

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SANTIAGO DE CHILE

Director: Oscar Peña i Lillo

EL MINERAL DE CHAÑARCILLO

POR

F. A. MOESTA

INTRODUCCIÓN

El estudio de Moesta, que presentamos aquí en traducción, fué publicado en 1870 en Alemania y es uno de los trabajos más importantes y detallados acerca de una mina de plata de Chile. Nadie mejor que Moesta podría darnos una descripción tan detallada del famoso mineral de Chañarcillo, donde él dirigió durante diez años la explotación de la mina Valenciana.

Aunque todas las observaciones directas y datos comunicados por Moesta tendrán siempre importancia, sus apreciaciones teóricas no corresponden en parte a las teorías modernas de la ciencia geológica.

Así por ejemplo, estimamos que Moesta se ha equivocado al creer que las minas de plata de Chile pudieran ser una continuación de las minas de plata del cerro de Potosí y del cerro de Pasco. Ambos minerales son enteramente distintos de las minas chilenas de plata. El cerro de Potosí está situado en la falda oriental de la Cordillera y la plata se halla asociada a minerales de estaño. También en el cerro de Pasco tanto la formación geológica como la composición mineralógica es bien distinta de la de Chañarcillo.

Al explicar el origen de la mineralización de Chañarcillo, Moesta supone que las soluciones metalíferas hayan provenido de los mantos estratificados que al entrar a la grieta de la veta, han depositado los minerales. Según esta teoría conocida bajo el nombre de "secreción lateral" los mantos hubieran contenido como componente original cierta ley en plata y de otros metales, que lixiviados se hubieran concentrado en la veta. Para la mayor parte de yacimientos metalíferos se ha abandonado esta teoría y especialmente para Chañarcillo debemos suponer que las soluciones metalíferas hayan provenido de abajo y subido por la veta, desde la cual entraron a las capas de la caja y las mineralizaron en cuanto éstas eran aptas para este fenómeno.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y MINERAS

La constitución de los yacimientos metalíferos de Chile, así como el agrupamiento y composición química de los minerales útiles que en ellos se encuentran, conjuntamente con los fenómenos inherentes, es tan distinta de la europea que por este solo hecho, bien

merece ser estudiada desde el punto de vista geológico, químico y minero. Lo único que se ha publicado hasta ahora sobre la materia se encuentra en un estudio de Pissis, que vió la luz en los «Annales des Mines» y también en los «Anales de la Universidad de Santiago»; que ha tenido cabida más tarde en la «Zeitschrift für Erdkunde de Neumann» (1860) y en la obra de O. Cotta sobre yacimientos metalíferos (tomo II, pág. 667 ff). Este estudio, tanto en sus líneas generales como en cada uno de sus puntos, está en contradicción hasta tal extremo con la verdad de las cosas, que no se comprende cómo en él se hacen afirmaciones que no corresponden a ningún fenómeno observable. La opinión de Cotta acerca de que, en general la repartición geográfica de los yacimientos metalíferos no sigue ninguna ley, se halla plenamente confirmada en la región que nos ocupa. Para la delimitación de semejante zona de repartición no encontramos punto de apoyo ni el espacio ocupado por determinadas formaciones geológicas ni en la presencia incoherente de algunas rocas eruptivas especiales. Las minas de plata se hallan diseminadas irregularmente por todo el país. Se encuentran, tanto en lo más profundo de la Cordillera, como cerca de la costa ya en pórfidos estratificados ya en roca verde; con igual frecuencia en formaciones sedimentarias como en rocas metamórficas o en rocas de indudable origen eruptivo. No es aceptable tratar de relacionar sus direcciones de repartición con la del llano longitudinal del Sur, desde luego, porque esta formación no se prolonga hasta la región del Norte rica en minerales y, principalmente, porque ella tiene significado sólo como fenómeno de solevantamiento, cuya causa debemos buscar en la erupción de los granitos que no tienen ninguna relación con la formación de las minas de plata. La «delgada faja» que Pissis ha construido para los depósitos de plata no existe en la Naturaleza y menos aún la limitación entre los grados latitud 34° y $26^{\circ} 30'$. Considerando los yacimientos conocidos hasta ahora en la Cordillera y agregando los situados en sus contrafuertes, podemos llamar argentífera a toda la falda occidental de la Cordillera de los Andes, resultando así ilusoria la denominación «zona mineralizada».

Además no debe hablarse de límites de minerales en un país, en el cual existen centenares de millas cuadradas que todavía no han sido investigadas. Pero aún en distritos pequeños y de composición geológica parecida, existe poca regularidad en la repartición de las

vetas y mantos. La extensión de las vetas es muy reducida en el rumbo y los minerales argentíferos se hallan entre límites aun más estrechos.

Los depósitos ofrecen siempre el carácter de una formación local, mientras que los fenómenos concomitantes son mucho más constantes. Numerosas intrusiones de rocas eruptivas, extenso metamorfismo de las rocas y condiciones favorables de contacto se relacionan siempre con los depósitos de minerales.

En rocas compactas que son desfavorables para la formación de grietas, el metal se restringe al afloramiento y desaparece a hondura, donde las rocas aparecen sin descomposición.

Numerosos son los ejemplos para este fenómeno; la veta de la Mina Retamo, situada a algunas millas al Norte de Pabellón, tenía en la superficie una concentración tal en plata, que su afloramiento parecía una muralla metálica. En corrida se extendía la zona mineralizada en una longitud de sólo 100 pies; en inclinación atravesaba, muy rica siempre, 120 pies de toba de roca verde de aspecto porfirico, separada en bancos y que es un producto de transformación de la roca verde compacta que aparece a mayor profundidad y en la cual se esterilizó la veta por completo. En la parte superior rica se presentaba además la siguiente particularidad: un filón (chorro) descompuesto y de inclinación contraria, pero del mismo rumbo casi, se apoyaba contra la veta en la región del afloramiento. Este alcance dió en poco tiempo una extracción por valor de 3.000.000 de pesos como mínimo. Pero a mayor profundidad de la indicada anteriormente, no dió absolutamente nada, ni en corrida ni en inclinación, a pesar de que la veta se exploró hasta 1.000 pies de profundidad y se preparó convenientemente en ambas direcciones.

Otro ejemplo nos lo proporciona la veta de la mina Garín Nuevo, que a cielo abierto y en 60 pies apenas de extensión, dió 15.000 marcos de plata; pero ni en profundidad ni en el resto de la corrida se volvió a encontrar indicios siquiera de plata. Aquí también presentaba la roca a la profundidad de 45 pies caracteres metamórficos; mas, a mayor profundidad, seguía firme y sin señales de descomposición. Este fenómeno es tan general, que tratándose de vetas argentíferas, constituye la regla, mientras que una mineralización constante constituye la excepción. Anualmente podríamos decir, se descubren vetas nuevas; pero raras veces se prestan a una explotación rentable.

ble y las pocas y reducidas partidas de minerales ricos que de ellas se extraen y los frecuentes desengaños, no logran, sin embargo, matar el entusiasmo siempre creciente que la población, compuesta principalmente de mineros, experimenta ante cada nuevo descubrimiento. Tales nidos metalíferos en los afloramientos han sido denominados por el minero chileno «reventones». Debido a su mayor firmeza, se presentan en forma de pequeños rebosaderos en la veta y el ojo experto del minero los reconoce muy luego por la coloración negruzca de su superficie oxidada. Estas zonas de concentración se encuentran a veces más repartidas en forma tal, que toda la superficie de algunas formaciones rocosas se halla cubierta de impregnaciones argentíferas.

Tipos representativos de esta formación son las minas de Los Bordos. A media milla más arriba de Pabellón y en el límite de la formación jurásica atraviesa el valle del río una angosta hilera de macizos rocosos de pórfido arcilloso gris pardo, que por su situación, revelan un origen volcánico. Los enormes bloques que han rodado hasta el valle desde las faldas escarpadas contienen todos plata, pero en tan corta cantidad, que no permite un beneficio económico; pero en la ladera septentrional, deslindando con las estratas de calizas, dolomitas y margas, aparecen algunos cuya superficie contiene plata y que son explotables gracias a las propiedades favorables del mineral. Este alcanza hasta los 25 pies de profundidad solamente, hasta la cual muestra la roca una descomposición muy avanzada. Su masa fundamental es arcillosa y muy blanda, los cristales de feldespatos son blancos y se deshacen con facilidad, de modo que toda la masa ofrece un aspecto de toba. La ley en plata guarda relación directa con el grado de descomposición y, como ésta disminuye poco a poco en profundidad. La parte prominente del terreno formada de rocas compactas contienen, al igual que la roca en profundidad, muy poca plata. Los minerales son cloruro y cloro, bromuro de plata, amalgama y algo de rosicler. Se hallan desigualmente acumulados en guías de calcita, en drusas y a veces en trozos macizos de varias libras de peso. En el contacto de las calizas estratificadas a 120 pies de profundidad la zona mineralizada se presentaba como una especie de salbanda arcillosa de color pardo atravesada por hilos más gruesos de cloruro argentífero, mientras que al mismo nivel no tenía el pórfido indicios siquiera de plata. La estructura homogénea de esta región nos in-

clina a creer que la causa única que impidió la concentración de los minerales en vetas fué la escasez de grietas, pues, por pequeña que sea una grieta, siempre contiene una cantidad considerable de plata.

