

MEMORIA

sobre un nuevo método para ensayar y extraer el oro de la pirita aurífera.

Toda sustancia mineral que contiene suficiente cantidad de oro para beneficiarse con ventaja, ha recibido la denominación de mina de oro. Entre los minerales auríferos debe distinguirse la pirita de hierro. Hállase esta sustancia mezclada con diversos sulfuros, como la blenda, la galena, el cobre sulfurado, etc., y constituye masas minerales que son el objeto de importantes explotaciones, pero casi siempre la plata se halla en mayor proporción que el oro en estas minas, y la separación de estos dos metales es el objeto de la última operación.

Entre los verdaderos minerales de oro, es decir aquellos que solo producen oro, la pirita de hierro es también el más importante por su riqueza, y sobre todo por su abundancia. Lo son igualmente el hierro oxidado y el hidratado, que forman á veces minas de oro considerables, y en algunos lugares la blenda y el sulfuro de antimonio.

Hay dos métodos conocidos para extraer el oro de los minerales auríferos y argentíferos. El uno se llama *amalgamación*, que consiste en beneficiar los minerales con el auxilio del mercurio, que se apodera del oro cuando se mezcla con minerales ya preparados de antemano. El otro ha recibido el nombre de *fundición*, que consiste en fundir los minerales con materias que contengan plomo, ó primero solos, y después con plomo derretido. La copelación separa en este caso los metales preciosos del plomo.

Aunque estos dos métodos son muy conocidos, y que uno de ellos, el de la amalgamación, tuvo su origen en América, todavía no se usan ni uno ni otro en muchos de los trabajos de minas de aquella parte del mundo. Así, en la Vega de Supía, en donde existen antiguos y abundantes laboreos de minas, ninguno de los dos métodos se ha puesto en planta hasta hoy y

nose conoce otro medio que el de lavar el mineral pulverizado para separar el oro de la arena. Este sistema se aplica para extraer el oro de las piritas auríferas, y con tan buen éxito, que en ocasiones se ha podido así beneficiar un mineral demasiado pobre para aplicarle con fruto la amalgamación ó la fundición, y bajo este punto de vista debe mirarse este método convenientemente modificado como superior á los otros, lo que me propongo probar en esta memoria, comenzando por explicar ántes en detalle las operaciones como se practican hoy en las minas piritosas de Marmato, situadas al nordeste de la Vega en el valle del Cauca.

El terreno en que se encuentran estas minas pertenece á la gran formación de syenita y de grunstein porfídico que contiene los ricos criaderos de oro de la provincia de Antioquia. En Marmato existen muchos filones de pirita aurífera. Estos grandes filones, perfectamente arreglados tienen una dirección casi constante del este al oeste. La pirita descansa ordinariamente sobre la roca, y rara vez está mezclada con ganga; el oro aparece diseminado en partículas, algunas veces perceptibles á la simple vista, y otras no solamente invisibles, sino que apenas pueden descubrirse algunos indicios por medio de los reactivos químicos, y entonces es tan diminuta la cantidad de metal que existe que sin la extrema abundancia del mineral el laboreo no sería productivo. Para extraer el oro de la pirita se pulveriza esta y se lava, procediendo del modo siguiente.

El edificio en que se practican estas operaciones se halla en el declive de la montaña y se compone de una ramada capaz de contener una docena de operarios; en el piso bajo de esta ramada se ha hecho un hoyo circular de seis piés de profundo y diez de diámetro. Al rededor de esta excavación diez mujeres (ordinariamente son las negras), cada una con una piedra de pórfido delante de sí, alta de dos piés é inclinada hácia el hoyo, se ocupa en moler el mineral con otra piedra redonda, que es un pedazo de pirita mezclada con cuarzo. Estas piedras son exactamente iguales á las que sirven para moler el maíz, y la operación se ejecuta del mismo modo colocando el mineral en la parte superior de la piedra, y reduciéndolo á polvo después de haberlo humedecido para facilitar el trabajo; la pirita así mo-

lida cae en la alberca formando una especie de pasta líquida.

