 kilos de plata, se han amalgamado 107.85, de 100 se amalgamarían 86.07, y por lo tanto el adelanto diario en la amalgamación sería $\frac{86.07}{22} = 3.91$ por ciento, y la pérdida de mercurio supuesta por la fórmula (A) sería hasta ese día: $1.5 \times 107.85 = 161.77$ kilos. Supongamos ahora que entre los días 22 y 25 se calienta la torta, accidente que como dije antes, atrasa ó paraliza la amalgamación y ocasiona una pérdida de mercurio,² por las razones que indicaré en la segunda parte de este escrito; y aceptemos para este ejemplo, que la amalgamación no adelanta en esos días, y que se pierden solamente 18 kilos de mercurio como consecuencia de la calentura de la torta. Según esto, la cantidad total de mercurio contenida en la torta el día 25 será: $1000 - 161.77 - 18 = 820.23$ kilos, y agregando á esta cantidad los 107.85 kilos de plata amalgamada ya, el peso total de la pella será 928.08 kilos. Si el día 25 se saca ensaye de pella habrá en el botón de 10 gramos, 1 gramo 16 centigramos de plata, según la siguiente proporción:

$$928.08 : 107.85 :: 10 : x = 1.16;$$

¹ M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 45, pág. 14.

² Véase Joseph Garcés y Egufa, L. C., págs. 134 y 118.

y con estos datos la fórmula (A) dará:

$$x = \frac{1000 \times 1.16}{10 + 0.58} = 109.64.$$

Restando de 109.64 los 107.85 kilos de plata amalgamada ya el día 22 se obtendrá un adelanto de 1.79 ó por ciento:

$$125.3 : 1.79 :: 100 : x = 1.43 \text{ p.}\text{c}.$$

en tres días; y por lo mismo, el adelanto diario indicado por el ensaye de pella será:

$$\frac{1.43}{3} = 0.47 \text{ p.}\text{c}.$$

cuando en realidad no ha habido ningún adelanto. En vista de que la torta se ha calentado entre los días 22 y 25, parece más exacto suponer una pérdida de mercurio de 2 por 1 de plata, al hacer el cálculo del ensaye de pella, y entonces la fórmula (A) se convierte en la siguiente:

$$(C) \quad x = \frac{e b}{m + b}$$

según la cual y de acuerdo con los últimos datos, el valor de x será:

$$x = \frac{1000 \times 1.16}{10 + 1.16} = 103.94 \text{ kilos.}$$

Como el día 22 se habían amalgamado ya 107.85 kilos de plata, el último valor de x indica un atraso en la amalgamación de 3.91 kilos de plata en tres días, cuando en realidad no ha habido ni atraso ni adelanto.

Por el ejemplo anterior se comprende perfectamente que cuando una torta se calienta, el ensaye de pella proporciona indicaciones falsas respecto al adelanto diario de la amalgamación; y se comprende también, que cuando una torta esté ya rendida, pero caliente, el refe-

rido ensaye en vez de dar á conocer que el beneficio ha concluído, indicará un adelanto diario que ya no tiene lugar; pero como sigue aumentando la pérdida de mercurio sin variar la cantidad de plata amalgamada, el botón de la tentadura irá apareciendo más rico en plata, y por lo mismo la fórmula (A) indicará un adelanto que ya no se verifica; y en este caso, la indicación proporcionada por el ensaye de pella es tan poco exacta como la que indica la tentadura en las mismas condiciones, pues conserva ésta la limadura aun cuando la torta esté ya rendida, hecho que expresa Sonnenschmidt en los siguientes términos: "el azogue llega á recibir el color aplomado y conserva la buena limadura, á veces, aunque ya haya pasado el término del rendir."¹

Dice el Sr. Contreras, que el final de la amalgamación se conoce por medio de los ensayes de pella, cuando indican éstos un adelanto diario insignificante ó nulo.² Ahora bien, cuando una torta está fría, la amalgamación de la plata es insignificante ó nula y se pierde entonces muy poco azogue; por lo tanto, los ensayes de pella en los días de frialdad de la torta, darán resultados casi iguales, indicarán por lo mismo, un adelanto diario en la amalgamación casi nulo, y se llegaría á creer por estos ensayes que la torta está rendida, cuando en realidad no ha terminado el beneficio, sino que le falta sulfato de cobre á la torta. Al verificarse este último caso sería de temerse, con el Sr. Fernández, que por las indicaciones falsas del ensaye de pella, la plata fuera tirada al río, temor no desmentido por el mismo Sr. Contreras, quien dice que: cuando el adelanto diario en la amalgamación llegue á ser insignificante ó nulo, el beneficio habrá terminado, "siempre que no falten ingredientes para las reacciones, y que se haya recogido próximamente la cantidad de plata esperada;"³ pero como por estos ensayes no se puede conocer si faltan ó no ingredientes; y como estos ensayes, según el mismo Sr. Contreras, "no deben practicarse con el objeto de determinar la cantidad de plata que probablemente ha de pro-

1 Sonnenschmidt, L. C., págs. 51 y 52.

2 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 47, pág. 3.

3 L. C., Tomo I, núm. 47, pág. 3.

ducir una torta,"¹ puedo concluir diciendo: que los ensayos de pella son deficientes para la determinación del final del Beneficio de Patio; que en ningún caso debe darse por terminado el beneficio, atendiendo solamente á las indicaciones de estos ensayos, pero que son útiles para conocer el adelanto diario en la amalgamación, siempre que el beneficio camine sin accidente alguno.

Conociendo los beneficiadores la deficiencia de los ensayos de pella, siempre ensayan por la vía docimástica la lama que acompaña á la pella, y á esta operación se le llama ensaye de residuos.

Para hacer el ensaye de residuos, se saca de la torta en beneficio, cierta cantidad de lama, procediendo como indiqué al hablar del ensaye de la torta; se agrega á esta lama una pequeña cantidad de azogue, para lo cual se extiende sobre una tabla y se le riega el mercurio en lluvia fina, luego se revuelve para que este metal se incorpore, y después se lava la lama como para sacar tentadura, teniendo cuidado de que al "deslamar" no se vaya nada de pella, y que al último sólo queden en la jicara el mercurio y toda la pella. El lodo del deslame anterior se reúne en una vasija, se deja asentar el mineral y se decanta el agua; después, y con objeto de separar la pequeña cantidad de pella que pudiera haberse pasado con la lama en ese deslame, se le somete á un segundo lavado, se deja asentar la lama, se decanta el agua, se seca en la estufa ó baño de aire, se muele y se ensaya docimásticamente. La ley de plata de estos residuos, permite conocer la cantidad de plata que aun no se ha amalgamado en la torta en beneficio hasta el momento de sacar el ensaye de residuos. La diferencia entre dos ensayos de estos residuos, sacados y hechos en dos fechas diferentes, dividida entre el número de días transcurridos de una á otra fecha, dará el adelanto diario en la amalgamación de la plata; y cuando este adelanto, así determinado, sea insignificante ó nulo, y la ley de los residuos muy pequeña, el beneficio habrá terminado y la torta estará rendida.