Muy semejante a esta mineralización es la que ocurre en San Antonio, también en el valle de Copiapó, a 5 ó 6 millas al Este del anterior. La roca es aquí la misma; pero la metamorfosis abarca una extensión mayor y hasta mayor profundidad. La mineralización es favorecida por la circunstancia de existir varias zonas de guías que atraviesan esta región y cuyos cruzamientos dan lugar a la formación de especie de rebosaderos. Estos profundizan muy poco a lo sumo algunos metros debajo del fondo del valle.

Donde quiera que se encontró minas de plata, se observó una concentración del metal en la superficie, de modo que podemos decir con propiedad, que la superficie es la mejor zona de enriquecimiento de las vetas de plata. Respecto a la importancia que significa la coexistencia de rocas de distinta especie para la formación de los minerales, podría suponerse, a priori, que los yacimientos más ricos deben encontrarse ahí donde la estructura geológica más ha favorecido el desarrollo de estos fenómenos de contacto. Es verdad que los yacimientos mejor desarrollados se encuentran en formaciones estratificadas que han permitido a las rocas eruptivas ascendentes extenderse tanto vertical como horizontalmente en filones y yacimientos intrusivos. Las minas de Chañarcillo con todas estas características muy bien desarrolladas, son más importantes, desde el punto de vista minero, que todas las demás por su extensión y riquezas. Las notables diferencias entre el carácter petrográfico de algunas rocas facilitan el estudio de las relaciones que ellas guardan con el yacimiento mismo. Los fenómenos que se presentan son típicos y regulares, de modo que esta formación puede, bajo muchos aspectos, servir de norma para la interpretación de las demás y, por esta razón, ha sido objeto preferente de nuestro estudio.

REGION DE CHAÑARCILLO

CONSIDERACIONES GENERALES Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA.

Las vetas de Chañarcillo fueron descubiertas por Juan Godoy, quien comunicó su hallazgo el 19 de Mayo de 1832 a don Miguel Gallo, de Copiapó. Ambos, unidos, pidieron perte-

nencias en la veta más rica e iniciaron la explotación de la mina Descubridora. Al mismo tiempo en la mina Manto de Mandiola pidieron pertenencias en un manto y algunos días más tarde ya se alineaba mina tras mina, pues en todas partes se encontraban vetas, guías y lechos con minerales ricos, cuyos rodados negros se hallaban repartidos por todo el cerro. La riqueza en la superficie constituía un fenómeno sin precedentes. Aun hoy día se encuentran a los pies del Cerro en medio de los rodados de la llanura trozos grandes de minerales y de plata nativa. El cerro se alza en el margen de la travesía de Huasco como primer escalonamiento de un macizo montañoso en forma de cúpula, que es propiamente el cerro de Chañarcillo y con el que está unida por una ancha cuesta que asciende paulatinamente. La falda occidental es ancha y escarpada; la oriental y sur-oriental está surcada por profundas cortaduras de bordes escarpados dispuestas como costillas; todo el terreno tiene en dirección S. N. aspecto de terraza. La roca predominante en esta región es una caliza azul parda o azul negruzca estratificada con bancos de tres a cuatro pies de espesor y dispuesto uno sobre otro muy regularmente. Sólo en la parte S. O., desde el cerro de los Carros hasta la mina Santa Rosa y hacia el S., hasta los campos de Flor de María, está constituida la superficie por roca verde de aspecto de gabbro. Las capas calcáreas tienen una inclinación de 5° al S. E., y se extienden hacia el E. de tal modo que forma una especie de gran depresión de más o menos de un 5 km. de diámetro, en tanto que las capas del margen oriental adoptan una posición muy inclinada hacia el O. Esta depresión continúa hacia el N., con el mismo carácter de la rama oriental más inclinada. En el lugar donde atraviesa el valle de Copiapó, entre Nantoco y Pabellón, adquiere un ancho de quince a veinte kms. En este último punto se hallan las capas casi verticales y forman paredes de algunos miles de pies de altura. Más hacia abajo del valle, frente a Totoralillo, se encuentra la máxima hondura del sinclinal y en ella yacen pizarras arcillosas grises y margas con pequeños amonites difíciles de reconocer, que pertenecen probablemente al cretáceo inferior. Los fósiles de las calizas son escasos e indistintos y las especies que se encuentran indican al jurásico superior. Los más frecuentes son los pecten, amonites, pequeñas terebrátulas, equinoides y corolarios. La potencia de la formación es importante; las minas, aun a 2,000 pies de profundidad, no salen

de las capas calcáreas azules negruzcas y, si a este espesor agregamos el de las capas que se levantan desde la superficie, llegamos a una potencia total de 4,000 pies por lo menos.

Fuera de las rocas verdes, que aparecen en grandes masas, están atravesadas las calizas por numerosos filones de roca verde en dirección S. E. al N. O., que en varias partes han constituido lechos intrusivos entre las capas calcáreas. Bajo estas condiciones, no es posible esperar una regularidad absoluta en la sucesión de las capas; sin embargo, las estratas principales se conservan en toda la extensión del mineral y la tectónica es más regular de lo que podría suponerse en vista de perturbaciones de tal importancia. No es difícil identificar en las labores profundas mantos determinados, desde la mina San Blas hasta la Valenciana, esto es, en extensión longitudinal superior a 1,200 metros. En el corte transversal se representa las posiciones relativas de las capas en la mina Valenciana, cuyas labores han llegado hasta 5,400 mts. de profundidad. Las rocas principales son, a partir de la superficie.

- 1.—Zona muy destruida, con muchas guías de yeso, margas calcáreas, tobas calcáreas, etc. 28 mts.
- 2.—Caliza muy transformada hasta 75 mts. de profundidad, de colores amarillos y grises; a mayor profundidad sólo el pendiente de la veta está transformado y, en partes, metamorfoseado a mantos; pero el yacente es firme y de color gris azulado. 140 mts.
- 3.—Caliza azul negruzca firme, con mucha pirita, blenda y galena. En las proximidades del chorro que atraviesa esta capa aparece un manto de pórfido cuarcífero que sólo cerca del contacto es rico en plata nativa y en sulfuro de plata. 33 mts.
- 4.—Roca verde firme. La veta aparece muy comprimida y con fuerte inclinación. Al S. aflora esta capa y en las minas Delirio, Constancia, Rothschild y San Blas forma solamente el pendiente de la veta; en algunas partes se halla transformada a mantos. En este caso aparece la roca verde con aspecto de piedra córnea, o bien, predomina sus compuestos accesorios, como la epidota, pistacita y granate, o también se

han separado especies de rocas porfiríticas de aspecto de toba, a veces, otras firme. Estos mantos pasan a cierta distancia de la veta a la roca verde no estratificada. Contienen cantidades importantes de minerales argentíferos.

- 31 mts.
- 5.—Caliza negra. En la parte superior alterna todavía con la roca verde, hacia abajo se halla separada en bancos cuyos planos de estratificación aparecen constituidos en forma de mantos. En las minas anteriormente mencionadas aparecen mantos muy ricos en esta roca que, en parte se componen de galena y blenda puras de grano fino. En la mina Loreto existe uno solo de estos mantos, pero muy rico, que da origen a especies de rebosaderos en su cruzamiento con las guías de esta mina
- 31 mts.
- 6.—Caliza dura en parte aspecto de piedra córnea, con muchos nidos de piritas y capas aisladas de calizas azul negruzcas y lechos de roca verde incluidos casi sin estratificación; en profundidad, pasa a roca verde.
- 170 mts.
- 7.—Capa de contacto con espato calizo, llamado Manto de Cachi y que en algunas minas se presenta como manto pintador.
- 0,15 mts.
- 8.—Caliza azul negruzco con un banco de roca verde intercalado.
- 76 mts.

Esta última capa no se encuentra en la parte S. del distrito. En esta capa aparecen tres mantos pintadores: el del medio es llamado «manto de bronce» por la abundante impregnación de piritas. Estos mantos constituyen desde la mina San Francisco al S. criaderos muy ricos.