Luego que la alberca se llena de pirita molida, se hace pasar una corriente de agua por una semana entera, meneando de cuando en cuando la pirita para separarla de las tierras que puede contener, y luego se comienza á lavar. Esta operacion la ejecutan tambien las negras, en vasijas de madera llamadas bateas, que tienen la forma de conos deprimidos de quince á diez y ocho pulgadas de base y tres á cuatro de altura. En ellas lavan el mineral estas mujeres con extraordinaria habilidad. Ponen en primer lugar como veinte libras de pirita molida en la batea, y la introducen en el agua, en la cual están ellas mismas metidas hasta cerca de la rodilla, y, despues de desatarla en el agua, dan á la batea un movimiento giratorio muy rápido, teniendo cuidado de darle succesivamente diferentes inclinaciones para facilitar la salida de las diferentes materias que se hallan suspendidas en el agua. Despues de haber continuado esta maniobra por algunos minutos, sacan la batea del agua, y, teniéndola inclinada con una mano de cerca de 45°, hacen caer con la otra la pirita, que aparece extendida en el plano inclinado que forma la batea por su posicion. Comienzan de nuevo la operacion hasta que no queda en el fondo de la batea sino una pequeña cantidad de pirita, ya rica en oro. Entónces redoblan su atencion hasta que acaban recogiendo una cantidad de oro casi puro, que ponen en una cajilla de cuerno que llaman *cacho*. Cuando han juntado asi una cierta cantidad de oro, lo ponen todo en la batea para limpiarlo bien, y luego lo dejan secar en una sarten de fierro llamada *secadera*. Despues de esta operacion, todavia la pirita desechada se lava dos ó tres veces mas, dando siempre oro, y, cuando ya no se extrae nada, se saca de la alberca, se amontona y se abandona al aire por ocho ó diez meses. Al cabo de este tiempo, se muele de nuevo como si fuera el mineral primitivo, y se sujeta á las mismas operaciones produciendo entónces una cantidad de oro casi igual á la primera. Lo que queda se amontona de nuevo, se muele y se lava hasta que desaparece completamente. El agua que corre hacia el Cauca en estas operaciones arrastra una pirita muy tenue de la cual todavia extraen oro los negros libres llamados, *mas amorreros*, que se ocupan en lavarla.

El oro que se saca de las piritas de Marmato no es muy fino; tiene un color sucio particular, y la casa de moneda da dos libras de oro amonedado por tres libras de este oro bajo. Todas las piritas de Marmato son auríferas, pero la cantidad de oro que contienen varia mucho; hay algunas en cuyo interior suelen encontrarse grupos de cristales de oro que pesan hasta media onza, pero esto sucede raras veces. En general la cantidad de oro que contienen es corta, y, como este metal se encuentra diseminado con tanta desigualdad, el ensayo de una onza de mineral debe inspirar muy poca confianza.

Para descubrir la cantidad de oro de una pirita considerada como pobre, y que sin embargo se beneficiaba, hice moler un quintal, y, despues de secar la pasta, pesó 80 libras 5 onzas 12 granos. Lavándola despues sucesivamente hasta tres veces, se le extrajeron 57,7 granos de oro. Molida de nuevo y lavada dió 40^s, 3 mas de oro, y aquí suspendí la operacion; así el peso total de las 80 libras ó 463,212 granos de pirita fué 98 granos. Es decir que la pirita produjo $\frac{1}{4000}$ de oro. Este número no es enteramente exacto, porque todavia la pirita, si se hubiera abandonado al contacto del aire por algunos meses, habria producido algun oro.

Examinando las diversas operaciones que se practican en Marmato para extraer el oro de las piritas, se halla que son racionales, y que están fundadas sobre un buen principio: el de la diferencia de la gravedad específica. En efecto, como el oro pesa segun su calidad de 14 á 19, y la pirita solamente 5, se ve que debe ser muy fácil separar lavando estos dos cuerpos. El exponer al aire la pirita despues de lavada, es tambien operacion bien calculada, puesto que con ella una porcion del mineral pasa al estado de sulfato que se disuelve en el agua de lluvia. La accion atmosférica se ejerce especialmente en el sulfato muy pulverizado, porque los montones de mineral dejados á la intemperie disminuyen, y las piritas que quedan son las mas gruesas y por lo general de formas cúbicas. Sin duda el oro que se extrae de nuevo existe en el interior de los cristales que no pudieron ser pulverizados la primera vez. Es ciertamente defectuoso el modo con que en Marmato muelen la pirita, y seria fácil simplificar y perfeccionar la operacion usando de máquinas,

pero, sea cual fuese el sistema de pulverizacion que se adopte, ella no puede nunca ser enteramente perfecta, sobre todo respecto de la variedad de pirita cúbica, lo cual será siempre un grave inconveniente en una operacion cuyo éxito completo depende de la tenuidad absoluta del mineral.

