

De este nivel parten la mayoría de los tiros interiores necesarios para la explotación, varios de los cuales son tiros inclinados labrados al bajo de las vetas; los tiros interiores que se encuentran distribuidos en este nivel, comenzando de SE. a NW., son los siguientes: tiro inclinado número 151, labrado sobre Veta Nueva; tiro inclinado número 75, tiros verticales números 44 y 109, tiros inclinados números 177, 600, 230, 90, 100 y 280, labrados los cuatro últimos en el cuerpo de "Veta Verde," y existen, además, los tiros exteriores verticales, Sur números 1, 4, 5, Norte números 2 y 8, por los cuales es accesible este nivel desde la superficie.

Las vetas que se explotaban en el departamento Sur eran todas las vetas que he enumerado al principio, en el orden en que fueron cortadas por el socavón general, las cuales paso a describir en seguida tal como se presentan en este nivel.

El corte de las vetillas de "Jesús del Monte," que fueron las primeras alcanzadas, como ya lo he dicho, por los antiguos exploradores de la región, no tiene importancia alguna; se presentan estas vetillas como fracturas angostas que tienen el rumbo general de las vetas y que se formaron en las pizarras negras arcillosas, estando constituido su relleno, casi exclusivamente, por carbonato de calcio que aparece cristalizado en bellos escalenoedros, pero que no presentan señales de mineralización alguna.

Con iguales caracteres se encuentra más adelante la veta llamada de "El Salto," que es la segunda cortada por el socavón; esta veta se confunde hacia el NW. con la "Veta Nueva," de la que parece ser únicamente un ramal desprendido del alto; esta veta se encuentra interrumpida por una falla de 82° NW., de rumbo que corresponde, seguramente, a la extremidad occidental de la falla "B" que disloca también la "Veta Verde." "Veta Nueva," en esta región, ha sido explorada con cruceros largos que no la han encontrado y parece perderse hacia el NW.

Entre las vetas "Nueva" y "Verde" se presenta la veta conocida con el nombre de "Veta Perdida," llamada hoy "Colorada," que ha dado posteriormente a mi visita buenos productos.

Después se encuentra a "Veta Verde" en condiciones muy semejantes a las del nivel + 72, es decir, dislocada por las dos fallas "A" y "B," que dejan un trozo de la veta dislocado, fracturado y movido entre estas fallas, teniendo allí un espesor de 20 metros. La porción de veta que queda al S. de la falla B, tiene un rumbo casi de NS. y se ramalea también hacia el SE., como en el nivel superior; en tanto que la porción al N. de la falla A tiene un rumbo medio de 20° NW., no siendo estas las únicas fallas que se pueden estudiar a este nivel, sino que hay varias, y de ellas me ocuparé más adelante. "Veta Verde" en este nivel es un poco menos potente que en el nivel + 72; pero tiene un desarrollo mucho mayor, y en ella se encuentran labrados la mayoría de los cañones, contra-cañones, cruceros y chiflones abiertos en cuerpo de veta y el desarrollo citado de 2,000 metros corresponde, en gran parte, al de esta veta en este nivel. La porción fallada entre las dos fallas principales, forma una zona de hundimiento constante, y tanto en este nivel como en los superiores, constituye una región sumamente pesada para el sostenimiento de las obras destinadas a extracción, transporte y ventilación, obras que han exigido los procedimientos más idóneos de fortificación para su sostenimiento y conservación.

A S. de la falla B, en contacto y dislocada por ella, se encuentra a "Veta Nueva" al lado de "Veta Verde," a 90 metros de distancia, con una dirección casi paralela a la de esta veta, y desde este nivel pueden estudiarse bien sus caracteres: es esencialmente argentífera, de una potencia, estructura y relleno diferentes al que presentan las vetas auríferas de la región. La potencia de "Veta Nueva" es mucho menor que la de "Veta Verde," pues es, por término medio, de 2 metros, domina en su relleno el carbonato de calcio sobre el cuarzo, carbonato que se presenta en masas de calcita blanca, típica con sus cruceros romboédricos bien definidos o bien como caliza com-

pacta que sirve de cemento juntamente con la siliza a los pedazos de pizarra negra que se encuentran con frecuencia en el relleno de la veta (véase la fotografía número 2, lámina XVII, que corresponde a una fotografía de una sección de esta veta). La estructura de su relleno no es en zonas sino es más bien brechiforme y el carácter de los minerales que contiene corresponde a los de una veta argentífera, pues son principalmente sulfuros de plata.

"Veta Nueva" ha sido explotada con una serie de niveles equidistantes entre sí de 15 a 30 metros desde los niveles + 100 hasta el - 60 y durante su explotación ha dado dos bonanzas producidas, respectivamente, por los clavos llamados del "27" y "186." El primer clavo citado se extendió 90 metros a rumbo desde el contacto con la falla B hacia el SE., y desde el nivel - 60 hasta unos 15 metros a la cabeza del socavón de Dos Estrellas, es decir, en un tramo vertical de 45 metros, habiendo sido de una potencia media de 2 metros, y produjo este clavo, por los años de 1901 a 1903, metales de exportación con leyes de 5 kilos de plata y 100 gramos oro, por tonelada. La continuación de este clavo hacia el NW. está interrumpida por la falla "B," y fué encontrada después a la profundidad entre los niveles - 30 y - 60, revelándose así el carácter normal de esta falla que produjo un salto vertical de cerca de 90 metros. El segundo clavo, conocido con el nombre de "186" fué de una extensión a rumbo, un poco mayor que el anterior y se explotó entre los niveles + 60 y + 30 con un espesor casi igual, y sus minerales argentíferos dieron leyes de 1 kilo de plata y de 40 gramos oro, por tonelada, en promedio, habiendo sido sus leyes medias superiores al del primer clavo mencionado.