En profundidad sigue otra vez roca verde. Las labores inferiores de la mina Delirio tienen todavía tres de estas zonas calcáreas, separadas por lechos de roca verde, estos como aquellos de 50 mts. de espesor. En los primeros aparecen con frecuencia mantos, pero que no han sido reconocidos en gran extensión longitudinal sobre la veta. Respecto a la mineralización como a las propiedades petrográficas de esta zona, merece la atención el hecho de encontrarse en toda las capas mencionadas aquí, tanto en las calizas, como en la roca verde, mucha pirita, galena y blenda, en especial, donde la roca aparece aun no descompuesta. Decisivas para la importancia minera

de esta región son únicamente tres formaciones diferentes, a saber: las vetas, los llamados mantos y los lechos intrusivos.

1.—LAS VETAS

El número de vetas que atraviesan el distrito minero es considerable si agregamos todavía el de las guías. La mayoría de ellas, en particular las últimas, son explotables ventajosamente sólo en los niveles superiores, donde aparecen con potencias importantes, a veces, como verdaderas zonas de guías, mientras que en los niveles inferiores se pierden casi por completo.

La única veta importante en los niveles inferiores a 5,600 pies de profundidad es la Corrida Colorada, que puede considerarse como tipo de una veta de metal porque reúne todas las condiciones favorables que a ésta distinguen; gran extensión longitudinal, corrida e inclinación constantes, rica mineralización unida a una potencia creciente en los alcances.

Podemos dividir las vetas encontradas en tres clases:

1. VETAS ARGENTIFERAS.—Tienen una corrida comprendida casi siempre entre los rumbos 20° y 25° N. E. Pertenecen a esta clase la Corrida Colorada, las guías de la Descubridora, una zona de guías en la mina Loreto, Las Guías de Carvallo, una veta de la mina Reventón Colorado, la veta Mercedes y un gran número de pequeñas guías en las partes S. E. y N. O. del cerro. La riquísima veta Candelaria presenta una desviación notable con un rumbo de 60° N. E.; lo mismo una guía en la mina Loreto con 10° N. O. Caso este último al que no debe atribuirse gran importancia, debido a la escasa mineralización de la guía. En general, la dirección N. S. y N. 60° E., parece constituir los límites de los rumbos favorables a una rica mineralización de las vetas. Las direcciones N. O., son estériles. La misma veta Descubridora, con rumbo S. N., a pesar de su potencia y perfecta conformación, puede considerarse como pobre, mientras que los riquísimos alcances de la mina Descubridora se hallan en el cruzamiento con arrastre con la guía de la Descubridora, siendo ésta el verdadero criadero del mineral.

2. VETAS ESTERILES RICAS EN FIERRO.—Cuya corrida está orientada de S. E. a N. O. tienen sólo indicios de plata y, de trecho en trecho, algunos minerales de cobre, y cobalto, con más frecuencia, compuestos de manga-

neso, anquerita y siderita. No tienen importancia para la minería. Atraviesan a las anteriores y son, pues, más modernas. Se apegan a veces a las salbandas de las vetas de la clase siguiente. Se llaman vetas atraviesas o «vetas bovas».

3. FILONES DE ROCAS.—Con rumbo que varía entre 10° y 50° N. O. El relleno lo constituye roca verde más o menos descompuesta. Esta se presenta, a veces, como masa terrosa amarilla que encierra fragmentos aislados de roca dura. En las salbandas se encuentran delgadas capas de una masa arcillosa plástica. Sin embargo, el carácter petrográfico se conserva en su mayor parte, pero la roca es blanda, ahuecada y sólo en raras partes es firme. En lugares en que estos filones están muy descompuestos se encuentra, a menudo, en el relleno fragmentos de las rocas de la caja. Esto no sucede en partes donde la roca verde conserva su dureza, como si en este caso al originarse el relleno una penetración más intensa hubiera dejado una masa más compacta y apta, así para resistir las descomposiciones subsiguientes, que encuentran oportunidad de desarrollarse más bien en las grietas mal rellenadas.

El minero chileno designa estos filones, que se encuentran con distintos caracteres en toda las minas, bajo el nombre de chorros y los considera como perturbadores de la formación y como la más inútil de todas las formaciones de vetas o filones. Esto es desconocer los hechos, puesto que basta un reconocimiento superficial para demostrarnos que los chorros son los constituyentes más importantes de la estructura de la región, en cuanto son los portadores y repartidores de los lechos mineralizados. La zona mineralizada de Chañarcillo está limitada al S. y al N., por chorros. El del S., con rumbo 10° N. O., e inclinación de 30° - 45° S.; el del N., con rumbo 50° N. O., e inclinación 75° - 80° hacia el N. Más al S., no se ha vuelto a encontrar la veta principal. Aquí cambia la estructura geológica de la región; aparecen cumbreros de roca verde. Hacia el N. continúan las vetas bien formadas y en las mismas capas, pero son totalmente estériles. Entre los dos chorros mencionados existen muchos más. Estos ejercen todos la misma influencia sobre la corrida de las vetas. Si consideramos la Corrida Colorada y la recorremos de S. a N., observamos que todos los chorros la botan hacia el O., independientemente de sus respectivos rumbos e inclinaciones.

El botamiento más importante es el de más

al N., que alcanza en la Corrida Colorada 85 mts., en la veta Candelaria hasta 131 mts., siendo la diferencia de nivel de las capas sólo de 10 pies más profunda en el pendiente. El relleno de este chorro, cuya potencia varía entre 30 y 70 pies, está muy descompuesto, es casi terroso y permite reconocer el verdadero carácter de la roca sólo en pocos lugares. Ejerce este chorro marcada influencia sobre la forma superficial del cerro; su curso está indicado en dirección O. y E., por quebradas profundas y escarpadas. Le sigue en importancia a este chorro el que atraviesa las minas Bocona y Loreto, con una potencia media de 45 pies y una inclinación de 80° hacia el S. O. Su roca está poco descompuesta y en muchas partes está firme y compacta. En el yacente se ha separado una veta cuarzosa con minerales de hierro y manganeso de unos dos pies de espesor. Los chorros de San Francisquito, San José y San Francisco son sólo ramificaciones de este chorro y si consideramos la Corrida Colorada en Desempeño y San Francisco, resulta para el botamiento una distancia de 65 mts. No es posible observar una diferencia de nivel en las capas de ambas minas aunque tomemos en cuenta la inclinación general hacia el S. Sin embargo, la parte comprendida entre estas dos minas y ocupada por la mina San José aparece hundida en 105 pies y puede considerarse como producida por el deslizamiento del trozo del cerro cuneiforme que resulta de la intersección de dos chorros de inclinación contraria, deslizamiento que originó movimientos conforme a la regla general.

El chorro de más al S., aparece como desprendido del macizo de roca verde mencionado más arriba y que se extiende desde el cerro de los Carros hasta el límite de la mina Dolores. En esta región no se puede seguir su corrida que sólo se manifiesta más al S. Debido a su inclinación tan pequeña ha sido posible explotar una extensión considerable de la veta Colorada en la mina San Blas a 3,400 pies de profundidad.

El modo y forma en que los chorros han dislocado las vetas de plata permiten suponer que la edad de éstas y aquéllas es la misma, es decir, las erupciones de estos últimos han originado las grietas de las vetas. Al mismo resultado llegamos si más adelante estudiáramos la influencia, ejercida por el llamado Manto Grueso, sobre las vetas que a través de su zona se abren paso. El Manto Grueso constituye una especie de exudación de los chorros de la mina.

2.—LOS MANTOS

Aparentemente de mayor importancia para la mineralización, que los filones que acabamos de considerar, tienen determinados lechos o zonas de rocas de gran extensión intercalados de un modo regular entre las capas. Estos lechos, llamados mantos, no sólo contienen por sí mismo en muchos casos minerales argentíferos, sino que enriquecen, de preferencia en su nivel, las vetas que las atraviesan. El minero chileno designa con el nombre de mantos a toda capa de rocas sin consideración a su origen o caracteres petrográficos, como también a los yacimientos y aún a las vetas horizontales. El distingue entre «mantos pintadores» que están mineralizados o enriquecen las vetas que los atraviesan, y «mantos broceadores» que no presentan esta propiedad. Ambos pueden ser verdaderos extratos o bien lechos de rocas. A la roca de caja la llama «panizo» y, por analogía, distingue entre «panizos pintadores» en que aparecen mantos pintadores y «panizos broceadores» en que las vetas son estériles. Objeto de nuestro estudio serán sólo los mantos pintadores y, en especial, las zonas de rocas que ejercen una influencia favorable sobre el contenido mineral de las vetas.