Procediendo con esmero al lavar los ensayos de residuos, los resul-

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 5.

tados son exactos, y no influyen los accidentes del beneficio en la exactitud de estos resultados, porque para calcular estos ensayos no es necesario conocer la cantidad de mercurio y de pella contenidos en la torta, ni es preciso suponer que la pella está uniformemente repartida en el mercurio, ni que se pierde $1 \frac{1}{2}$ de mercurio por 1 de plata amalgamada, sino que determinan directamente la cantidad de plata que aun no haya sido amalgamada en la torta en beneficio hasta el momento de sacar el ensayo de residuos. Cuando la torta esté caliente, el ensayo diario y comparado de los residuos indicará si la amalgamación progresa ó está paralizada; y en caso de que la torta esté fría, sin estar rendida, la ley de los residuos será constante en esos días y relativamente alta, indicando esto que la amalgamación no progresa aunque la torta aun no está rendida.

Por medio de los ensayos de residuos se conoce el final del beneficio aun cuando no se sepa cuál era la riqueza en plata de la lama con la cual se formó la torta, pues entre tanto indiquen estos ensayos una ley relativamente alta para los residuos, no podrá decirse que la torta esté rendida. Por otra parte, estos ensayos son un poderoso auxiliar en casos difíciles como el que menciona el Sr. M. M. Contreras, y es éste: "que habiéndose reventado un lamero, se mezcló la lama que contenía con las tortas que estaban en beneficio, resultando, que si podía tenerse una idea de la cantidad total de plata y de mineral contenido en todas las tortas, era imposible saberse la parte que contenía cada una; habiendo, además, la dificultad de tenerse que beneficiar revueltos frutos, cuyo beneficio se encontraba en épocas muy diversas."¹ En este caso difícil, mientras los ensayos de residuos indiquen para éstos leyes relativamente altas, ninguna de las tortas estará rendida, y aunque no se conocerá por estos ensayos la cantidad de plata que rendirá cada una de ellas, sí se sabrá cuando estén ya rendidas.

Decir que una torta está rendida, no significa que ha sido amalgamada ya toda la plata que contenía, sino solamente la cantidad que puede extraerse del mineral, por el Beneficio de Patio; y por lo tan-

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 7.

to, podrá decirse que una torta está rendida, cuando el ensaye de residuos indique para éstos una ley de plata igual á la cantidad que se considera no puede extraerse por este procedimiento. Después de beneficiar varias veces una misma clase de mineral, se llega á determinar cuál debe ser la ley de los residuos que indique el final del beneficio del referido mineral, ley que generalmente es de: 0.06 á 0.12 kilos de plata por tonelada. Toda ley de residuos, superior á la determinada, como acabo de decir, debe considerarse como relativamente alta, y mientras no baje hasta este límite, la torta no estará rendida.

La determinación directa de la plata no amalgamada en determinado día del beneficio de una torta, determinación que se hace mediante el ensaye de residuos, permite decidir si es ó no económico continuar el beneficio, pues si los gastos que deben erogarse para conseguir la amalgamación de la plata contenida en los residuos, es una cantidad superior á la que representa el valor de esa plata, no será económico continuar el beneficio. Se deduce de esto, que los ensayes de residuos permiten determinar lo que llamaré: el final económico del Beneficio de Patio; ó el rendimiento comercial de una torta. Este final económico no se puede determinar con los ensayes de pella, porque no indican éstos la cantidad de plata que sin amalgamarse existe en los residuos, y sin conocer esta cantidad no puede compararse su valor con el gasto que debe originar su extracción, al prolongar por más días las faenas del Beneficio de Patio.

La utilidad de los ensayes de residuos fué conocida desde la época de Sonneschmidt, quien dice: sólo podemos saber cuando está rendida una torta "mediante el ensayar los residuos por el método docimástico."¹ No obstante la autorizada opinión anterior, el Sr. Contreras dice que: este procedimiento presenta inconvenientes "de los cuales depende que sea preferible el de los ensayes de pella." Esta última afirmación me obliga á estudiar los inconvenientes que señala el autor citado, para concluir por fin, cuál es el mejor de los dos procedimientos indicados para conocer el final del beneficio.

1 Sonneschmidt, L. C., pág. 47.

Dice el Sr. Contreras: "La operación de lavar los ensayos de residuos, además de ser más dilatada y laboriosa que la de los ensayos de pella, presenta el gran inconveniente de que un pequeño desperdicio de pella viene á alterar el valor del resultado; mientras que en los ensayos de pella, esto no tiene ningún inconveniente, si, como es probable, la pella desperdiciada tiene la misma riqueza en plata que la recogida para ensayarla."¹ La dilación y laboriosidad en el lavado de los ensayos de residuos no serían, sin duda, motivos suficientes para abandonar un procedimiento que indica con bastante exactitud el final del beneficio y el límite económico de éste, evitando, por lo tanto, que la plata se tire al río, ó que los gastos finales excedan al valor de las últimas porciones de plata amalgamada; pero aun hay más, la práctica adquirida por los azogueros, hace que estos lavados no sean tan dilatados ni tan laboriosos, y sí comparables con los que tienen que hacerse en los ensayos de pella. El gran inconveniente que señala el autor mencionado, es que una parte de la pella quede en los residuos y suba por lo tanto la ley en plata de estos últimos; pero creo que este inconveniente no existe en la mayoría de los casos, por las siguientes razones: en primer lugar, al agregarse el mercurio á los ensayos de residuos, como dije antes, la pella se hace bastante fluida, y por lo mismo es fácil separarla del residuo, con un lavado cuidadoso como debe hacerse; y en segundo lugar, para que subiera la ley del residuo por la causa indicada, sería preciso que ese pequeño desperdicio de pella, siempre llegara hasta el platillo de la balanza, en el polvo que se toma del residuo para pesar el ensaye. Si suponemos que en el residuo existen pequeños granos de pella escapados en la operación del lavado, no es creíble que siempre se tomen estos granos entre el polvo que se saca del residuo para ensayarlo, y en caso de tomarlos, es casi seguro que no se encontrarían en la misma cantidad en los dos ó cuatro ensayos que se pesan del mismo polvo; y si la pella no se encuentra en la misma cantidad, los resultados de los cuatro ensayos no serán comparables, é indicarán, por lo mismo, que ha existido algún