El socavón general de "Dos Estrellas" sigue enteramente recto hasta unos ochenta metros después del corte del alto de la falla N. y desde este punto se desvía hacia el NW., para seguir después en un largo tramo de 900 metros, que está comunicado con el tiro exterior "Número 8," casi paralelamente a la guardarraya de las pertenencias de la negociación minera de "El Oro Mining & Railway Co." Este largo trayecto, que forma la continuación del socavón y que comunica con el tiro exterior número 8, corta a las vetas "Amparo," "A," "C," "D" y "E," a la veta "Somera" y a los hilos del bajo de esta veta.

La veta "Amparo" se encuentra a 220 metros al bajo de "Veta Verde," según la horizontal, y tiene en este nivel un rumbo medio de 20° NW.; es casi vertical y tiene una potencia hasta de 3.70 metros, que llega a aumentar a 7 metros en los lugares en que se presentan dos cuerpos separados por intermedios de pizarra; pero las exploraciones que se han hecho en una porción de cerca de 250 metros de longitud de esta veta, han demostrado que, aunque de mayor potencia que en los niveles superiores, esta veta en este nivel es pobre, con leyes en oro bajas. En su extremidad SE. se encuentra interrumpida por la prolongación hacia el E. de la falla "B."

Las vetas "C," "D," "E" y "Somera" se encuentran a los 225, 310, 440 y 630 metros, respectivamente, del corte de la veta "Amparo," por el socavón general y al bajo de esta veta. Forman estas vetas un grupo de vetas angostas, que tienden a desaparecer tanto a rumbo como a profundidad, y cuyas leyes, bajas en este nivel, mejoran, en general, hacia arriba, especialmente a algunos metros abajo del contacto con la cubierta de andesita; sus rumbos varían entre 5° y 25° NW., su echado dominante es al SW. y su potencia está comprendida entre unos cuantos centímetros y 2 metros. La veta "Somera" es la más formal de todas; su carácter es netamente argentífero, lo mismo que los hilos que aparecen en su bajo y su mineralización se concentra en "hilos" u "ojos" en el relleno. Pueden considerarse a muchas de estas vetas como de la clase que he señalado ya, llamadas "ciegas;" siendo de notar que existen en los espacios que las separan multitud de hilos de 0.10 metros o 0.60 metros de potencia, que tienen el rumbo general de las fracturas de las vetas con echado dominante al SW.,

comprendido entre 50° y 60° , que revelan una zona muy fracturada, digna de ser explorada. La prolongación hacia el NW. de las frentes llevadas sobre la veta "Somera," han cortado en este nivel masas de brechas andesíticas y rhyólicas que corresponden ya a las inyecciones de rocas intrusivas que se encuentran en las minas del Distrito de El Oro.

En el departamento Norte se explotaba, en este nivel, exclusivamente a "Veta Verde," en un tramo de algo más de 850 metros; en él se presenta la veta con un curso bastante regular, débilmente dislocada por las fallas que la cortan. Su rumbo varía de 10° a 20° y 25° al NW., su potencia entre 5 y 15 metros, y su echado es hacia el SW., siendo de notar que en esta región el echado general de "Veta Verde" se conserva casi invariable, con un valor de 65° al SW.; mientras que hacia el NW., el echado es un poco menos fuerte y más variable, estando comprendido entre 56° y 62° . En esta porción la veta tiende a desaparecer hacia el NW. y presenta en su relleno todos los caracteres de las vetas auríferas de la región, estando constituido este relleno por cuarzo careado, siliza blanca compacta o cuarzo celular, con óxidos de hierro en los cuales viene el oro libre, invisible a la lente, siendo sus leyes en este metal más bajas, en conjunto, que en la porción explotada hacia el SE.

Hacia el Norte se encuentra el tiro Norte (número 2), del cual parte el socavón llamado "Sangría del Tiro Norte," labrado en la mayor parte de su longitud en las andesitas y tobas andesíticas de la cubierta volcánica que existe en el exterior en esta parte de esta región minera (véase la lámina IV).

Al referirme a las fallas que dislocan a las vetas de estas minas, he dicho, que en este nivel es donde se pueden estudiar mejor y se distinguen en él, con claridad, en número de ocho, distribuidas a diferentes distancias unas de otras. Estas fallas, comenzando de NW. a SE., son las siguientes: falla del crucero 420, con un salto horizontal de 2.10 metros; falla del 280, con un salto de 4.20 metros; falla del 180, con un salto horizontal casi igual al espesor que tiene la veta en el lugar fallado (11.50 metros); fallas de los tiros 4 y 5, que aunque parecen ser dos fallas, son probablemente los respaldos de una zona de fallas, que dislocan a "Veta Verde," causando en este nivel un movimiento, según la horizontal, de 40 metros; fallas Norte y Sur (A y B) de Dos Estreilas, distantes entre sí en este nivel 33 metros, teniendo la primera un rumbo EW. y fuerte echado al N., y la segunda uno de 87° NE. e inclinación de 85° al NW., y por último, la falla al Sur del tiro 211, que se puede visitar por el crucero S. 241, que disloca a las vetas "Nueva" y "Verde." Sobre el carácter de estas fallas he dicho ya que la inclinación de las estrías de los "espejos," en las fallas principales, que es de 45° al SW., parece revelar movimientos hacia este rumbo, y que la falla A es inversa, siendo directa la B, así como la mayoría de las fallas al Norte de la primera falla citada, siendo probablemente inversa la falla al Sur del tiro 211. Se ve, pues, por este estudio de las fallas, que en la porción de "Veta Verde," explotada en el departamento Norte, ha habido pocos trastornos y de menos intensidad que en la sección Sur, donde las dislocaciones alcanzan su mayor amplitud.