Las propiedades externas así como el carácter petrográfico de estas formaciones, por tantos aspectos curiosas son muy variables; a veces son terrosas, blandas, desmigajadas y con apariencia de margas; otras, es más dura que la roca vecina; aquí aparecen como lecho de origen eruptivo; allá, como verdaderas capas. Una sola propiedad le es muy común a todas: el carácter metamórfico. Este último y, en general, la formación de los mantos, está en estrecha relación con la mineralización de las vetas. Cuanto más distante de la veta, tanto menos típicamente desarrollado se hallan los mantos que, en el resto de su extensión, pasan gradualmente a la roca primitiva correspondiente. Esto se verifica de tal modo que la misma capa vuelve a transformarse en un manto pintador en el contacto con vetas ricas, como si el metamorfismo se ejerciera preferentemente en determinados niveles o en capas especialmente predisuestas.

En mayor número y más desarrollados se encuentran los mantos en los niveles superiores, donde toda la estructura estratigráfica está más desunida y aparece más descompuesta. Esta descomposición se ejerció principalmente en el pendiente de las vetas y se caracteriza por el hecho de haber desaparecido

de las capas el contenido original en blenda, pirita y galena, y por estar la roca blanqueada, coloreada de amarillo sucio, gris y presentar muchas manchas amarillas. En la parte N., del cerro alcanza la descomposición hasta 600 pies de profundidad; en el S., sólo hasta 200 pies, pues las capas son aquí mucho más compactas.

Es notable la circunstancia de hallarse desarrollados los mantos principalmente en el pendiente, mientras que el yacente, más compacto, conserva todavía el carácter primitivo de la roca. A lo largo del pendiente dispónense las capas en sucesión alternante hasta la altura de la zona mineralizada; toda la roca de la caja está atravesada por numerosas vetas y vetillas y contienen impregnaciones tan ricas que su ley en plata llega a 1% y más y la explotación es ventajosa hasta 40 pies de distancia de la veta. En tales casos se observa, después de un estudio más atento que el manto mejor desarrollado continúa en el yacente de la veta como plano de estratificación fuertemente desarrollado. Este se reconoce porque forma saliente en la salbanda del pendiente; la veta sufre una dislocación de varias pulgadas a un pie en el sentido de su inclinación o en sentido inverso. Esto demuestra que el plano de estratificación era tan importante que logró influenciar la constitución de la grieta. Estos cambios tan marcados en la estratificación que se operaron tal vez ya al sedimentarse las estratas y se pronunciaron por perturbaciones posteriores, proporcionaron excelentes puntos de ataques a los agentes del metamorfismo, los que obraron de preferencia en el pendiente agrietado, mientras que dejaron intacto al yacente, mucho más compacto.

No en pocas ocasiones se reduce la formación de mantos a los planos de estratificación. En este caso, sólo se encuentran desarrollados en las proximidades de la veta; tienen apenas algunas pulgadas de espesor y en las superficies de contacto superior e inferior una capa arcillosa con minerales de ocre, espato calizo, anquerita con cantidades apreciables de plata. A primera vista parece que se tratara de mantos o vetas horizontales.

Los mantos más apreciados en los niveles superiores son los silíceos de estructura granosa; presentan numerosas manchas pardo azules constituidas por cloruro y sulfuro de plata finamente repartido, que contribuyen así, a aumentar la ley media que llega, a veces, hasta 3% y más. El análisis siguiente muestra la diferencia en la composición química de tal

mento y la de la roca correspondiente no descompuesta del pendiente de la veta:

I.		II.	
MANTO		ROCA	
	%		%
SiO ₂	47,97	SiO ₂	22,82
Al ₂ O ₃	6,22	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	3,53
Fe ₂ O ₃	3,90	MgO	11,46
MgO	16,71	CaO	29,73
CaO	9,65	CO ₂	31,09
CO ₂	11,64	K ₂ O + Na ₂ O	1,69
K ₂ O + Na ₂ O	1,27	C	0,93
AgC ₁	1,55		
	98,91		101,25

A mayor profundidad se enrarecen los mantos, su potencia disminuye y no yacen como antes en repetición alternativa, sino que aparecen cada vez un solo manto desarrollado, por regla general, a ambos lado de la veta. Son muy silíceos, de aspecto de piedra córnea, y no reaccionan con los ácidos; tienen estrías de color blanco amarillento, gris o verdoso. Presentan muchos planos finos de estratificación y se distinguen muy bien de las calizas negras que los limitan. Su potencia no pasa generalmente de algunas pulgadas y raras veces pasan de un pie. A menudo no es posible determinarla, en casos en que no está el manto limitado por superficies de estratificación, sino pasa arriba y abajo insensiblemente a la caliza. Algunos de los mantos más profundos contienen mucha pirita, también blenda y galena, como por ejemplo el manto, llamado por esta razón, Manto de Bronce.

La mineralización de los diferentes mantos en las labores profundas es muy variable. A veces la mineralización en la veta tiene una altura igual a la potencia del manto atravesado, de tal modo que las superficies de estratificación del manto atraviesan también la veta. Otras veces aparece el manto desarrollado arriba de la veta; pero a menudo, también abajo. En muchos casos sólo el manto contiene plata y minerales; en cambio la veta, nada. Este último fenómeno es muy frecuente en los niveles superiores y es de mucha importancia para la explotación, puesto que la ley es apreciable y abarca gran extensión; mientras que en profundidad la mayor firmeza de las rocas ha impedido una mineralización importante de los mantos.

3.—LECHOS INTRUSIVOS

Fuera de estos mantos o capas calcáreas metamórficas y que guardan estrecha relación con la roca verde eruptiva, puesto que se hallan típicamente desarrollados sólo en su vecindad, existen otros mantos de origen eruptivo. En las minas Delirio, Constanza, Rothschild y San Blas aparecen en el pendiente de la veta Corrida Colorada, una sucesión de lechos de roca verde intercalada en las capas calcáreas. Estos lechos, en cuyo contacto la veta se enriquece, también son ricos en plata. Esta masa de roca verde atraviesa con sus capas todo el resto del cerro. Tiene el carácter de todo lecho intrusivo y podemos considerarla como ramificación de los chorros que favorecidos probablemente por cambios originarios en la estratificación entraron como mantos intrusivos en ciertos planos de estratificación. Parece que en la parte S., la roca verde del Cerro de los Carros y los chorros de Loreto proporciona principalmente el material, mientras que en el N., los filones de roca que atraviesan la región se extiende en el mismo nivel. Esto se comprueba por la circunstancia de adelgazarse en la mina Colorada ambos mantos a modo de cuña, mientras que en el resto del cerro va en aumento la potencia hasta 150 pies de espesor. De esta especie de lechos de roca verde transversales hay varios en profundidad y en las capas superiores hay gran número de extensión más reducida intercalados a modo de cuñas en las capas. A veces tienen forma lenticular y en parte se presentan a lo largo de las vetas como mantos pintadores. Veremos más adelante que estos lechos no sólo sirven de límite a la descomposición superficial, sino que en conjunto dividen verticalmente los minerales de dos zonas con respecto a su composición química.

La formación que, a este respecto está mejor desarrollada, es la del llamado Manto Grueso, sobre el cual se apoya la cumbre más alta del cerro. Este manto está compuesto por los chorros que atraviesan la mina Valenciana, sin llegar a la superficie, pues se extienden horizontalmente intercalados entre capas. El lecho así formado, presenta fenómenos de descomposición más avanzados que los filones de rocas ramificados que originaron su formación; tiene el aspecto de una masa constituida por granos sueltos de roca verde; su potencia es variable y alcanza hasta 10 pies y se presenta mejor formado en el E. En la región ocupada por la mina Manto de Ossa y Candelaria, las estratas situadas sobre este

lecho hasta la superficie que tienen un espesor de 100 pies están completamente fragmentadas y desmoronadas; en ninguna parte se reconoce una estratificación regular, los trozos quebrados están repartidos irregularmente y los atraviesan grietas rellenas con desmontes; las rocas son blandas, terrosas y tienen aspecto de toba. El yacente forma un banco calcáreo firme que, por presentar una superficie lisa, es llamado la mesa de piedra; desde esta capa empieza y continúa hacia abajo la estratificación homogénea. El gran chorro del N., atraviesa este manto y le sirve, en cierto modo, de límite, aunque el manto siga al N., pero ya en forma característica. La propiedad del Manto Grueso que llama más la atención es la de desviar en el sentido de su inclinación a todas las vetas vecinas. La amplitud de la desviación es variable y oscila entre 100 y 200 pies; pero las vetas se enderezan nuevamente hacia arriba y atraviesan la región desmoronada superior. Así, la Corrida Colorada aflora al medio del campo del Manto de Cobo; la veta Candelaria, cerca del límite occidental de la mina Manto de Mandiola, y una veta de dirección S. N., de la mina Bolaco Nuevo, entre los mojones centrales de la mina Valenciana, donde se llama, Guía del Carmen Alto. El manto es rico y tiene en toda su extensión granos e incrustaciones de cloruro de plata, especialmente en las partes donde arrastra consigo a las vetas o guías. En la mina Manto de Mandiola era muy rico debido al arrastre de la veta Candelaria y de las Guías de la Descubridora y la riqueza se hizo extraordinaria en los puntos en que ambas unidas atraviesan el manto y se enderezan hasta llegar a la superficie; se encontraron trozos macizos de plata nativa y de cloruro argentífero con un peso de 10 a 20 quintales españoles. Al N. del gran chorro, en la mina Candelaria, no se conoce la veta del mismo nombre sobre el manto; tal vez se desintegró en este terreno quebradizo o fragmentado.