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 6.

defecto en la operación, la cual deberá repetirse con mayor cuidado, sobre todo, al lavar los residuos. Por otra parte, debe tenerse en cuenta, lo siguiente: el ensaye de residuos es verdaderamente industrial, pues se somete la tentadura á las mismas operaciones, á las que más tarde se someterá toda la torta, es decir, se baña primero con azogue y se lava después; por lo tanto, la ley de plata que indique el ensaye de residuos será, en todo caso, igual ó más baja que la de las lamas al salir del lavadero de la hacienda de beneficio, pues sin duda es más cuidadoso el lavado que se hace de una tentadura, que el de toda la torta beneficiada. De lo anterior se deducen dos cosas: la discordancia notable entre los resultados de los ensayes docimásticos de un mismo residuo hará sospechar la presencia en éste de alguna pella escapada al lavar el residuo; y si después de repetir el lavado, con más atención, los resultados del ensaye de residuos siguen discordantes, y se encuentra siempre la pella en el residuo lavado, habrá que buscar la causa de esto antes de lavar la torta aun supuesta rendida, pues la pella se escaparía por el lavado de esta última como se ha escapado al lavar el ensaye, y como sucede también cuando se lava una torta que está caliente. Como se ve, el inconveniente señalado para los ensayes de residuos no existe en la generalidad de los casos; y en cambio, estos ensayes pueden dar otra indicación de mucha utilidad industrial cual es: la relativa al conocimiento del momento oportuno para lavar la torta en beneficio.

Continúa el Sr. Contreras diciendo: "La operación que exige un ensaye de pella para determinar la cantidad de azogue y plata, es más rápida y sencilla que la que es preciso hacer para determinar la ley en plata de los residuos, por medio de un ensaye docimástico, exigiendo los ensayes de pella un pequeño cálculo numérico."¹ Las razones anteriores no las puedo considerar de gran peso, para preferir el ensaye de pella al de residuos, ni menos aún cuando están ya tan generalizados los ensayes docimásticos, y se ejecutan de una manera perfecta en todos los Minerales de la República.² Por otra parte, la duración del

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo 1, núm. 48, pág. 6.

2 Para detalles, véase informe del Ing-niero Mariano Glenni en "Asuntos Mineros" por Miguel Rul ó Minero Mexicano, Tomo VIII, 1881-82, núm. 39, pág. 463.

Beneficio de Patio no es de horas sino de muchos días, y por lo tanto, hay tiempo sobradamente suficiente para hacer los referidos ensayos de residuos.

Los últimos inconvenientes que señala el notable autor de cuyas opiniones me estoy ocupando, son los siguientes: "El procedimiento de los ensayos de residuos, exige el uso de balanzas de extremada sensibilidad, mientras que para el de ensayos de pella, bastan balanzas menos finas; y por último, los ensayos de residuos, aun suponiéndolos bien lavados, dan una aproximación muy inferior á la de los ensayos de pella."¹ El primero de estos inconvenientes no creo deberlo tener en cuenta, puesto que el mayor gasto en una balanza más sensible quedará amplísimamente compensado con los buenos resultados de los ensayos de residuos, y con las muy útiles indicaciones enonómicas é industriales de estos últimos; pero sí merece especial estudio lo relativo á la aproximación de estos ensayos.

Dice el Sr. Contreras, que: "aun usando las balanzas más sensibles no es posible obtener una aproximación de más de $\frac{1}{4}$ de marco de plata por montón de 30 quintales, lo que representa la fracción de $\frac{1}{24100}$ de la masa ensayada," y "suponiendo que los frutos que se benefician tengan una ley de 10 marcos por montón, la aproximación de $\frac{1}{4}$ de marco representa la diferencia de $2\frac{1}{2}$ por 100 sobre la cantidad de plata contenida. Si la ley de los frutos fuera de 5 marcos, ésta misma aproximación conduce á la diferencia de un 5 por ciento, y en los residuos que tienen una ley de 1 marco, esta diferencia se eleva á un 25 por 100."² La aproximación que puede obtenerse por los ensayos de residuos es de 15.5 á 31 gramos de plata por tonelada, por las siguientes razones: Los ensayos docimásticos se ejecutan en Guanajuato, por ejemplo, de la siguiente manera que indica el Sr. V. Fernández: se mezclan "16 gramos del polvo del mineral á 20 ó 30 de tequezquite (carbonato de sosa natural conteniendo algo de sulfato, cloruro de sodio y carbonato de cal), con 20 de protóxido de plomo, muy pobre en

1 M. M. Contreras, L. C., Tomo I, núm. 48, pág. 6.

2 M. M. Contreras. L. c. Tomo I, núm. 48, pág. 6.

plata. Esta mezcla se introduce en un crisol de barro de unos cuantos centímetros de diámetro y unos 16 de alto, cubriéndola con una cucharada de sal común. Es muy general que de cada ensaye se hagan á la vez dos operaciones y aun cuatro," etc.¹ Suponiendo que se hagan dos ensayes como queda dicho, y que se pesen juntos los dos botones de plata obtenidos, la aproximación será la siguiente, apreciando en la balanza el décimo de milígramo al cual "deben ser sensibles"² como dice el Sr. Fernández.

$$32 \overset{\text{gr.}}{:} 0.0001 \overset{\text{ks.}}{:} 1000 \overset{\text{ks.}}{:} x = 0.031$$

es decir, la aproximación será de 31 gramos por tonelada métrica si se hacen dos ensayes, y de 15.5 gramos si se hacen cuatro ensayes. Ahora bien, dice el mismo Sr. Fernández, que cuando los residuos "tienen únicamente algunos centésimos de marco por montón de 32 quintales (0.40 á 0.80), hay seguridad de no tirar la plata y se considera la torta rendida."³ Estos datos, en sistema métrico-decimal, son los siguientes: 60 á 120 gramos por tonelada, y por lo mismo, la aproximación de 15.5 á 31 gramos por tonelada que dan los ensayes de residuos ejecutados como dije antes, es demasiado suficiente para determinar con exactitud el final del beneficio, y para apreciar además pequeños adelantos en la amalgamación de la plata por el sistema de patio. En efecto, suponiendo el caso más desfavorable de los indicados por el Sr. Contreras, ó sea el de los residuos con "una ley de un marco por montón de 30 quintales," es decir, 167 gramos de plata por tonelada métrica, y supuesto que los ensayes pueden apreciar 15.5 ó 31 gramos por tonelada, se podrá conocer por estos ensayes un adelanto en la amalgamación de 15.5 ó 31 gramos de plata por tonelada, ó sea del 9 al 18 por ciento de la ley supuesta para los residuos; y si éstos provienen del beneficio de un mineral cuya ley fué "5 marcos por montón de 30 quintales," es decir, 833 gramos de plata por tone-

1 V. Fernández, L. c., págs. 2 y 3.

2 V. Fernández, l. c., pág. 3.—Para apreciar el peso de botones de plata muy pequeños, véase Plattner's, Probrikunst, Teodor Richter, pág. 33. Leipzig, 1865.