De los niveles situados abajo del nivel 0, solamente están bien desarrollados los — 30, — 60 y — 90, y en los que siguen más abajo, que son los — 120, — 150, — 210 y — 300 se había solamente explorado, en la época de mi visita a estas minas, la parte profunda de las vetas "Verde" y "Nueva," con malos resultados, pues se presentaron, la primera con su potencia algo reducida y un relleno constituido por cuarzo blanco compacto con leyes muy bajas de oro, y la segunda con tendencia a desaparecer al echado, no habiéndose encontrado aún en los últimos niveles.

El nivel — 30 tiene un desarrollo, a rumbo, casi de la misma extensión que la del nivel 0, y sus laboríos se localizan exclusivamente en las vetas "Verde" y "Nueva." Estas vetas se presentan a esta profundidad con dislocaciones muy semejantes a las

que se observan en el nivel inmediatamente superior; pero son menos aparentes. El trozo de "Veta Verde," entre las fallas A y B, se divide en dos porciones de 13 y 18 metros de espesor cada una, y la porción al Norte de los tiros 4 y 5, presenta la misma extensión y aspecto que la porción correspondiente en el nivel 0, aunque, puede decirse, tiene menor potencia que en aquel nivel; la porción Sur se encuentra relativamente poco explorada. Pude estudiar únicamente tramos muy cortos de "Veta Nueva" en este nivel, pues la mayoría de los antiguos labrados abiertos en ella, se encontraban inaccesibles; esta veta tiende a desaparecer, a profundidad, y a unirse a rumbo, en algunos lugares, con "Veta Verde." Su potencia se reduce algo en este nivel, presentando en su relleno bastante calcita y estando su mineralización algo desmerecida, con excepción de la parte que corresponde a la porción fallada del clavo del "27," que se encuentra aquí a la profundidad, abajo del nivel del socavón general y cerca del nivel — 60.

Este nivel — 60 es muy interesante, pues se pueden estudiar en sus laboríos bastante bien la estructura y mineralización de "Veta Nueva," su estructura es allí claramente brechiforme (fotografía número 2, lámina XVII), su potencia media de cerca de 1.20 metros y sus rumbos y echados de 20° NW. y 60° al SW. La falla B produce en esta veta un salto horizontal de 110 metros, y también se explotaron en ella parte de los metales correspondientes a varias veces citado clavo del "27," con minerales constituidos principalmente por sulfuros de plata y pirita. La "Veta Verde" sufre, por esta misma falla, una dislocación horizontal casi de la misma amplitud que la efectuada en la veta anterior, y es fallada también por la falla A, que se observa aquí distante 23 metros de la B. Existe en la porción entre fallas de "Veta Verde" un pozo de exploración que ha mostrado un empobrecimiento de esta veta, cuya potencia se reduce en algunos lugares hasta 2 metros, por ejemplo, entre los tiros 600 y 177; pero que aumenta notablemente en su porción NW., desde la proximidad de los tiros 4 y 5, en donde vuelve a tener una potencia de 10 a 20 metros, y presenta, en un tramo de cerca de 200 metros, entre estos tiros y el 280, un relleno que es notable por estar constituido en este tramo de la veta de cuarzo pulverizado blanco, de un blanco de nieve, que forma una arena muy blanca enteramente suelta, la que, examinada al microscopio, se resuelve en un gran número de cristales muy pequeños de cuarzo y núcleos de pirita.

En el nivel — 90, en la época de mi visita, sólo se había explorado el cuerpo de "Veta Verde," al W. del tiro número 5, con un crucero que sacó una longitud de 75 metros, hasta el corte del bajo de la veta, y que prolongado tocó el alto, habiendo reconocido una potencia de cerca de 15 metros y un relleno estéril; se había, además, reconocido el trozo de veta entre fallas, con una potencia igual y también pobre. Por otros cruceros, que partieron de los tiros 109 y 44, se reconocieron tramos cortos (en condiciones regulares de mineralización) de "Veta Nueva" que dista en este nivel, del trozo entre fallas de "Veta Verde," unos 100 metros. Las fallas A y B se presentan aquí convergiendo hacia el E. y distantes entre sí de 20 a 30 metros.

Los últimos niveles inferiores —120, —150, —210 y —300 tenían en la época de mi visita, como ya se dijo, un desarrollo muy corto, y sus laboríos se habían limitado a reconocer a las vetas "Nueva" y "Verde," en muy reducido espacio. En el —120 estaba cortada esta última veta por un crucero al E., que partía del tiro 151, y en el corte efectuado presentó en su cuerpo una "abra" y una potencia de 7 metros. "Veta Nueva" se encontró desmerecida y con matriz de calcita dominante en su relleno, habiendo dado los ensayos que se hicieron en una y otra veta, de 20 a 30 gramos de plata, por tonelada, sin cantidad alguna de oro. En el —150 se hizo el corte de "Veta Verde" con 15 metros de potencia y ensayó 3 gramos de oro por tonelada. Los niveles —210 y —300, que visité por el tiro 177 metros, reconocieron solamente las dos fallas

principales A y B, estando distantes 8.20 metros en el nivel primeramente citado, y en el segundo únicamente se había descubierto, por un crucero corto que partió del tiro 177, un respaldo muy bien definido que parecía corresponder a la falla Sur de Dos Estrellas.

Pasaré ahora a tratar de las vetas de "Borda" y "Coronas," las que, con los contados y pequeños cuerpos que aparecen al bajo de ellas, tales como los de "Eureka," "La Muerte," "El Peso," etc. y las numerosas vetas que se presentan a su alto que se explotan o han sido explotadas en las minas de "La Lucha," "La Nacional," "Los Ocotes," etc., forman el grupo de vetas fundadoras del antiguo Mineral de Tlalpujahua.