LA MINERALIZACION

La innegable relación íntima que guardan los mantos y las formaciones metalíferas es causa de que la mineralización sea muy irregular en las vetas. Las zonas mineralizadas aparecen concentradas en determinados niveles separados por zonas estériles. En los niveles ricos ejercieron una influencia preponderante el desigual grado de descomposición de la roca de la caja y los fenómenos

de contacto, mientras que las diferenciaciones primarias de la roca parecen no haber tenido influencia alguna. Así por ejemplo, ni en la superficie superior o inferior del lecho de roca verde mencionado anteriormente hay yacimientos metalíferos; todo lo contrario, las vetas metalíferas se esterilizan a medida que se aproximan al contacto. A menudo tienen una influencia decisiva sobre la repartición de los minerales, la potencia de la veta. Muchas de las pequeñas vetas de extensión reducida tan frecuente en este distrito sólo son potentes donde se hallan mineralizadas, como en el caso de las guías de la mina Loreto. Estas se presentaron en la superficie como vetas muy ricas que se perdían en profundidad; volvían a aparecer sólo en las zonas de las calizas negras debajo de la roca verde, de tal modo que llegaron a constituir en un manto fuertemente silicificado vetas regulares, con potencias de 2 a 3 pies, en que se hicieron alcances que en poco tiempo dieron 10 a 15 000 marcos de plata. Pero tanto encima como debajo del manto se reducían a grietillas apenas reconocibles, o sea la mineralización quedó confinada a una zona vertical de 4 a 5 mts. Muy semejante, aunque algo modificados por una formación más perfecta de las grietas, son los fenómenos de la veta Colorada. Esta se ensancha también casi siempre en los alcances con la circunstancia de que aquí se presentan en el pendiente guías cuya concentración en minerales generalmente es mayor que en la veta misma. Este fenómeno es tan constante, que el minero práctico considera esta veta como constituida por una corrida de dos vetas. La más constante queda hacia el yacente. Tiene una salbanda muy pulida compuesta generalmente de una masa terrosa arcillosa salpicada de granos de roca. En cambio, a veta del pendiente, más unida con la roca de la caja, trae espato calizo y espato pardo (Braunspath). Esta última se llama, por esto, veta de cachi, mientras que aquélla, muy rica en minerales de fierro, sobre todo en los niveles superiores, lleva el nombre de veta Colorada. En las zonas estériles corren ambas unidas con una potencia de un metro, a lo sumo; pero en los alcances se aleja la veta de Cachi hasta 20 mts. de la veta principal y constituye entonces la parte más rica. Estas desviaciones tienen formas de arcos tanto en la dirección de la corrida como en la de la inclinación y se encuentran principalmente en el pendiente, como sucede en la mina Colorada. Sólo en la mina

Delirio pasa la veta de Cachi al yacente y se le consideró durante mucho tiempo como veta independiente o "forastera", hasta que la explotación evidenció su curso en forma de arco. En esta mina era casi nula la mineralización de la veta Colorada si se la compara con la de la riquísima veta de Cachi. De lo anterior parece desprenderse que la veta Colorada ocupa la grieta verdadera, la que en parte se rellenó desde arriba, mientras que la mineralización de la veta de Cachi, es favorecida por la presencia de otras guías paralelas, de modo que en la zona mineralizada existen múltiples comunicaciones con la roca vecina, lo que permitió el acarreo de los minerales hacia estos puntos y favoreció su concentración.

Así como los mantos ejercen en sentido horizontal su influencia sobre la mineralización, así también, en forma análoga, sucede con los chorros en sentido vertical. En los cruzamientos de las vetas con los chorros volvemos a encontrar ricos alcances. En el N. la veta Candelaria en la mina Manto de Mandiola fué muy rica en las vecindades del chorro grande y, así mismo, después de la falla en la mina Candelaria. El riquísimo alcance de las guías del Manto de Ossa en la mina del mismo nombre fué cortado por el chorro y continuó con igual riqueza en la mina Bolaco Viejo; aquí, en 20 mts. desde el chorro hacia el N., allá en 20 mts. también hacia el S. Al S. aparece un chorro de roca verde más firme y que se ramifica hacia el O.; en el pendiente y yacente de sus cruzamientos con la veta Candelaria y con las guías de la Descubridora este chorro ha dado lugar a alcances tan ricos y constantes, que estos puntos merecieron el nombre de "La bolsa". La poca distancia a que pasa el chorro de más al N., no sólo originó una formación de varios mantos, sino también el enriquecimiento de la veta Candelaria, que en este trecho continúa rica hasta la roca verde. En la mina Valenciana se hicieron alcances sólo al llegar al chorro, especialmente entre él y su ramificación N. Del mismo modo se repite este fenómeno en los demás chorros, donde éstos cruzan, bajo circunstancias favorables, vetas ricas, como en San José, Loreto y Guías de Carvallo.

En las minas Delirio, Constancia y San Blas aparecen unidas las formaciones de mantos y chorros. Como habíamos indicado más arriba, las zonas de atraveso del gran chorro meridional se extienden a manera de lecho hasta cerca de la veta Colorada, con la

cual han favorecido el desarrollo de fenómenos de contacto.

Tenemos dos zonas de enriquecimiento de las vetas bien pronunciadas: los mantos, en dirección horizontal y los chorros, en dirección vertical. Fuera de sus campos de acción no hay mineralización. Los alcances más ricos se hallan en los cruzamientos de ambas formaciones, o sobre los mantos, pero siempre en las vecindades de los chorros, sobre todo cuando ramificaciones de chorros penetran en la veta y la siguen a mayor distancia, produciendo fenómenos de contacto favorables. Sin embargo, no debe suponerse que toda capa caracterizada como panizo pintador encierre necesariamente mantos pintadores que producen alcances donde quiera que la atraviesen chorros; faltan, a veces, condiciones favorables al metamorfismo; obraron desfavorablemente, en cambio, deformaciones locales de la estratificación, diferencias tectónicas u otras circunstancias.

Los fenómenos concomitantes a la presencia de estas condiciones son muy semejantes en un mismo nivel; pero si comparamos zonas que se hallan a distintas profundidades, encontraremos diferencias notables, tanto respecto a la ley como a la composición química de los minerales y del relleno de las vetas. Estas diferenciaciones en profundidad, en parte primarias, en parte secundarias, no son tan sensibles entre la superficie y el lecho de la roca verde, de suerte que este último constituye el límite dentro del cual se observan diferenciaciones.