3 V. Fernández, L. c., págs. 15 y 16.

lada, los 15.5 ó 31 gramos significan para este caso una aproximación de 1.86 ó 3.72 por ciento. Si la ley primitiva del mineral hubiera sido "10 marcos por montón de 30 quintales, es decir, 1666 gramos por tonelada, la aproximación de los ensayos de residuos habría sido 0.93 ó 1.86 por ciento, aproximaciones muy suficientes para el objeto de estos ensayos, pues como diré adelante, la pérdida de plata por este procedimiento metalúrgico es superior al 4 por ciento de la ley en plata del mineral.

Es cierto, como dice el Sr. Contreras, que por medio de los ensayos de pella "se consigue hacer perceptibles progresos en la amalgamación inferiores á $\frac{1}{2}$ por ciento,"¹ pero estos resultados están sujetos á error, como he dicho antes, y por lo mismo, aunque en ciertas condiciones, son útiles estos ensayos para conocer pequeños adelantos en la amalgamación, no son suficientes para determinar con exactitud el final del procedimiento, ni mucho menos para conocer el rendimiento comercial de una torta.

Resumiendo la discusión anterior, puede decirse: que de todos los procedimientos propuestos hasta ahora para conocer el final del Beneficio de Patio, debe preferirse el ensaye de residuos; y que para conocer pequeños adelantos en la amalgamación, es bastante útil el ensaye de pella, pero solamente cuando no se presenten accidentes en el beneficio.

Cuando una torta se considera ya económicamente rendida, se somete á las siguientes operaciones:

BAÑO.

Se llama *baño* á la última cantidad de azogue que se agrega á una torta en beneficio, y cuyo objeto es hacer más fluida la amalgama de plata, y por lo mismo más fácil de separarse del lodo ó lana en que está contenida.

La cantidad de azogue que se emplea como baño varía según el estado de fluidez en que se encuentre la pella al rendirse una torta. Si

¹ M. M. Contreras. L. c. Tomo I, núm. 47, pág. 4.

la pella está seca, se agregan poco más ó menos 3 ó 4 kilos de mercurio por cada kilo de plata amalgamada; y si está fluida se agregan sólo dos kilos, procurando, en todo caso, que por una parte de plata haya seis de azogue en la pella.¹

LAVAR.

Se llama *lavar la torta* á la operación que tiene por objeto separar por medio del agua las partes metálicas, de la lama que las contiene en la torta.

Antes de lavar una torta hay que ablandarla, para lo cual después de poner el baño, se la agrega agua y se repasa. Si el desecho de azogue estuviere en abundancia, se agrega á la torta una porción de cal, ceniza ó thiosulfato de sosa, y se repasa después la torta sobre blando con objeto de reunir el desecho, y en seguida se procede á lavarla, ya sea en *cajón* ó bien en *tinajas*.

El cajón es un depósito de dimensiones variables, generalmente de 3 á 5 metros de largo, un poco menos de ancho y de 70 centímetros á 1 metro de alto. Este cajón se coloca de tal manera que la parte superior quede á nivel del patio, para que no haya necesidad de levantar las lamas, sino que con el camión se transporten fácilmente desde el lugar en que se encuentre la torta hasta el cajón. La parte inferior del cajón debe quedar más alta que el lugar por donde deben salir para el río las lamas ya lavadas. En una de las paredes del cajón hay un agujero con su tapa, y de aquí sigue un canal con muy poca pendiente y con el fondo escamado, de tal suerte, que una sección longitudinal de este fondo tiene la figura de una sierra con dientes en forma de triángulos rectángulos, cuya base es el cateto mayor, que está casi horizontal, y el descenso de la hipotenusa indica el sentido de la corriente del agua en los referidos canales. La longitud de este *canaleo* es muy variable, pero siempre tiene de tramo en tramo, cada 5 ó 6 metros, unos depósitos ó pequeñas pilas de cantería, que se llaman *apuros*. Estas canales conducen las lamas del lavadero para unos tanques de depó-

¹ Véase J. Garcés y Egufá. l. c., págs. 135-136.

sito, y del último de éstos sale la lama para el río. Estos tanques se dividen á veces con muros transversales, y las comunicaciones entre estas divisiones se ponen en zig-zag para que la corriente serpente y se facilite el depósito de la parte más pesada de la lama.

Para lavar en cajón se procede de la siguiente manera: Se pone azogue en los apuros y en las escamas de las canales, después se transporta con el camón cierta cantidad de lama de la torta rendida y aguada para el lavadero, se abre entonces la llave de la cañería que lleva agua al cajón y se repasa dentro de éste, con peones, el lodo hasta que la lama esté muy aguada; entonces se saca una tentadura de la lama que está en suspensión, y si por ésta se ve que toda la pella se asentó ya, se abre el agujero del cajón y se deja escurrir la lama por las canales y apuros, en donde se ponen muchachos que con los pies están limpiando las escamas de las canales y agitando la lama en los apuros. Estas mismas operaciones se repiten con nuevas porciones de lama, y se sigue *cargando* el cajón hasta lavar toda la torta. Se deja en seguida correr el agua que continúa cayendo en el cajón hasta que éste, las canales y los apuros quedan bien limpios, operación que se llama *enjuagar*.

Por el lavado ya descrito se deposita en el fondo del cajón la pella con bastantes granos gruesos de cuarzo, á los cuales se les da el nombre de *cabecilla*; en los canales y en los apuros se encuentra mercurio con pella de plata, y en los tanques en que terminan los canales se asientan los residuos gruesos de los cuales se extraen después los *polvillos*, y alguna pella y azogue que siempre los acompañan.