Los trabajos activos que existen actualmente en este grupo de vetas, son pocos y no han sido desarrollados todavía suficientemente, ni a rumbo ni a profundidad; otros se encuentran paralizados desde hace algunos años, y otros muchos han sido completamente abandonados desde hace un largo período de tiempo, circunstancias que hacen que no se pueda emprender un estudio completo de este grupo, siendo necesario, por esto, recurrir a los datos históricos que le son relativos para formarse idea de las condiciones de rumbo, potencia, mineralización, etc., que presentaron en los antiguos laboríos con que se explotaron y que fueron abandonados más tarde.

Todos estos criaderos minerales forman un grupo de vetas que corren de NW. a SE., con rumbos comprendidos entre 20° y 30° , con fuerte inclinación al NE., contraria a la de las vetas de "El Oro" y "Dos Estrellas," siendo todas ellas vetas angostas y en general de riqueza inferior a estas últimas. Con frecuencia se dividen los cuerpos de estas vetas en varios cuerpos más delgados que se separan o se reúnen entre sí o que forman ramales que acompañan a cada veta, bien al alto o bien al bajo de ellas, como sucede, por ejemplo, con la "Veta 31," descubierta posteriormente a la época de mi visita a estas minas, que es una veta satélite de la veta de "Borda" y que ha producido muy buenos frutos.

La veta de "Borda" tiene una extensión explotada a rumbo próximamente de 1,500 metros, una dirección media de 25° NW., una potencia ordinariamente de 0.90 a 1 metro que llega a ser, por excepción, hasta un poco más de 3 metros, y un echado al NE., comprendido entre 55° y 80° . En esta veta se encontraron los trabajos en los tiempos antiguos, aunque éstos no alcanzaron gran profundidad; actualmente la mayor profundidad a que se ha llegado es de 180 metros por medio del tiro "Pinto," del cual parten los niveles 80, 160 y 180 metros. En el nivel 80 metros la veta tiene un rumbo de 18° NW., con echado al NE. de 80° , siendo en ese nivel su potencia de 1 metro; en el 160 su rumbo es de 25° NW., con inclinación de 73° al NE. y su potencia es allí algo menor. En estos dos niveles la veta arma en pizarras arcillosas, y en el último nivel, el 180, en "roca verde," que afecta en varios lugares una textura completamente pizarreña. En la frente Sur del 160, llevada sobre su cuerpo principal, se encuentra éste bruscamente interrumpido por una falla, a la que me he referido ya en el lugar correspondiente, cuyo rumbo es de 70° NE., con echado al NW. de 85° ; en esta región las dislocaciones han producido fallas normales con saltos, que tuve oportunidad de medir, hasta de 25 metros. El cuerpo principal de la veta de "Borda" y sus diferentes ramales, están constituidos por cuarzo compacto, en su mayor parte, con algo de cuarzo celular o careado, rara vez ferruginoso, que contiene metales con leyes de plata y oro que varían de 1 a 5 gramos oro y 100 a 760 gramos plata, por tonelada. En el nivel 160 se presentan al alto y cerca del cuerpo principal de esta veta, hilos delgados de minerales argentíferos que fueron explorados con cruceros cortos y explotados más tarde con buenos resultados; los minerales argentíferos son sulfo-antimoniuros y sulfo-arseniuros de plata que vienen diseminados en la masa del relleno cuarzoso en pequeños "ojos" o en "hilos" paralelos a los respaldos. Además de los niveles antes mencionados, que se alcanzan por el tiro "Pinto" y en los cuales

se han llevado de preferencia los trabajos modernos de exploración y explotación, existen al Norte de dicho tiro los tiros de "San Cristóbal" y "San Juan," y al S. las catas de "Santa Cruz" y el socavón "Pinto," obras con las que se han emprendido varias exploraciones; en este último socavón se cortaron varias vetillas paralelas de cinco a treinta y cinco centímetros de potencia y con 35° NW. de rumbo, algunas de ellas con muy buenos indicios de mineralización. En la región central y extremidad NW. de esta veta, existen los tiros de "Quebradilla," "San Pedro," "Rayas" y socavón de la "Media Luna," por los que fueron emprendidos casi todos los antiguos trabajos de explotación, los que dejaron algunos pequeños terreros de minerales muy pobres, que dan idea de la cantidad y calidad de los metales extraídos en esas primitivas épocas; la mayor parte de los minerales se ven muy oxidados y han provenido seguramente de labores muy cercanas a la superficie. En el socavón de la "Media Luna," cuya boca está casi al nivel del lecho de la cañada de Tlalpujahuá, la veta de "Borda" tiene una potencia de 80 centímetros, un rumbo de 20° NW. y un echado de 70° al NE.

En la veta "Coronas" los únicos trabajos accesibles que existían, en la época de mi visita a esta región minera, eran los de las minas de "Coloradillas," en su extremidad NW., los del tiro "San Diego" y algunos llevados en el cuerpo de "San Juan," en la mina del mismo nombre, y en la de "Concepción," en la región central, y comenzaban a limpiarse entonces los labrados del "Socavón Josefino," de la mina "Santa Rosa," con el objeto de explorar los antiguos labrados emprendidos en esta veta, cuya extensión, a rumbo, es mucho mayor que la de la veta de "Borda," pues alcanza un desarrollo de cerca de 3,700 metros, comprendida desde el cerro de "San Esteban," situado en la falda oriental del cerro del Gallo, hasta el socavón de "San Cristóbal," siendo también de mayor potencia que aquella, pues llega a tener en algunos lugares cerca de la superficie un espesor hasta de seis metros, que se reduce, a la profundidad, a 1 metro, por término medio. En la mina de "Coloradillas," en el nivel 85 metros, que se acababa de desaguar entonces, pude observarla con una potencia de 0.87 metros, un rumbo de 30° NW., un echado al NE., comprendido entre 70° y 75° , y una estructura enteramente compacta; estando constituido su relleno exclusivamente por cuarzo, con leyes que, reconocidas por ensayos en varios puntos, dieron una ley de 3.8 gramos oro y 311 gramos plata, por tonelada, en promedio; en esta mina existen los tiros de "Coloradillas" y "San Sebastián," de igual profundidad (125 metros), comunicados entre sí y con el "Socavón del Carmen," este último de 716 metros de longitud, y se estaba explorando, además, el cuerpo del alto llamado de "San Sebastián," distante de la veta a ese nivel próximamente 95 metros, teniendo casi el mismo rumbo (28° NW.), un echado de 78° al NE. y 0.85 metros de potencia, con leyes en oro que llegaron a subir hasta 51 gramos, por tonelada. Se había emprendido, además, un crucero al bajo en busca de una veta paralela y de algunas vetillas reconocidas en el exterior, estando el último nivel (120 metros) todavía inundado. En la mina "Concepción" se comenzaba el desagüe por el tiro inclinado de "San Juan," con un malacate de vapor, y en el socavón "Josefino" se reconocieron cortados por él, sucesivamente, a las vetas de "Manduermes," "Capulín," "Comanja," muy angostas, y la de "San Juan," al alto de la veta de "Coronas," que presenta allí una potencia de 1.10 metros, con un relleno casi estéril cargado de pirita.