En cuanto se refiere a las diferenciaciones primarias en profundidad, habíamos hecho notar ya anteriormente la disminución de la ley con la profundidad. No sólo aparecen las vetas más comprimidas en las zonas firmes profundas, sino también los mantos se hacen más y más escasos y al igual que la roca encajadora, que en los niveles superiores presenta en muchas partes porciones importantes de minerales explotables, se ponen estériles. Más desfavorable todavía es la circunstancia de que la mayoría de las zonas de guías desaparecen al llegar a las capas profundas, o bien su potencia se reduce hasta hacerse casi imperceptible. Ya la zona de calizas que se halla debajo del primer lecho grande de roca verde no correspondió en las minas del N. ni en lo más mínimo a las esperanzas que se habían cifrado en ella. Sólo en la corrida Colorada desde la mina Colorada hasta San Blas y en las guías de Loreto se desarrollaron sobre ella mantos pintadores y ricos alcances; pero en el resto

del distrito se encontraron sólo indicios o nada. Las ricas guías de la Descubridora y del Manto de Ossa no se vuelven a encontrar y aún la rica y potente veta Candelaria parece desarrollarse sólo a partir del banco de roca verde hacia arriba. En las calizas de las labores profundas, desde el llamado manto de Cachi hacia abajo, se han descubierto y reconocido los mantos sobre la Corrida Colorada en la mina Valenciana, pero tenían minerales. Estos comienzan sólo en la mina San Francisquito, siguen por la mina Loreto, y llegan hasta la mina San Blas, y Flor María respectivamente. También la mina Descubridora alcanzó hasta estas capas; pero su veta es muy pobre y no es probable que en ésta o a mayor profundidad se hagan nuevos alcances, excepto de la Corrida Colorada en Loreto y al S. La explicación de este hecho no es difícil. Tenemos al S. un gran macizo de roca verde en forma de rebosadero que llega sin duda, hasta gran profundidad; además, tenemos el potente filón de roca verde en Loreto, de inclinación S. y un macizo de la misma roca en la mina Trinidad. Estas grandes masas eruptivas ejercieron su influencia sobre el pendiente de la veta, y, como esta mantea hacia el O., a gran profundidad y muy próxima a ella, de modo que aquí se presentan para el desarrollo de los mantos y del metamorfismo circunstancias más favorables que en las regiones atravesadas sólo por los chorros.

La potencia de las vetas es mucho más reducida en la profundidad. La Corrida Colorada se ensancha en las labores superiores de la mina Valenciana con dos a dos y medio por ciento de plata hasta 10 metros, mientras que en las labores profundas raras veces alcanza a 1 mt.

Más sorprendentes que las primarias son las diferenciaciones secundarias en profundidad: los minerales se dividen verticalmente en cuanto a su confección química, en dos grandes grupos. Desde la superficie hacia el interior aparecen junto con plata nativa sus compuestos con el cloro, bromo, yodo y mercurio; pero en mayores profundidades sólo se encuentra plata nativa y sus combinaciones con azufre, arsénico y antimonio, en forma de argentita, polibasita y rosicler. Análogas diferenciaciones muestra la ganga. Esta se compone en la zona superior principalmente de una masa arcillosa, teñida de amarillo por el hidróxido de hierro y con mucha anquerita, espato calizo y baritina casi pura y algo de malaquita. En las zonas pro-

fundas la ganga es de color negruzco o gris mucho más firme y contiene además de sulfato calizo, mucha blenda, galena y arsénico; a veces también pirita. Este modo de aparecer la mineralización es general en todas las minas de plata; se halla desarrollada con mayor o menor perfección, según las condiciones locales y en relación con la estructura de la región.

A estos dos grupos de minerales se le ha dado nombres especiales: llámanse las combinaciones de la plata con el cloro, bromo y yodo "metales cálidos"; las con el azufre, arsénico y antimonio, "metales fríos". Se denominan así por el comportamiento de los minerales en la amalgamación directa: los primeros, en presencia del fierro y de una legía conveniente, se unen directamente al mercurio con desprendimiento de calor, lo que no sucede con los del segundo grupo. Por este motivo se encuentra la plata nativa entre los metales cálidos. También distingue el minero, por analogía, entre panizos cálidos, es decir, rocas que contienen los primeros minerales y de carácter más o menos descompuestos, y panizos fríos de carácter petrográfico más original característicos para las zonas profundas mineralizadas. Las vetas de cobre se comportan también del mismo modo; arriba se encuentra primero cloruro de cobre, malaquita, óxido de cobre y óxido de fierro; hacia abajo siguen las combinaciones del cobre con el azufre, como ser, calcopirita, bornita, calcocina, etc., acompañados a menudo por pirita.

Es característico para la zona mineralizada superior el que termine en aquella profundidad hasta donde es perceptible la descomposición general indicada más arriba. Esta profundidad es variable en Chañarcillo: llega en el S. hasta las capas de calizas negras que pertenece ya a la zona profunda; mientras que en el N. del cerro queda el límite a 65 mts. sobre estas capas; pasa en la mina Delirio a 66 mts. y en la Valenciana 162 mts., a contar desde la superficie. La causa de este fenómeno se debe tanto a las formas superficiales del terreno como a la estratificación: ésta es menos compacta en el N. y las capas salen a las faldas escarpadas, permitiendo así, que penetren los agentes de descomposición muy al interior en sentido horizontal, o sea, a relativa gran profundidad. Hay también más grietas en esta parte que en el S. y así el terreno está, del mismo modo, más desmembrado en sentido vertical.

Si la estructura de la región fuera la mis-

ma en todas partes, el límite para las combinaciones del cloro, bromo y yodo, sería, sin duda alguna, paralelo a la superficie del terreno.

Debemos advertir que este agrupamiento de los minerales no es absolutamente riguroso, puesto que se encuentran pequeñas cantidades de sulfuro argéntico y rosicler mezclado con los minerales de la zona superior. Pequeñas guías que en la roca encajadora corren a lo largo del yacente de las vetas, contienen aún en las zonas superiores exclusivamente esta clase de compuestos, especialmente cuando se hallan bien encerradas por la roca. Este es el caso también con los mantos de origen eruptivo de aspecto de piedra córnea o constituidos por capas granatíferas impuras (alocroita). Estos contienen cloruro y bromuro argéntico sólo en las vecindades de las vetas; pero ya a cierta distancia de ellas, sólo minerales de la zona profunda.

Al aceptar el origen secundario de las combinaciones con el cloro, yodo y bromo, no debemos extrañarnos de la presencia de un resto de la formación primitiva.

GENESIS DEL YACIMIENTO Y CONSIDERACIONES QUIMICAS

En vista de la probabilidad de que el mar haya desaparecido de la región continental chilena sólo en una época relativamente moderna, podemos considerar las vetas metalíferas como de una formación submarina. Las erupciones de roca verde a que deben su origen las grietas y actuales yacimientos metalíferos, pudieron muy bien haberse verificado bajo una gran presión hidrostática, que en parte, puede haber sido la causa de que estas rocas penetraran violentamente en los planos de estratificación de las capas y se extendieran en forma de lechos de gran potencia, alternados con las capas calcáreas.

Si consideramos en conjunto los fenómenos que acompañan la presencia de los minerales, sería reconocer todas las circunstancias el admitir otro origen que el de la lixiviación de la roca vecina. Difícilmente se encontraría otra localidad en que este modo de formación de vetas perfectamente constituidas estuviera comprobado de manera tan decisiva como en el presente caso.

La galena, piritas y blenda que se hallan diseminadas en gran cantidad, tanto en las calizas como en la roca verde, hasta constituir a veces delgadas capas independientes, contienen porcentajes variables de plata

Su cantidad en la roca vecina está en razón inversa con la concentración en las vetas. Cuanto más ricos son los alcances en las vetas, tanto más pobre es la región vecina en piritas, galena y blenda. Por esto, la riqueza es mayor en los niveles superiores, donde la descomposición de las zonas está más avanzada.

Las soluciones metálicas que se dirigían hacia la veta primitiva, precipitaron ahí, en presencia de los álcalis y alcalino-térreos; luego las rocas que proporcionaron estos agentes de precipitación quedaron pobres en éstos, o sea, se enriquecieron en sílice y alúmina. Estas rocas forman los mantos. Cuanto más desarrollados, tanto más debería disminuir su volumen. Así se explica el ensanchamiento de las vetas en los mantos pintadores y la presencia de numerosos huecos y grietecillas en los que se ha acumulado material de la ganga y del mineral.

Puede reconstituirse la historia de los alcances con ayuda de los fenómenos geológicos y químico-geológicos que acompañaban su formación. La observación nos indica el camino que han seguido las soluciones hacia las zonas de concentración. En la veta principal, la Corrida Colorada, llegaron casi en todas partes por el pendiente menos compacto. Por eso se encuentran en esta parte los mantos mineralizados hasta gran distancia de la veta y por eso se continúan así más allá del yacente cuando éste es compacto y no está descompuesto. Esta es la razón por la cual el pendiente de la veta es rico, mientras que el yacente pobre o estéril, y por la cual este último tiene una salbanda lisa, mientras que el pendiente está más engranado a la roca encajadora. Por el pendiente entraron las soluciones a la grieta de la veta y aquí empezaron a cristalizar y precipitar mineral y ganga. Ambos fueron estrechando progresivamente la grieta desde el pendiente al yacente. Las sustancias que venían desde arriba, como detritus y lodos, tuvieron que recorrer por el yacente, donde constituyeron una salbanda arcillosa estéril aún frente a los alcances más importantes. En las zonas estériles la veta compuesta casi únicamente por esta especie de arcilla, ambas salbandas son lisas y pulidas.