En la actualidad, para el lavado de las tortas, se emplean en muchas haciendas de beneficio las tinas dobles y triples con agitadores de formas diversas y movidos con máquinas de vapor.

Las tinas son vasos circulares de mampostería ó formados con due-las de sabino guarnecidas de gruesos aros de fierro y tienen $2\frac{1}{2}$ metros de diámetro por $1\frac{1}{2}$ de alto. En el centro de estas tinas gira un eje vertical con dos piezas horizontales llamadas *cruces*, la longitud de las cuales es casi igual al diámetro de la tina, y lleva varios dientes, *ramplones* verticales, que entran hacia abajo en la mencionada tina, pero

sin tocar el fondo, sino que su extremidad inferior se encuentra 20 ó 25 centímetros arriba. Las tinas comunican entre sí por agujeros circulares¹ de 12 á 15 centímetros de diámetro abiertos en las paredes de las tinas y situados á 28 ó 30 centímetros arriba del fondo, encontrándose junto á estos agujeros otros pequeños para sacar tentaduras. Por lo general, son tres las tinas que comunican entre sí, llamándose *cargadora* á la que recibe primero la lama y *descargadora* á la última, de la cual salen las lamas para el *carcamo*.

Para lavar una torta en estas tinas, se procede de la siguiente manera: Se llenan de agua las tinas, se ponen en movimiento los agitadores y se transportan, en porciones de 40 kilos, 3 toneladas de lama de la torta para la tina cargadora. Este lodo al caer á la primera tina atraviesa el agua y se encuentra con los ramplones de las cruces que lo dividen y lo ponen en suspensión, permitiendo que á la media hora, próximamente, se deposite en el fondo la amalgama de plata, y la cabecilla, quedando siempre en suspensión las partículas finas de cuarzo, carbonato de cal, y en general, de la matriz que acompañe al mineral. Esta lama en suspensión pasa de la primera á la segunda tina, en cuyo fondo se deposita otra porción de amalgama, y de esta tina pasa el lodo á la llamada descargadora, tina en la cual se asienta otra porción de amalgama, y de aquí, por último, sale la lama para las canales. Antes de abrir el agujero de descarga de la última tina, se saca una poca de lama de ésta y de la primera tina, por los pequeños agujeros destinados á sacar tentaduras, y se hacen éstas por separado; si las dos tentaduras indican que el *lavadero* asentó ya casi la totalidad de la pella, puede hacerse la descarga de las tinas; pero si aparece desecho de azogue en estas tentaduras, se suspende la descarga otro poco de tiempo. Después de descargar las tinas se cierra el agujero de la última y se vuelven á cargar como dije antes, repitiendo esta operación hasta concluir el lavado de toda la torta rendida.

En algunas haciendas de beneficio hay dos lavaderos de tres tinas cada uno. La velocidad de rotación de los agitadores de las tinas car-

¹ A estos agujeros se les da el nombre de *buítrones*.

gadoras siempre es mayor que la de los agitadores de las otras, que sólo dan una vuelta por minuto ó tres en dos minutos.

La amalgama de plata disuelta en el mercurio, y que se deposita en el fondo del cajón ó de las tinas, así como en las canales y en los apuros, está muy revuelta con pyritas y mucha cabecilla, y para limpiar la pella después de terminado el lavadero, se procede á la siguiente operación:

APURAR.

Esta operación consiste en lo siguiente: Se colocan por partes la cabecilla y la pella en unas vasijas de madera de una sola pieza, llamadas *bateas apuradoras*, las cuales se ponen á flote en el agua de unos tanques. En seguida se comunican á las bateas movimientos especiales, de tal suerte, que pueda entrar y salir de ellas el agua del mismo tanque, y por este movimiento del agua salen de las bateas la cabecilla y pyritas quedando sólo la pella. A esta operación se somete la cabecilla y pella sacada del fondo del cajón ó de las tinas, así como la depositada en las canales y apuros, y se reúne después toda la pella que resulte del *apurar*.

La pella ya depurada se transporta á la *azoguera*, departamento destinado á guardar el mercurio, y allí se coloca en un gran vaso de mampostería ó fierro, en el cual se ha puesto de antemano una cantidad conocida de azogue con objeto de que la amalgama de plata se disuelva y queden flotando todos los cuerpos extraños, como pedacitos de cuarzo, clavos, trozos de herraduras de los caballos, etc. Estos cuerpos extraños se quitan limpiando con agua y paños de "jerga" la superficie del azogue, con lo cual se consigue dejarla perfectamente *limpia*.

EXPRIMIR EL AZOGUE.

El azogue bien limpio, con la pella que contiene disuelta, se vacía en un filtro de lona ó de lienzo grueso que tiene la figura de un cono muy agudo de 1.60 metros de alto y 40 centímetros de diámetro en la

base, con una capacidad por lo tanto de 67 litros. Este filtro, llamado *manga*, está guarnecido en su parte alta ó base del cono con un cincho de fierro, el cual se suspende del techo de la azoquería con cadenas también de fierro. Abajo de la manga, y con objeto de recoger el azogue filtrado, se coloca un gran vaso de fierro, ó un cajón forrado con cuero de res, y que llaman *triburón*. A las veces la manga tiene una sobremanga ó camisa exterior de badana ó lienzo algo fino, que tiene por objeto evitar que se esparrame el azogue que chorrea de la manga interior y reunirlo más fácilmente en el triburón. Cuando la camisa es de badana, está por lo regular abierta abajo, pero si es de lienzo fino, está cerrada con objeto de detener la pequeña cantidad de amalgama que suele pasar con el azogue á través de la manga interior. Otras mangas son de cuero en la parte superior y de lona gruesa en la inferior.

Después de 24 horas de haber introducido en la manga el azogue con la pella disuelta, habrá escurrido la mayor parte del mercurio, y quedará en el filtro una pella bien seca, pasta consistente que siempre se procura obtener, aunque haya necesidad para conseguir esto de golpear la manga con un palo.

La sequedad de la pella no es uniforme en toda la manga, sino que de la mitad de ésta para arriba se encuentra la más seca, la que contiene una parte de plata por tres ó cuatro de mercurio; y cerca del fondo del filtro está la más fluida ó jugosa, pues por una parte de plata contiene esta pella seis ó siete partes de mercurio. Si la manga queda muy llena, la pella es más seca y más rica en plata, que cuando sólo se llena la tercera ó cuarta parte de la referida manga, pues en este último caso la pella siempre queda jugosa.