Burkart, que tuvo oportunidad de conocer los antiguos trabajos emprendidos en esta veta, dice de ella lo siguiente: (1) "La veta de "Coronas" se conoce por su rumbo en una extensión mucho mayor que la veta de "Borda," pues se halla explotada en muchas minas desde el tiro de San José, en la falda del cerro del Gallo, hasta el soca-

(1) Loc. cit., pág. 109 y sig.

vón de San Cristóbal, en la falda de la mesa de Tlalpujahuilla, en más de 4,500 varas de distancia. Está cortada por varios socavones, de los cuales el de Nuestra Señora del Carmen, al Norte de Tlalpujahuilla, tiene la mayor profundidad en el corte de la veta, pero los tiros que se hallan en su vecindad y muchos otros que están más al Sur sobre esta veta, ya habían pasado el nivel de su piso. Para examinar la veta de Coronas, debajo de las labores más profundas, se limpió y ademó el socavón del Carmen; así como los tiros de San Esteban, de San Sebastián y de Coloradillas, que habían cortado la veta y un ramal en el alto de ella. El socavón del Carmen atraviesa la veta al Poniente del tiro de San Sebastián, pasando al bajo de ella. En el tiro de San Sebastián se cortó la veta con un crucero de 113 varas de profundidad, teniendo $2\frac{1}{2}$ varas de ancho y algunas pintas, las que desaparecieron, sin embargo, en las frentes que se dieron sobre la veta para registrarla. Se siguió el ahonde del tiro $50\frac{1}{2}$ varas más, llegando su plan a $163\frac{1}{2}$ varas debajo del marco del tiro, y se cortó la veta cerca del plan con otro crucero, teniendo una anchura regular, pero sin ninguna pinta de plata, y en pura guija de cuarzo. A esta profundidad se había alcanzado la veta en macizo debajo de las labores más profundas, sin que las aguas molestaran mucho; y en la estación de secas se hubiera podido registrar la veta con cañones, pozos y contracielos obrando con actividad y sin pérdida de tiempo, para averiguar su estado en varios puntos y para ver si alcanzaba algún ojo de metales costeables. Pero esta investigación no se hizo, sin embargo, porque ya se había gastado una parte considerable del capital de la compañía inglesa, y no se prestaban los accionistas a arriesgar más dinero en una empresa que, hasta entonces, no había dado metales costeables en ninguna de las minas aviadas. Más al Sur de los tiros de San Sebastián, San Esteban y Coloradillas, la veta Coronas se halla explotada en varias minas. Parece que en el socavón de las Animas la veta se endureció formando un cuerpo de cuarzo de corta anchura y sin pinta alguna. Tampoco en el tiro de Santa Rita hay indicios de haberse encontrado frutos de alguna consideración, porque los cruceros que se dieron desde el tiro a la veta, a las 49 y a las 74 varas de profundidad, respectivamente, alcanzaron, es verdad, un encaje muy ancho, pero muy duro y pobre. En la cañada de Tlalpujahuilla y en su ladera derecha la veta de Coronas es más rica, pues su encaje principal y sus ramales dieron en las minas situadas aquí metales de buena ley. Pero estos últimos se disfrutaron en las minas del Tajo, de Concepción y otras más, hasta debajo del suelo de la cañada, sin dejar los pilares indispensables debajo del río y hacia sus orillas, para impedir que las aguas, pasando por el crestón de la veta, cayesen a los planes, y por esta falta, el desagüe establecido por la compañía aviadora de estas minas se dificultó tanto, que los malacates puestos en los tiros del Tajo no fueron suficientes para mantener en seco las labores luego que entró el tiempo de aguas. Por estos motivos los resultados de las obras de investigación que la compañía de Tlalpujahuilla hizo ejecutar para examinar el estado de las obras y vetas del distrito, se calificaron de poco acertados, pues tanto la veta de "Coronas" como la de "Borda" se hallaron pobres en la parte Norte, en donde se consiguió bajar hasta debajo de las labores antiguas; pero es menester observar que las labores de investigación ejecutadas, no se extendieron, por falta de perseverancia, lo bastante en el rumbo de las vetas, para considerar el resultado de ellas como decisivo." Y en otro lugar dice, refiriéndose a las vetas de este distrito en general, lo siguiente: "Las vetas de Tlalpujahuilla son por lo regular de poca anchura; comúnmente no tienen más de media a una vara de ancho, y sólo las vetas principales llegan a las dos o cuatro varas, aunque éstas también se enangostan en trechos considerables. La veta de "Las Vírgenes" tiene la mayor anchura de todas, ensanchándose en algunas partes a 12 y 15 varas, formando varios encajes o cuerpos de veta. Son únicamente vetas de cuarzo, quiero decir, que sus matrices o su guija se componen por lo regular de cuar-

zo, con fragmentos de las rocas adyacentes envueltos en él, y raras veces se observa, en algunas de las vetas secundarias particularmente, el espato calizo con cuarzo, hallándose también ambos minerales cristalizados en los bolsos de las vetas. Por lo regular estas vetas están adheridas a los respaldos, sin tener relices formales o hilos de jaboncillo, que en ninguna parte de las vetas de Tlalpujahua he encontrado."