Como segundo factor de importancia casi igual, debemos considerar los chorros, ya que los mantos aparecen ligados a su velocidad. La razón de esto es que los chorros constituyeron durante largo tiempo una fuente de calor que se transmitía, en parte a

las grietas, en parte a los planos de estratificación de las capas.

Hemos dicho anteriormente que en los mantos bien desarrollados continúan las superficies de estratificación al yacente de la veta. En las zonas más accesibles al calor continuaron favorablemente la descomposición y mineralización y se comprende entonces, que en la vecindad de los chorros las condiciones de formación hayan sido más favorables.

A título de comparación, damos en seguida algunos análisis por sílice y alúmina de tres mantos pintadores y de tres rocas poco descompuestas:

	ROCA			MANTOS		
	1	3	5	2	4	6
SiO ₂	24,69	30,91	29,11	57,77	22,38	32,25
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	7,46	4,19	4,29	27,02	19,37	9,95
AgCl.....	0,00	0,00	0,00	0,63	0,17	0,08

Se ve que la ley en sílice y alúmina en la roca de caja estéril llega, a lo sumo, a 35%, mientras que en los mantos llega a 85%.

No se puede poner en duda que los minerales de la zona profunda, sulfuros de plata y rosicler constituyen la formación primitiva, mientras que las combinaciones argénticas con el cloro, yodo y bromo de la zona superior son productos de transformación de aquéllos (1). La presencia de metales cálidos exclusivamente en los niveles superiores y en una zona paralela a la superficie del terreno, en la cual se observa, además, un estado de descomposición general de las capas, son fenómenos que comprueban, sin lugar a duda, una transformación proveniente desde la superficie y cuya acción en profundidad dependía de la mayor o menor firmeza del terreno.

Con respecto a una probable formación submarina de estas vetas, no es aventurado admitir que el agua del mar haya obrado como agente de descomposición, pues en ella se encuentran las sustancias necesarias para la formación de aquellos minerales.

(1) Como dato curioso mencionaré que Pissis (Corta, Yacimientos metalíferos, tomo II, Pág. 668 y sig.) relaciona los distintos compuestos de la plata con formaciones geológicas determinadas, plata córnea en las calizas del Lias, argentitas y rosicler en la arenisca roja, etc. Según él, las vetas de Tres Puntas quedan en la formación siluriana, a lo cual objeto que ahí es muy común la Gryphacea arcuata, del Liásico. También asegura Pissis que la ley de los mantos se debe únicamente al hecho de que la parte superior de una veta haya entrado a una capa porosa.

Esta hipótesis se refuerza por el hecho de que la proporción relativa entre el cloro, bromo y yodo en las vetas sea análogas a la que entre sí guardan estos elementos en el agua del mar. El yoduro de plata es un mineral que aparece siempre en escasas cantidades; también la ley en yodo del cloruro y del cloro-bromuro de plata es, cuando la hay, insignificante. En cambio, estas últimas combinaciones abarcan la mitad de la masa total de los metales cálidos, de donde resulta también un predominio marcado del cloro respecto del bromo. El resto está constituido casi en su totalidad por plata nativa. Téngase presente esta última circunstancia cuando dé cuenta de los resultados obtenidos durante las investigaciones llevadas a cabo para explicar la formación de los mencionados minerales.

La obtención de la plata nativa del sulfuro argéntico mediante reducción con vapor de agua a alta temperatura, ya había sido indicada hace tiempo por Bischoff, quien concluía admitiendo que esta reducción podría efectuarse también sin calentamiento del sulfuro argéntico por la sola acción del vapor de agua. Aunque no esté de acuerdo con Bischoff al asegurar que, cuando se calientan en un tubo trocitos de mineral y se hace pasar un chorro continuo de vapor, la temperatura se eleva poco por encima de la temperatura de ebullición del agua, he logrado comprobar, sin embargo, con algunos experimentos que la reducción se efectúa ya con vapor de agua a 100°. En contradicción con los resultados de Bischoff, encontré que el sulfuro de plata descompone en realidad el vapor de agua a esa temperatura y que no es sólo aire atmosférico mezclado al agua el que provoca la reducción, puesto que los vapores recogidos y condensados contenían hidrógeno sulfurado y ácido sulfúrico (1).

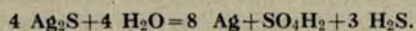
Se obtiene una reducción más enérgica con sulfuro argéntico preparado artificialmente, sobre todo si se le mezcla con vidrio en fragmentos chicos para repartirlo mejor; pero entonces, ella depende principalmente de la temperatura, lo que puede observarse muy bien si se calientan diferentemente distintos puntos del tubo. Cuando se eleva la temperatura hasta el rojo oscuro, contienen los vapores que salen, tal cantidad de hidrógeno sulfurado, que un papel humedecido en una solución de plomo se vuelve negro

(1) Suprimimos por carecer de interés algunos detalles sobre manipulación de aparatos destinados a efectuar estos experimentos. (N. del T.).

instantáneamente. Se puede obtener, no sólo plata arborescente o filiforme, sino también cristales regulares, del metal de un peso hasta de un gramo en cinco a seis horas.

En experimentos con vapor de agua a 100° se empleó un refrigerador de vidrio como el que se emplea para pequeñas destilaciones en los laboratorios. El sulfuro argéntico se colocó en el tubo interior que estaba unido a una marmita. Esta, mediante otro tubo, se unió al tubo refrigerante, de modo que la acción del aparato era la inversa de la que indica su nombre, es decir, el sulfuro de plata se mantuvo a una temperatura constante de 100° por lo menos. Válvulas permitían variar la tensión del vapor en ambos conductos. Después de una ebullición continuada del agua, se practicaron las uniones de la marmita con el aparato. Para evidenciar en cualquier instante el ácido sulfhídrico que se forma, se pueden hacer pasar los vapores calientes a través de una solución diluída de nitrato de plata, donde se observa, en seguida, una coloración parda. Si el experimento se prolonga cuatro a cinco horas, se obtiene en el agua destilada y mediante nitrato de plata un precipitado regular de sulfuro de plata. Si éste se separa por filtración y se reduce el volumen del filtrado por evaporación, se obtiene en este último, con cloruro de bario una reacción bien clara de ácido sulfúrico. Excluimos la posibilidad de una oxidación del hidrógeno sulfurado, puesto que todo el aparato estaba lleno permanentemente de vapor.

La reacción que interpreta estos procesos puede ser la siguiente:

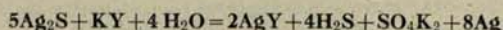


Puesto que se ha comprobado la formación de plata nativa partiendo del sulfuro argéntico, es posible explicar la formación del cloruro de plata en las vetas por la acción prolongada bien conocida ya, del agua del mar sobre la plata. Es de importancia averiguar también si se puede obtener, en condiciones análogas, cloruro de plata directamente del sulfuro argéntico. Nuevos experimentos han resuelto afirmativamente este problema.

En efecto, si se trata de una mezcla de sulfuro argéntico con cloruro sódico en el aparato arriba indicado, se puede evidenciar, sin lugar a duda, la formación de cloruro de plata. La reacción es lenta y apenas perceptible con vapor de agua hirviendo y cloruro de sodio solo; pero si además, agregamos

cloruro de magnesio, la reacción es franca. A temperatura más elevada se asegura la transformación.

Más fácilmente que el cloruro de plata se obtiene el yoduro de plata cuando tratamos con vapor de agua una mezcla de sulfuro de plata y yoduro de potasio. Basta digerir la masa tratada con poca agua y filtrar: se separa entonces, al diluir con gran cantidad de agua, el yoduro de plata disuelto en el yoduro potásico. En el líquido se puede evidenciar, además, fácilmente el ácido sulfúrico. En este caso, como en el anterior, los vapores salientes contienen hidrógeno sulfurado. Se explica esta reacción por la ecuación siguiente:



Según esto, la formación del yoduro de plata va acompañada por la separación de mayores cantidades de plata nativa, lo que concuerda con la mineralización de las vetas.

Si se agrega en estos experimentos algo de piritita finamente pulverizada, se acelera la formación de los cloruros, bromuros y yoduros de plata, lo que se explica por el ácido sulfúrico que fácilmente se forma mediante la descomposición de la piritita.

Tomando en cuenta estos fenómenos, es posible que los metales cálidos se hayan originado de los minerales sulfurados por la acción del agua de mar y del vapor de agua. Este último se produjo por influencia de las rocas eruptivas de la región. Aunque la ley en bromo y yodo de las vetas sea relativamente grande, se podría explicar esto por la mayor tensión de disociación de los bromuros y yoduros alcalinos respecto a la de los cloruros alcalinos.