Cuando está ya seca la pella, se baja la manga que está sostenida con grúas y se vacía su contenido en una mesa. Esta pella se coloca en moldes de madera ó de fierro y se la comprime en éstos á golpes, con mazos de mano, para formar marquetas denominadas *bollos*. Los bollos son de 5 á 7 centímetros de alto y en forma de sectores de círculo, de manera que colocando alrededor de un punto seis ó nueve de estos bollos se forma un cilindro de 50 centímetros de diámetro por 5 ó 7 de altura.

Los bollos así fabricados se llevan al departamento en que se quemará la pella.

QUEMAR LA PELLA Y FUNDICIÓN DE BARRAS.

La operación de quemar la pella tiene por objeto destilar el azogue contenido en la amalgama, lo cual se hace á veces en retortas cilíndricas de fierro, de capacidad suficiente para quemar 900 kilos de pella en cada operación; pero está más generalizado para este objeto el aparato llamado *capellina*, cuya descripción es la siguiente: En el piso de un departamento hay una horadación circular y en ésta un vaso de fierro de 50 centímetros de diámetro y 40 de profundidad llamado *vaso* ó *bacín*, el cual comunica por su parte inferior con un tubo de 10 centímetros de diámetro, por el que circula el agua fría que viene de un tanque, y después de rodear al vaso sale por el tubo mencionado y va para un depósito de mampostería llamado *pila desazogadera*. En medio del vaso se coloca un banco de fierro de 45 centímetros de alto llamado *candelero*, el cual tiene en su parte superior un disco del mismo metal que se llama *platillo*, y tanto éste como el candelero tienen en el centro un agujero de 10 centímetros de diámetro. Sobre el platillo se coloca una capa delgada de ceniza y se van colocando encima los bollos de pella, formando capas de forma circular y cuatrapeando las juntas, es decir, poniendo los bollos de una capa sobre las hendeduras de la inferior, y así sucesivamente hasta formar una columna de un metro de alto. Las capas inferiores se lían con hilo de jarcia para impedir que se desgajen por el peso de la columna; además, entre capa y capa se pone ceniza, y los bollos de una misma capa están separados dejando vacíos ó hendeduras de uno á dos centímetros. La columna de pella así formada se llama *piña*, y ésta se cubre con un capelo de fierro, que deja entre su pared y la piña un espacio suficiente para que circulen con facilidad los vapores mercuriales. Este capelo circular es el que se llama *capellina* ó *campana*, ajusta perfectamente con el vaso, y para cerrar mejor la junta de estas dos piezas, se pone ceniza tamizada y húmeda.

Arreglada la capellina como dije antes, se calienta con carbón para lo cual se colocan alrededor de ella y á unos 30 centímetros de distancia varios adobes parados; se llena con carbón esa corona circular y á la vez que se enciende el carbón se abre la llave de la cañería de agua, para que ésta corra por debajo del vaso y arrastre al azogue destilado hasta reunirlo en la pila desazogadera. En algunas haciendas de beneficio el calentamiento de la capellina se hace con leña quemada en un hogar, y la flama y productos de la combustión pasan entre la capellina ya mencionada y una segunda campana que la cubre, quedando bastante espacio entre las dos para que circule la flama fácilmente. La segunda campana comunica por la parte baja con el hogar, y por la parte alta con una chimenea especial. Por último, en algunas haciendas de beneficio, la capellina está fija, y el candelero con la piña es el que se levanta hasta ajustarlo con la primera.

Cuando se calienta la capellina, el azogue de la pella destila, atravesada por las hendeduras que hay entre los bollos, pasa en vapor al vaso y sale por el tubo en el cual circula agua fría; allí se condensa y el agua lo arrastra hacia la pila desazogadera, de donde se saca en botes de fierro, y así vuelve el mercurio á la azoguera.

Después de 24 horas de estar la pella en la capellina caliente, el mercurio ha destilado casi por completo, y á la plata que queda se le da el nombre de *rosca*.

Para sacar la rosca se eleva la capellina con grúas. Se desagregan los bollos y se funden éstos, ya sea en crisol de fierro ó en el horno llamado Crass, para formar las barras de plata que se remiten á las Oficinas Federales de Ensaye.

PÉRDIDA DE AZOGUE.

La pérdida de mercurio en el Beneficio de Patio se considera dividida en dos partes: una es debida á las reacciones químicas verificadas durante el beneficio, por las cuales se transforma en compuestos mercuriales que se van al río junto con el lodo, y á esta transformación, que comercialmente es una pérdida, se le llama *consumido*; la

otra *pérdida*, así llamada, es mecánica, y debido á la imperfección del lavado que arrastra siempre con el lodo alguna cantidad de mercurio. El "consumido" lo estiman los azogueros en una parte de mercurio en peso por una de plata extraída del mineral; y la "pérdida" varía entre el 7 y 12 por ciento de la cantidad de mercurio empleada durante el beneficio, pérdida que depende, entre otras causas, de la naturaleza de la matriz que acompaña al mineral argentífero, y de la finura de la molienda. ¹

Aceptando el consumido á razón de un kilo de mercurio perdido por cada kilo de plata amalgamada, la pérdida mecánica se calcula de la siguiente manera: se suman las cantidades de azogue agregadas á la torta en todo el beneficio, se agrega la cantidad de mercurio colocada en las escamas y apuros de las canales y la empleada para disolver la pella y limpiarla mejor; de esta cantidad total de mercurio se resta el peso del azogue y pella que se ha vaciado en la manga, considerando como mercurio la plata contenida en la pella, pues se supone que el consumido es igual en peso á la plata amalgamada, y la diferencia de la resta anterior, representará la pérdida mecánica.

Además de las pérdidas anteriores hay otra, aunque pequeña, en la capellina, al destilar el azogue que contiene la pella de plata.

La pérdida total de mercurio en este procedimiento varía con la naturaleza del mineral, con la habilidad del azoguero, y depende en gran parte del buen gobierno en el beneficio, y de los accidentes ya mencionados, los cuales aumentan la pérdida á veces de una manera notable.

Los siguientes datos indican las variaciones de la pérdida total de mercurio en este beneficio, siempre que éste sea normal y la torta no se haya calentado ó volado: $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$ en peso, por cada unidad de plata amalgamada, siendo muy raro que llegue á ser 2 de mercurio por 1 de plata extraída.

¹ Véanse los resultados de los experimentos de los Sres. Malaguti et Durocher Annales des Mines, 4^a Serie, Tomo XVII. Paris 1850, págs. 590, 591 y 592.