Entre las vetas, situadas al alto de las vetas de "Borda" y "Coronas," en las que se han emprendido trabajos recientemente, citaré a las explotadas en la mina de "La Lucha." Se encuentran estas vetas localizadas en el tercio inferior del cerro del Gallo y en su ladera oriental, donde han sido reconocidas por medio de un socavón de 900 metros de longitud, que corre casi de E. a W. y por un tiro vertical de 115 metros de profundidad, siendo las principales tres, que enumeradas según el orden sucesivo en que fueron cortadas por el socavón, a partir de su entrada, son las de "La Covacha," "Comanja" y "Veta 13;" pero como entre estas vetas principales se encuentran numerosas vetillas intermedias de uno a quince centímetros de espesor, los cortes hechos por el socavón son muchos más, pues han sido en número de 25, como puede verse en el plano respectivo de esta mina. (Lámina XIX.) La dirección general de las vetas principales mencionadas y de las vetillas intermedias es de 25° NW., con inclinación variable entre 60° y 85° al SW. o NE., dominando la primera. La veta "Covacha" tiene en el socavón 0.50 metros de potencia, en promedio, y sus leyes varían entre 3 a 5 gramos oro y 26 a 60 gramos plata, por tonelada; la de "Comanja" tiene una potencia comprendida entre 0.15 metros y 1.80 metros y sus leyes son algo mejores que las de la anterior (de 5 a 6 gramos oro y 33 a 338 gramos de plata, por tonelada), siendo la "Veta 13" la más importante y potente y la que tiene labrados más desarrollados al S. del socavón; su potencia máxima es en el pozo 30, de 2.10 metros y sus leyes en oro (que en esta veta se ha presentado visible a la simple vista) han llegado a ser hasta de 250 gramos por tonelada; sin embargo, en el nivel 109 metros bajan mucho y son apenas de 5 a 6 gramos oro por tonelada; habiéndose alcanzado con los labrados abiertos en la frente Sur de esta veta un pequeño clavo de metales auríferos cuyas leyes fueron de 40 a 50 gramos oro y 300 a 400 gramos plata, por tonelada. Todas estas vetas y vetillas arman en pizarras arcillosas, teniendo muchas de ellas la forma lenticular, tan común en las vetas de estos distritos mineros; estas lentes son alargadas, muy aplastadas y con tendencia a desaparecer a rumbo y a profundidad. Su relleno está constituido por cuarzo compacto o careado, raras veces celular y son esencialmente auríferas; preséntanse en algunas de ellas, escasamente, los sulfuros de plata con muy poca pyrita y óxidos de fierro; el cuarzo compacto se encuentra algunas veces depositado simétricamente a uno y otro lado de los respaldos de las fracturas preexistentes que sirven de caja a estos criaderos; otras veces la fractura no ha sido llenada completamente al efectuarse el revestimiento de sus paredes, y ha quedado un hueco en el centro de la veta, en el que se observan cristales uno enfrente de otro, formando entonces la estructura conocida con el nombre de "estructura en peine." Estas vetas, como casi todas las de esta región minera, están cortadas por un sistema de fracturas muy características, cuyo rumbo es variable entre 30° y 65° al NE. y echado de 75° a 80° al NW. o SE., dominando el del NW.; estas fracturas atraviesan a las pizarras y a las vetas dislocándolas débilmente y produciendo en ellas saltos horizontales, al nivel del socavón, de 11 centímetros. 2.70 metros y 4.50 metros, habiéndose efectuado los movimientos, en la mayoría de los casos, hacia el NW. y del alto sobre el bajo, circunstancia a que se debe que las frentes sobre las vetas se desarrollen, de preferencia, al Sur del socavón, pues al N. se pierden éstas bruscamente. Estas fracturas transversales, según las cuales se han efectuado los citados movimientos, constituyen un sistema de fallas, de una dirección casi normal a la de las vetas, en las que el relleno está constituido por arcilla y cuyos relices

presentan en esta mina, como en otras de la localidad, "espejos" con estrias bien marcadas, brechas de fricción con pedazos de cuarzo remolido, etc. Se observan, además, en esta mina, dentro del relleno de algunas de las vetas cuarzosas, vetillas constituidas exclusivamente por calcita, que parecen ser muy recientes y las cuales no se ven cruzadas por las fallas mencionadas.

En el nivel 109 de esta mina, que parte del tiro vertical, se han abierto dos cruceros: uno al W., que es el más largo, y otro al E., habiéndose cortado con el crucero W. las vetas de "Covacha," "Comanja," varias vetillas y a la "Veta 13," pero en condiciones muy desfavorables, por la disminución de sus leyes de oro; con el crucero E. se ha cortado el cuerpo de "San Juan," situado al bajo de la veta de "Coronas," encontrándose, en la época de mi visita, gran parte de estos laboríos inundados. Las formaciones geológicas que ha cortado el socavón, son, comenzando desde su entrada, las siguientes: un tramo de 110 metros de pizarra arcillosa cuyas capas tienen un rumbo general de 38° NW. y echado al SW. 15° ; después una masa de andesita intrusiva de 60 metros de espesor; en seguida una poderosa formación caliza, estratificada en gruesos bancos, de una extensión de cerca de 300 metros, que corresponde a la formación que constituye la parte superior del cerro del Gallo, siendo de notar que en esta formación caliza no existen vetas minerales ningunas, y sólo los huecos, cavidades y chimeneas verticales ("sifones"), a los cuales he tenido ocasión de referirme en otro lugar.