Por dos caminos puede mejorarse el método con que se beneficia la pirita en Marmato: 1° disminuyendo la masa de mineral, es decir concentrándolo, para que contenga mayor cantidad de oro en menor volumen; 2° trasformando la pirita, por un medio que sea poco costoso, en una materia mas leve que el agua pueda arrebatar fácilmente.

La primera idea que se presenta naturalmente para disminuir la masa del mineral, es la de ponerlo en circunstancias de que pueda caer en eflorescencia rápidamente; la pirita pasa de este modo al estado de sulfato, que se disuelve fácilmente en el agua, mas desgraciadamente la pirita cúbica de Marmato resiste mucho á la accion atmosférica, y abandonada por meses no se efflorece sino parcialmente.

Suponiendo que seria útil trasformar la pirita en óxido de fierro mas blando y mas leve que la pirita, y por tanto mas cómodo para moler y lavar, creí que lograria, sometiéndola al fuego, convertirla en óxido, con lo cual se disminuiria al mismo tiempo el peso de la materia; puesto que siendo la pirita de Marmato un sulfuro de fierro ($Fe S^2$) compuesto de cien partes de fierro y 117 de azufre, quedaria reducida por la accion del fuego á 100 partes de fierro y 45 de oxígeno, que es la composicion del óxido de fierro Fe . Y de esta manera, aunque las cien partes de fierro no desaparecian, las 117 de azufre se reemplazaban por 45 de oxígeno, de modo que lo que pesaba 217 quedaria reducido á 145. En esta trasformacion perdía pues la pirita la tercera parte de su peso. Quise pues reducir á práctica estas consideraciones teóricas haciendo la experiencia en la corta cantidad de piritas de que pude disponer, y con el mejor éxito, de manera que adquirí la certidumbre que el mejor método para extraer el oro de las piritas auríferas consiste en trasformarlas por medio del fuego en óxido de fierro, y en moler despues mucho el óxido. De esta manera se lavan con tal facilidad, que se descubre el oro en las piritas que parecia que no lo tenian,

de modo que no lo indicaban en ellas ni aun los ensayos docimásticos mas delicados. A la temperatura roja el azufre se inflama y arde por algun tiempo; luego la materia conserva por cierto espacio el color rojo de cereza, y entónces es necesario menear rápidamente el mineral á fin de renovar su superficie. Poco á poco se oscurece y se conoce que la operacion ha terminado cuando no se percibe ningun olor de ácido sulfuroso, y que la materia aparece como apagada á pesar del calor mas intenso. Cuando se ha dirigido bien la operacion, no se forma sulfato de fierro en cantidad considerable, y toda la pirita (bisulfuro) se llega á convertir en óxido rojo. Esto resulta de las experiencias siguientes, hechas con el fin de descubrir las alteraciones de la pirita $Fe S^2$ al fuego.

N° 1° Pirita de Marmato; color amarillo de bronce, compacta. Se ven en ella algunos cristales cúbicos, sin ganga.

Calentando 10,000 granos produjeron:

óxido rojo de fierro . . .	6,550
pérdida en peso.	3,450 $\frac{34.5}{100}$

N° 2° Pirita de Marmato compacta de un color amarillo subido sin ganga.

calentando.	16000
óxido obtenido.	10600
pérdida de peso.	05400 $\frac{33.7}{100}$

N° 3° Pirita de Veragua en el istmo de Panamá, muy brillante; fractura concoidea. Se beneficia como mina de oro.

se calentaron.	10000
resultaron en óxido.	6670
pérdida al fuego.	3330 33,3 por ciento.

N° 4° Pirita de Marmato en cristales pequeños de forma cúbica; perdió 33,7 por ciento.

Así la pérdida de las diferentes piritas por la accion del fuego, difiere poco de la que el cálculo indica en la conversion de 100 de $Fe S^2$ en 100 de Fe , excepto cuando la pirita contiene otras materias refractarias, como sucede con algunas de las piritas de Marmato, que están mezcladas con blenda, que exige para alterarse una temperatura mucho mas elevada que el sulfuro de fierro, segun lo manifestó una porcion del mineral calcinado

que disolví en un ácido poco concentrado y examinando despues el residuo. La pérdida de la pirita por la calcinacion en este caso puede reducirse hasta un 0,21.