PÉRDIDA DE PLATA Y LEY DE LOS RESIDUOS.

La pérdida de plata en este beneficio, así como la ley de los residuos, varía mucho, tanto con la naturaleza del mineral, como con la habilidad del azoguero. Los *metales* rebeldes producen naturalmente mucha menos plata que los minerales dóciles, y los conocimientos del metalurgista influyen notablemente en el resultado de la operación. Por otra parte, con los mismos minerales y el mismo azoguero, no se obtienen siempre los mismos resultados, pues, como dije en otro lugar, son muchas las causas que tienen influencia en el beneficio, y los accidentes de éste ni se presentan siempre ni son de igual magnitud; por lo tanto, la pérdida de plata es muy variable, y en términos generales puede estimarse en 5, 10 ó 12 por ciento de la plata contenida, siempre que sea dócil el mineral argentífero, y el beneficio haya sido conducido por azoguero inteligente y práctico.

Como el costo de este beneficio es aproximadamente de diez pesos por tonelada, y los residuos, según minuciosas determinaciones tienen una ley que varía por lo general entre 68, 83 y 99 gramos de plata por tonelada, se pueden beneficiar con utilidad minerales dóciles cuya ley de plata sea mayor de 350 gramos por tonelada. Este límite inferior, que representa el costo del beneficio y la plata no amalgamada, es muy bajo, pues variando el costo del beneficio por muchas causas, entre otras, por el precio variable del mercurio y el de la fuerza motriz necesaria para la molienda, en varias haciendas el límite inferior del costo total del beneficio significa una ley de plata del mineral casi doble de la anterior, y no obstante esto, en varios Minerales, entre otros Guanajuato, el Beneficio de Patio es el procedimiento metalúrgico más económico para la extracción de la plata. ¹

Como por lo general, la ley en plata de los minerales que se someten á este procedimiento es aproximadamente 1 kilo ó 1½ kilos por tonelada, las leyes de residuos que acabo de indicar como datos medios

¹ I. I. Ibarra. Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros, I, 1888-89, págs. 38-51.

muy aproximados, indican una pérdida de plata variable entre el 5 y 10 por ciento de la contenida en el mineral, razón por la cual dice el Sr. Fernández "que hay varias haciendas en que la lama de cada torta de 100 ó más montones de 32 quintales, que tiran al río, la venden al *planillero* en seis ú ocho pesos. Este miserable precio hace ver la bondad del sistema y la habilidad de los hombres que lo manejan; hechos que están confirmados por el ensaye de copela, que entre nosotros lo ejecutan de un modo perfecto.¹

MODO DE EXTRAER POLVILLOS DE LOS RESIDUOS.

En los tanques en que desaguan las canales del lavadero se depositan los residuos más gruesos llamados *jales* ó *jalsondel*, y de éstos se quita la mayor parte de las partículas terrosas por medio del agua, y se recoge el asiento que se llama *polvillo*, el cual contiene la pella escapada del lavadero y los minerales impropios para este beneficio.

La separación anterior se hace en algunas partes con *planillas*, las cuales son unos cajones de 1.24 á 3 metros de largo por 0.60 á 2 metros de ancho, abiertos por uno de los lados angostos. Estas planillas se colocan á la orilla de un canal por donde corra agua, se juntan por el lado más largo y se inclinan ligeramente en el sentido de su mayor longitud y hacia el lado abierto. En la parte alta de la planilla se coloca cierta cantidad de jales y con una *cuchara* se toma agua del canal y se arroja sobre los jales para lavarlos y hacer que bajen las partículas terrosas con el agua por el plano inclinado de la planilla, quedando en la parte alta el asiento metálico más denso que constituye el *polvillo*.

En la actualidad, en varias haciendas de beneficio, se usan concentradoras mecánicas de diversas marcas para extraer el *polvillo*, y también para concentrar los minerales antes de beneficiarlos con objeto de exportar *los concentrados* y beneficiar por patio solamente el desecho de la concentración.

Los *polvillos* se sometían antes al Beneficio de Patio después de re-

1 L. c. pág. 27.

verberarlos; pero ahora, cuando son de regular ley de plata ú oro, se destinan á la exportación.

DEFECTOS DEL BENEFICIO DE PATIO.

El Beneficio de Patio es un sistema metalúrgico bastante sencillo, y en México se ejecuta con mucha habilidad. Su sencillez, como dice el Sr. Fernández, "no le ha sido dada en estos últimos tiempos, la tiene desde su origen; yo no advierto cambio ni innovaciones favorables que se le hayan hecho; lo veo lo mismo en su esencia ahora que cuando salió de su autor, y la mejora en los resultados que ahora se nota, el éxito que ahora produce, depende de saber manejarlo mejor que antes."¹ Pero, sin embargo de su sencillez, no es inmejorable y tiene varios defectos, como se comprende por la ligera descripción que he hecho de este sistema metalúrgico.

Los principales defectos del Beneficio de Patio, son los siguientes: En primer lugar, la crecida pérdida de azogue, pues como dice Sonneschmidt: "en el beneficio de minerales pobres no monta su importe mucho, pero en el de minerales ricos, dobla y triplica los costos, de manera que entonces se puede llamar una operación costosa."² En segundo lugar, no es aplicable á muchos minerales que contienen plata, y es bastante alta la ley de los residuos cuando se tratan minerales rebeldes por este procedimiento.³ Por último, es muy dilatado este sistema metalúrgico.⁴

En vista de lo anterior, dice el Sr. Fernández, hablando del Beneficio de Patio, que "sería de desearse el cambiarlo por otro que economice la enorme pérdida de azogue, ó al menos innovarlo en la parte que origina esa pérdida."⁵

1 L. c., pág. 33.

2 L. c., pág. 150.

3 Malaguti et Durocher. L. c., pág. 472.

4 Malaguti et Durocher. L. c., pág. 507.

5 L. c., pág. 33.

CALIDAD DE LOS INGREDIENTES.

Antes de concluir esta parte de mi escrito creo conveniente indicar la manera como se analizan los reactivos químicos que se emplean en este procedimiento metalúrgico, pues estas análisis pueden evitar algunos de los accidentes que se presentan en este beneficio.