De las demás vetas del Distrito de Tlalpujahuá, situadas al alto de la de "Coronas," pueden considerarse como de cierto interés a la de "Comanja," "La Nacional," "Temascales," "Los Ocotes," "Mártires" y "Carmen de Vírgenes," y a las de "Luz de Borda," entre las situadas al bajo; pero la mayor parte de los trabajos emprendidos en estas vetas se encuentran abandonados desde hace largo tiempo, y sólo se pueden estudiar en sus crestones o en trabajos muy superficiales; todas ellas corren de NW. a SE., con rumbos y echados muy semejantes a los estudiados ya en las otras vetas de la región; su echado es bien al NE. o bien al SW., dominando el primero. Los trabajos antiguos los han explorado a profundidades comprendidas entre 100 y 260 metros y en una longitud a rumbo de alguna extensión; estas exploraciones las han encontrado, en lo general, pobres, teniendo algunas una mineralización bastante uniforme y siendo casi todas angostas, con excepción de las de "Carmen de Vírgenes," que son de una potencia que, medida en las catas abiertas sobre los crestones de estas vetas, en el cerrito del mismo nombre, me dió como máximo seis metros, aunque Burkart la hace subir a doce; en dichas catas se observa un relleno de estructura en cintas y de aspecto bastante pobre. Han sido reconocidas estas vetas hasta una profundidad de 130 metros, con tres niveles abiertos a los 40, 70 y 100 metros, respectivamente, abajo del socavón general, el cual encuentra al tiro de Carmen de Vírgenes a los 30 metros. La veta principal tiene un rumbo de N. 27° W., con echado de 70° al NE.; su potencia media es de 3 metros, pudiendo observarse su espesor máximo, que es de 4.50 metros, en el segundo nivel; en éste y en el tercero, la veta está cortada por tres fallas, cuya dirección general es de Este a Oeste, con inclinación al N., variable entre 60° y 80° . Los movimientos horizontales producidos por estas fallas no son muy amplios y se han efectuado al W. El llenamiento mineral de esta veta está formado, casi en su totalidad, por cuarzo lechoso o vítreo, y el mineral útil está constituido por oro nativo y sulfuros de plata. Esta veta arma en pizarras negras bituminosas y hacia el S.; en los niveles 2.º, 3.º y 4.º termina en forma de cola de caballo. La veta de "Comanja" se ha explorado en un tramo a rumbo de 250 metros, en el cual tiene una potencia media de 0.90 metros y con indicios de buena mineralización. La veta de "La Nacional," conocida también con el nombre de veta de "Temascales," ha sido cortada por el socavón del mismo nombre, llamado antiguamente socavón de "La Casa," cuya

boca está situada en la orilla izquierda de la cañada de Tlalpujahua; este socavón, que es de 925 metros de longitud, cortó, además, un grupo de ocho vetas, entre las cuales citaré como más importantes a la de "Tres Guillemos," "Sacramento," "Los Carrillos," "Capulín" y "Santa Rosa." Los trabajos de reconocimiento que se hicieron sobre estas vetas abarcaron una extensión de cerca de 2,500 metros, y consistieron, además del citado socavón, en cinco niveles inferiores abajo del socavón, que partieron de un tiro vertical de 190 metros de profundidad, del pozo y laborío de "Tres Guillemos" y de varias catas abiertas sobre el crestón de la veta de "Temascalas," en la cual se desarrollaron después, de preferencia, los trabajos que la reconocieron con una potencia, en promedio, de 2 metros; el relleno de este grupo de vetas está constituido principalmente por cuarzo blanco, a veces ferruginoso, con pirita, sulfuros y sulfo-arseniuros de plata, con ley de 150 a 300 gramos de plata y de 3 a 10 gramos de oro, por tonelada.

En la mina "Luz de Borda" se han explotado varias vetas de potencia variable entre 0.50 metros y 2.50 metros, con minerales argentíferos algo rebeldes por la presencia en ellos de blenda, cuyas leyes en oro han sido variables entre 2 y 6 gramos por tonelada.

Las otras vetas citadas del Distrito de Tlalpujahua, son de mucho menor importancia, habiendo sido abandonados los trabajos de exploración y explotación emprendidos en ellas, casi desde la época en que se comenzaron los primeros trabajos en este Mineral.

Como un resumen de la exposición anterior, relativa a la morfología, características y accidentes que sufren los criaderos minerales de los distritos mineros de El Oro y Tlalpujahua, puede decirse que estos criaderos son vetas que están contenidas en fracturas que se formaron en las pizarras arcillosas o en el contacto de estas pizarras con rocas intrusivas, que estas fracturas son extensas a rumbo y conservan bastante constancia en su dirección e inclinación; que algunas de estas fracturas coinciden con fallas, es decir, que se efectuaron, según ellas, movimientos de deslizamiento que provocaron desalojamientos laterales durante los cuales se pusieron en contacto, a intervalos, las superficies alabeadas de los lados de estas fracturas, produciéndose entonces los huecos o espacios de forma lenticular que sirvieron de caja a estas vetas y que dieron así su forma típica a estos criaderos minerales, que están constituidos por cuerpos de gran espesor, en algunos tramos (de 30, 40, 50 y más metros), cuerpos que se ensanchan o estrechan o que disminuyen progresivamente de potencia hasta quedar reducidas al simple contacto de sus respaldos, afectando la forma de lentes que se presentan alineadas, con soluciones de continuidad, o bien que se suceden unas al lado de las otras; que muchas de estas vetas, a pesar de su considerable potencia, no afloran en la superficie por haber sido cubiertos sus crestones, posteriormente, por erupciones de rocas volcánicas recientes; que estas vetas están contenidos en un sistema de fracturas cuyo rumbo medio es de 25° NW., con inclinación, en el distrito minero de El Oro y en la mina "Dos Estrellas," hacia el SW., y en el de Tlalpujahua hacia el NE., formando así un sistema de fracturas conjugado; que estas vetas pueden clasificarse, si se atiende a la potencia y naturaleza de su mineralización, en dos grupos: vetas muy anchas de forma lenticular netamente filonianas de relleno cuarzos dominante y mineralización esencialmente aurífera, y vetas, relativamente angostas, de relleno calizo y mineralización esencialmente argentífera, en las que la forma lenticular no es tan notable, tendiendo algunas de ellas a la forma tabular; que la mayoría de estas vetas están atravesadas por un sistema de fracturas, de edad muy reciente, cuyos rumbos dominantes son de 60° a 70° NE., con fuerte inclinación al