He repetido los mismos experimentos, pero en tubo cerrado y a temperatura de 120°, y encontré que también se formaba cloruro o yoduro de plata. Especialmente si se emplea yoduro de potasio y sulfuro argéntico recién preparado, se obtiene regular cantidad de yoduro de plata en solución, que precipita al diluir con bastante agua. También se evidenció el ácido sulfúrico. No se formó hidrógeno sulfurado. En algunos experimentos encontré en el líquido reacción de sulfuro potásico, pero sólo después de algún tiempo. Probablemente se deba esto a la formación de un tionato, ya que no es admitido que coexista sulfuro de potasio al lado de yoduro de plata, si se considera que bastaba agregar una solución muy diluída de sulfuro de amo-

nio para obtener en el acto un precipitado negro. Sin embargo, la formación de yoduro de plata en la naturaleza no se perturbará por la formación simultánea de hidrógeno sulfurado o sulfuros alcalinos cuando estos sulfuros son arrastrados sucesivamente en el momento de su formación, como es el caso en los primeros experimentos con vapor de agua.

Al comparar entre sí los alcances de las zonas superiores, parece que las combinaciones del cloro, bromo y yodo con la plata se encuentran en determinadas sucesiones dentro de la veta. Creo que esta observación es correcta respecto al cloruro de plata que abarcan los niveles superiores, o sea los afloramientos. En Chañarcillo, donde las zonas mineralizadas se hallan admirablemente desarrolladas, alcanza el cloruro de plata hasta 20 mts. de profundidad a lo sumo; siguen los minerales con ley en bromo, que disminuye después a mayor profundidad. En seguida se encuentra el cloro-bromuro de plata con ley en yodo y, a mayor profundidad todavía aparece el yoduro de plata puro en el límite de los minerales sulfurados y arseniados de plata. En las minas Delirio y Constancia, donde apareció el yoduro en cantidades nunca vistas, se le encontró a 60 ó 70 mts. de profundidad, inmediatamente sobre capas ricas en galena y pirita, en que se hallaban los primeros alcances de argentita y polibasita, y los mineros lo consideraron como metal frío. Los análisis efectuados con minerales de estas minas corresponden a profundidad creciente y demuestran la sucesión de que hablamos. Domeyko (1), sin embargo, al describir el yoduro de plata de la mina Algodones, cerca de Coquimbo, indica una sucesión inversa. Si esto fuera efectivo, de desear sería que se estudiara mejor este caso, prestando especial atención a las demás características.

Mencionemos todavía un fenómeno curioso propio de mantos ricos. Al quebrar trozos de estos mantos, se desarrolla en la superficie de fractura fresca fuerte olor a cloro. Esto podría atribuirse a la influencia de la luz sobre el cloruro de plata, que se halla finalmente repartido en múltiples grietecillas; pero el fenómeno se reproduce con igual intensidad en la obscuridad de la mina. El olor es fuerte sólo en los pedazos recién quebrados

y desaparece por completo después de corto tiempo.

A menudo acompaña al cloruro y cloro-bromuro de plata la amalgama. En las tobas porfiríticas de Los Bordes y San Antonio en el valle de Copiapó constituye casi la mitad de los minerales; también en Tres Puntas y en muchas otras partes se encuentra en cantidades apreciables. En Chañarcillo la parte N. de la veta Corrida Colorada es rica en amalgama; pero en ninguno de los lugares mencionados he observado la presencia de mercurio en las labores profundas. Es probable entonces, que este elemento haya llegado después de la formación de los minerales y por la parte superior de las vetas, dando origen con el cloruro de plata a la amalgama y al cloruro de mercurio. El análisis químico de estos minerales nos da casi siempre cierta ley en cloruro de mercurio.

Por la gran analogía y las propiedades concordantes de las combinaciones de la plata con el cloro, bromo y yodo y la propiedad de estos últimos elementos de sustituirse mutuamente, podemos suponer que existan transiciones paulatinas entre estas combinaciones. De aquí que para el mineral cloro-bromuro de plata conocido en mineralogía con el nombre de embolita, no exista una fórmula química determinada; aún sus mismas variedades cristalizadas tienen ley variable en cloro y bromo. En general, se evidencia una ley mayor en bromo por un color más amarillo que, en caso contrario, tira a verde. Expuesto a la luz este último pasa paulatinamente a gris pardo y pardo negruzco. La variedad amarilla, en cambio, pasa rápidamente a gris verde y después, poco a poco se oscurece. El oscurecimiento del cloruro de plata por la luz va acompañado de matices violáceos.

Estas circunstancias particulares bajo las cuales aparecen estos minerales, nos indujeron a efectuar los siguientes análisis de algunas variedades de una misma veta a distintas honduras. La materia empleada era mineral purísimo, ya sea en cristales o en fragmentos compactos. Los números de los análisis se refieren a las siguientes sustancias:

I a) Cloruro de plata de la explotación al sol de la mina Los Bordes, cerca de Pabellón en el valle de Copiapó. Aparece en forma de lamelas en capas arcillosas intercaladas en una toba porfírica; algunas lamelas tienen un espesor hasta $\frac{1}{4}$ de pulgada. El color es blanco puro; pero pasa muy fácilmente a la

(1) DOMEYKO, Elementos de mineralogía, p. 206—
"Aparece (el yoduro) sólo en la parte superior de la veta, cerca de la superficie. Profundizando la misma veta, se han encontrado primero unos cloro-bromuros verdes, terrosos, y más abajo el cloruro puro con plata sulfurada."

luz, a gris violáceo y después a negro. El mineral es blando, se puede cortar en tiras muy delgadas y en los cortes tiene un brillo ceroso. Además tiene un lustre sedoso, mientras en sentido transversal tiene una estructura fibrosa fina; es transparente y flexible.

1 b) Cloruro de plata de las guías del Manto de Ossa en la mina Bolaco Viejo, a 10 mts. de hondura. Las propiedades externas como en 1a). Forma capas de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor en una masa mineralizada compacta en que predomina la plata nativa con algo de anquerita y cloruro de plata finamente repartido y que posee una estructura de grano fino y color amarillo parduzco.

II) Cloro-bromuro de plata cristalizado. En estado fresco, de color verde que se oscurece paulatinamente a la luz. Cristales pequeños, cuyas caras tienen un lustre vítreo. Las formas más comunes son: cubo, octaedro, granatoedro y sus combinaciones. He encontrado, como rareza, un tetraedro con aristas truncadas y un ejemplo de gemelos que, por su pequeñez, no he podido determinar hasta ahora.

III) Cloro-bromuro de plata. Masa cristalina granosa encerrada en trozos gruesos en un espato calizo oscuro. La masa se puede desmenuzar con relativa facilidad; tiene color verde amarillo que pasa luego a verde parduzco aún suprimiendo el exceso de luz.

IV) Cloro-bromuro de plata. Masa cristalina de grano fino, de color amarillo incrustada en piedra córnea. El color se cambia rápidamente en gris verde sucio.

V) Cloro-bromuro de plata. Incrustado en grietas de una masa mineral muy rica en plata. Las costras son menos flexibles que las de cloruro argentífero y se dejan reducir, en

cierto modo a polvo. El color es verde claro y cambia menos rápidamente que en los anteriores.

VI) Yoduro de plata cristalizado, pero con cristales mal desarrollados. Tiene un color amarillo de azufre purísimo que, a la luz, se transforma en blanco opaco, fenómeno que va acompañado de un aumento de volumen. Hay, todavía, otra variedad del yoduro de plata, de un color más saturado, casi amarillo anaranjado, que no cambia a la luz. Esta variedad es muy rara y no he conseguido ningún ejemplar (1).

Las muestras II a VI se tomaron en la Corrida Colorada en honduras crecientes sucesivas.

	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
Ag. . .	73,58	74,76	67,68	64,07	61,40	62,89	45,02
Cl. . .	24,42	24,68	14,25	11,12	8,81	0,7	—
Br. . .	—	—	18,04	23,07	26,85	27,35	—
Y. . .	—	—	—	—	indici.	1,75	54,25
Hg. . .	1,31	0,07	—	1,78	2,99	indici.	—

Sin considerar el cloruro de mercurio, llegamos a la composición siguiente:

	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
Ag. . .	74,73	74,82	67,68	65,42	63,65	62,89	45,02
Cl. . .	24,56	24,68	14,25	11,04	8,58	8,07	—
Br. . .	—	—	18,04	23,57	27,83	27,35	—
Y. . .	—	—	—	—	—	1,73	54,25
Total	99,29	99,50	99,97	100,03	100,06	100,04	99,27

(1) Suprimimos la exposición del método seguido por el autor en sus análisis y de los cálculos efectuados para llegar a los resultados definitivos.