Debe pues, conforme á estos resultados, contarse con una disminucion de la cuarta parte por término medio en la calcinacion de esta especie de mineral aurífero, disminucion que trae consigo una economía en las operaciones de lavar y moler, pero la mayor ventaja de la calcinacion consiste en que el óxido de fierro que resulta se muele con facilidad en molino, lo que no sucede con la pirita.

Una vez pulverizado el óxido de fierro, nada mas fácil que separar el oro que contiene, desatándolo en agua, y agitando; queda entónces el oro mezclado con algunos granos de óxido de fierro, que se apartan luego sin dificultad, mediante la práctica. La propiedad que posee el óxido de fierro molido de desatarse en el agua depende probablemente de la tenuidad de las particulas, y de la diferencia de peso específico entre la pirita y el óxido, puesto que la pirita mezclada con blenda pesa 4, 2, y el óxido que ella produce 3. Otra pirita, que pesaba 4, 9, produjo un óxido por la calcinacion, y 96, 3 granos de este desalojaron 19, 9 granos de agua de un peso específico de 4, 8.

Lavando, determiné la cantidad de oro que contenian las diferentes piritas calcinadas.

El óxido de la pirita n° 1° me dió.	27, 0 granos de oro
El de la marcada con el n° 2°.	25, 5
El de la n° 3°.	01,10
El de la n° 4°.	01,10

Separé muchas veces el oro de las otras materias con que queda mezclado despues de lavar por la última vez, con el auxilio del azogue, y siempre con buen éxito, sobre todo cuando el polvo de oro es demasiado fino.

Creo por tanto que el ensayo de la pirita calcinada, lavándola, es muy exacto, y superior á los ensayos por las vias seca y húmeda, así por ser de fácil ejecucion, como porque permite que se hagan las operaciones en grande. Para verificar la exactitud del ensayo que recomiendo, hice comparativamente, por tres métodos diferentes, la operacion sobre la misma pirita.

Despues de haber calcinado la pirita, dividí el óxido que me resultó en tres partes cada una de 210 granos;

(a) 210 granos en ácido hidroclicórico hirviendo me dieron un residuo compuesto casi enteramente de blenda negra que se calcinó, residuo que pesaba 23 granos, y que disolví en el agua regia. El sulfato de fierro precipitó de esta disolucion 0,1 granos de oro (*via húmeda*).

(b) 210 granos escorificados con plomo no despojado de la plata, dieron en la copela 0,15 granos de oro argentífero, que se redujo en el ácido nítrico á 0,1 granos de oro (*via seca*).

(c) 210 granos molidos y lavados en un mortero me dieron 0,2 granos de oro en polvo, que, fundido en el horno de copela con plomo y plata, dejó un boton que por medio del apartado me dió 0,1 granos de oro puro.

La coincidencia de estos tres ensayos no deja duda alguna sobre la exactitud de esta última operacion de lavado.

Por lo que hace á la pirita aurífera, lo que importa no es tanto descubrir exactamente la cantidad de oro que puede contener, sino averiguar si este metal existe, que es cuanto se necesita para beneficiarla, pues basta que sea aurífera para que valga la pena de trabajarla, y esto es muy fácil calcinando 40 á 50 granos, y lavando el óxido que resulta en un tubo de vidrio de 5 á 6 pulgadas de largo y 3/4 de diámetro; despues de algunos minutos de agitacion el oro se junta en el fondo, y la menor particula se distingue perfectamente¹. Esta experiencia puede practicarse donde quiera, y es tan exacta que jamas me he equivocado en el análisis, habiéndolo hecho á menudo por los otros sistemas conocidos como medio de verificacion. Si por el método combinado de calcinar, moler y lavar, se ha logrado extraer el oro de cierta especie de pirita, es seguro que podrá practicarse la operacion en grande con buen éxito. En este caso la calcinacion se ejecuta en hornos de reverbero, y no presenta mayores dificultades que el que ofrece la calcinacion de los minerales mezclados con sal que se preparan para la amalgamacion. La calcinacion en montones, como se practica en Hartz y en Chessy, seria quiza mas conveniente por ser mas económica. Podrian calcinarse entónces

¹ Hé aquí un método para averiguar si las piritas (mermajas ó margagitas) contienen oro, método al alcance de todos, como lo es la operacion en grande despues de adquirida la certidumbre; y como las piritas son tan abundantes en la Nueva Granada, cada uno puede hacer la experiencia sin costo alguno. (*El Traductor.*)

á la vez 5000 quintales de mineral que darian, si su composicion fuera como la pirita de Marmato, de 1 á 13 quintales de oro.