Antiguamente se valorizaba la clase del magistral tomando un puñado é introduciéndolo con la mano cerrada dentro del agua, y á medida que producía mayor calor se le consideraba de mejor calidad. En la actualidad, al comprar una partida de sal ó de sulfato de cobre, se analiza con objeto de determinar la cantidad de cloro contenida en la primera y la de cobre que se haya en el segundo, procediendo de la siguiente manera:

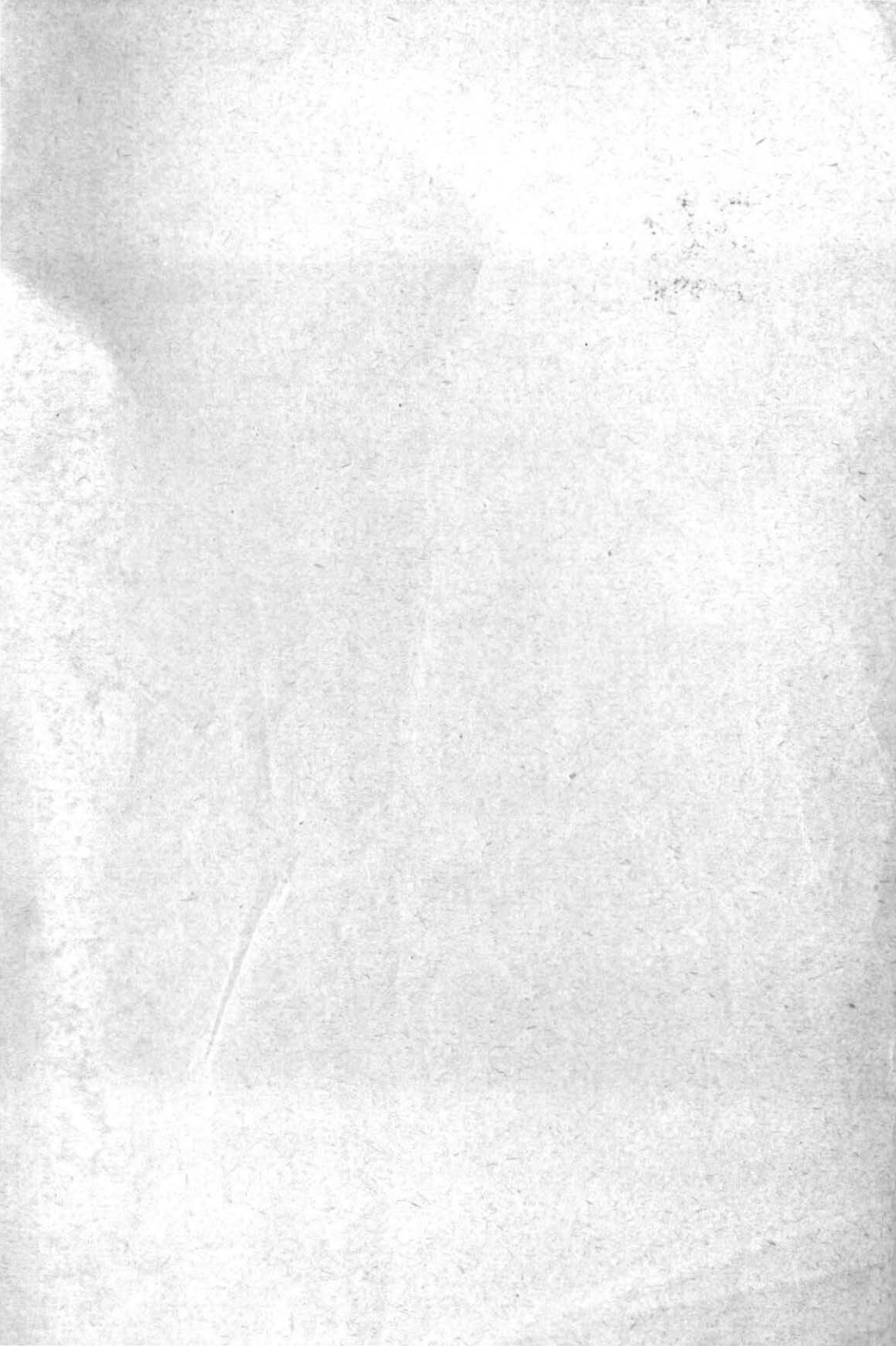
Para determinar la cantidad de cloro contenido en la "sal," se prepara una solución titulada de nitrato de plata en la relación de 2.309 gramos de plata metálica disuelta en ácido azótico y diluida en agua hasta formar 500 c. c.; se pesan 250 miligramos de la sal por analizar y se disuelven en 50 c. c. de agua destilada; se agregan á este último líquido 10 c. c. de una solución saturada de cromato de potasa y se agita el líquido, el cual toma un color amarillo de azufre; se vierte en este líquido, con una bureta, la solución titulada de nitrato de plata hasta que se ponga el líquido de color naranjado ó entre rojo y amarillo, y que este color persista no obstante la agitación del líquido. El número de centímetros cúbicos de la solución titulada que se hayan empleado para alcanzar este final, indicará el tanto por ciento de cloruro de sodio contenido en la sal analizada.

Para analizar el sulfato de cobre se prepara una solución de 5 gramos de cianuro de potasio en 100 c. c. de agua destilada. Se disuelven 0.500 gramos de cobre puro en 3 ó 4 gramos de ácido azótico, y se le agregan á esta solución unos 25 c. c. de amoníaco, con lo cual toma el líquido un color obscuro; se disuelven por separado 2 gramos del sulfato de cobre por analizar, en agua caliente, y se agrega amoníaco hasta que el líquido tome el color azul. En seguida se vierte con

una bureta la solución de cianuro á las dos soluciones de cobre hasta que desaparezca la coloración en las dos, anotando el número de centímetros cúbicos de solución de cianuro que sean necesarios para decolorar cada una de las soluciones cúpricas. El número de centímetros cúbicos empleados para decolorar la solución del sulfato de cobre multiplicado por 25 y dividido entre el número de centímetros cúbicos necesarios para decolorar la solución del cobre puro, dará en peso el tanto por ciento de cobre metálico contenido en el sulfato; y multiplicando esta cantidad por 3.93 se obtendrá el tanto por ciento de sulfato de cobre puro contenido en el sulfato analizado. ¹

La descripción anterior da alguna idea acerca de la manera de ejecutar el Beneficio de Patio; y ahora me ocuparé, en la segunda parte de este escrito, de las reacciones químicas de las cuales depende este sistema metalúrgico.

¹ Para esta análisis del sulfato de cobre puede emplearse también el "procedimiento industrial para la determinación cuantitativa del cobre, del zinc y de otros metales, por licores titulados," cuyo estudio y descripción presenté á la Sociedad Científica Antonio Alzate, en la sesión del 5 de Octubre de 1903.— Memorias, t. XX.)



1831