Un molino de trigo seria suficiente para moler el óxido de fierro que proviene de la calcinacion de la pirita. En las oficinas de amalgamacion un molino de esta especie muele cada dia 24 quintales de mineral calcinado, y no hay motivo para creer que no hiciera otro tanto con la misma cantidad de pirita calcinada. El óxido de fierro, así molido, se podria lavar en tres ó cuatro albercas colocadas en forma de anfiteatro, y para limpiar el oro de las materias extrañas, con las cuales aparece mezclado al fin de esta operacion, se haria uso de la batea, ó se emplearia el azogue.

Tales son los medios generales que me parece deben emplearse para extraer el oro de la pirita, que, por lo que hace á los detalles de ejecucion, fácil será imaginarlos á los que se ocupan del laboreo de las minas.

El método de la calcinacion es tambien conveniente para extraer el oro de la blenda y del sulfuro de antimonio. La blenda exige para calcinarse de una temperatura mas elevada que la pirita, pero el producto de la calcinacion se lava no ménos bien. El sulfuro de antimonio presenta todavia ménos dificultad que la pirita porque se calcina á un calor moderado, y el óxido gris que resulta de esta operacion es arrebatado al punto por el agua. El sulfuro de antimonio pierde de su peso algunas veces por la calcinacion hasta 47 por ciento, pérdida que depende de la volatilizacion de una parte del sulfuro. Un mineral compuesto en grande parte de sulfuro de antimonio, que me trajeron de las inmediaciones de Pamplona, dió por el ensayo de la calcinacion los resultados siguientes :

1000 granos calcinados.	1000
Produjeron en mineral calcinado.	528
La pérdida pues fué de.	472 0,47

El óxido de antimonio molido dejó despues de lavado 1,3 granos de oro en polvo. Así es de esperarse que el método de la calcinacion pueda aplicarse á todos los sulfuros auríferos. Por lo que hace á las ventajas que él ofrece comparado con los de la fundicion y amalgamacion, no es difícil apreciarlo, pues que

este sistema no consiste en otra cosa que en la aplicacion de un método conocido, y generalmente practicado en un caso particular¹.

Mariquita, julio de 1826².

MEMORIA

Relativa á la accion del gas ácido hidrocórico á una alta temperatura sobre la plata : observacion sobre el apartado seco.

Los químicos daban en otro tiempo el nombre de apartado seco á la operacion que ejecutaban para separar completamente el oro de los otros metales que se encuentran aleados con el, la cual consistia en una cementacion prolongada. Este método es muy antiguo, y no comenzó á sustituirse el apartado por el agua fuerte, hasta el año de 1350; aunque el precio subido de los ácidos no permitió que este sistema saliese de los laboratorios de los ensayadores, continuando á usarse todavia por algun tiempo para purificar el oro de un cemento de arcilla y de sal, ó empleando con este mismo objeto la sulfuracion con el auxilio del antimonio ó el sublimado corrosivo. Mas los rápidos progresos de las artes y de la química no tardaron en introducir en todas partes el apartado por la via húmeda como consecuencia del bajo precio de los ácidos. Nadie ignora hoy á qué grado de perfeccion ha llegado la afinacion de las materias de oro y plata en Francia, y todos saben que, en el dia, no hay pais alguno de Europa en que no esté enteramente abandonado el antiguo sistema. No sucede así en América, en donde las artes europeas que se transmitieron á la época del descubrimiento han permanecido tan estacionarias, que no hace muchos años he visto emplear los mismos métodos que

¹ Desde ántes del descubrimiento de la América ya usaban los indígenas calcinar los minerales al aire libre, ántes de fundirlos para extraer los metales preciosos. Véase al padre José de Acosta, *Historia natural de Indias*. (El Traductor.)