NW., siendo, por consiguiente, de dirección casi normal a las de las vetas, a las que dislocan y en las que producen fallas cuya distribución, naturaleza y amplitud se ha estudiado, en detalle, en cada una de las minas visitadas.

ESTRUCTURA Y NATURALEZA DEL RELLENO DE LOS CRIADEROS.

--Varias estructuras típicas se observan en el relleno de las vetas minerales de estos distritos, siendo las principales las siguientes: estructura en cintas paralelas o en zonas concéntricas, estructura brechiforme simple y estructura compacta. La estructura primeramente mencionada domina en el relleno de las vetas poderosas de la región, y puede verse en las vetas de "San Rafael," "Veta Verde," "Veta Blanca," "Carmen de Vírgenes" (láminas XIV, XV y XVI), y algunas otras vetas de la porción oriental de la región. En la "Veta Verde" se nota, sobre todo en su parte superior, entre los niveles + 160 y + 72 y está constituida allí esta estructura por bandas, zonas o costras paralelas a los respaldos de la fractura; en la "Veta Blanca," entre los niveles + 125 y + 72, especialmente en los rebajes que se llevaban, en la época de mi visita, cerca del contacto con la andesita y en los niveles + 138, + 120, + 115 y + 85; en estos rebajes la veta presentaba un estructura en zonas concéntricas circulares, que imprimían a su relleno un carácter casi orbicular (véase la fotografía número 1, lámina XV), aunque en algunos tramos de ella y en otros de "Veta Verde" la estructura es ligeramente brechoide o francamente compacta; pero donde se observa, con frecuencia, la estructura brechiforme típica, es en el relleno de "Veta Nueva," entre los niveles - 30 y - 60 (véase la fotografía número 2, lámina XVII), en la que se ven fragmentos angulosos de pizarra negra arcillosa de los respaldos, cementados por calcita, siliza compacta y cuarzo cristalizado, estando generalmente rodeados estos fragmentos por minerales argentíferos, y constituyendo así, cada uno de ellos, un núcleo de mineralización, así como en algunos tramos de la "Veta Somera" (fotografía número 1, lámina XVII). La estructura compacta domina en las vetas de "Coronas" y "Borda," sobre todo en las labores de los niveles inferiores de las minas labradas sobre estas vetas (fotografía número 1, lámina XVIII), en los cuales su relleno presenta una estructura extraordinariamente compacta, sin señales aparentes de mineralización.

Ya he dicho antes, al referirme a algunas vetas de esta región minera, que a veces los depósitos minerales que han rellenado las fracturas en las que se encuentran contenidas estas vetas, se ha efectuado simultáneamente a uno y otro lado de la fractura, dando al relleno una estructura en bandas o cintas simétricas (véase la fotografía número 2, lámina XV, y fotografías números 1 y 2, lámina XIV), terminando estos depósitos minerales, unas veces, por rellenar completamente la fractura, y otras no concluyendo el llenamiento de ellas, quedando entonces un hueco en medio del cuerpo de la veta, en el cual se ven cristales de cuarzo con sus ejes normales a las costras y con sus extremidades unas enfrente de otras, dando así al relleno el tipo de estructura conocido con el nombre de estructura "en peine," y demostrando, esta estructura, que la fractura ha permanecido abierta por algún tiempo, con sus paredes intactas. Ya he mencionado también, incidentalmente, al ocuparme de "Veta Verde," que en el nivel - 60, en un tramo de cerca de 200 metros, y a algunos metros arriba y abajo de este nivel, su relleno está constituido por cuarzo pulverulento blanco, que tiene el aspecto de una arena suelta muy blanca, formada por un gran número de pequeños cristales y pedacitos de cuarzo con núcleos de pirita, debiéndose probablemente la naturaleza especial del relleno de "Veta Verde," en este tramo, a fenómenos de trituración mecánica, efectuados en algunas porciones blandas o huecos existentes en el cuerpo de es-

ta veta, durante los movimientos de resbalamiento y de dislocación experimentados por ella.

En cuanto a la naturaleza del relleno metalífero de estas vetas, he señalado ya dos clases enteramente distintas, que se observan en ellas: uno, esencialmente aurífero, con matriz dominante de cuarzo, explotado en la zona de oxidación, que se presenta en las vetas de "San Rafael," "Verde," "Blanca," "Amparo" y "D," y otro esencialmente argentífero, con matriz de calcita dominante, explotado en la zona de los sulfuros, que se presenta bien caracterizado en las vetas "Nueva," "Somera," "San Patricio," "B," "C," "E," vetillas del Salto y "Jesús del Monte," de "Dos Estrellas" y veta de "Borda" y cuerpos satélites que acompañan a esta veta en la mina de Tiro Pinto.

Las especies minerales de depósito primitivo, que se encuentran en el relleno de estos criaderos, son la pirita, la que es generalmente aurífera y excepcionalmente argentífera; la marcasita y chalcopirita, en pequeñas proporciones; raras veces la blenda, bornita y covellita; en mayor proporción la estefanita y pyrargirita. Entre las de origen secundario son las más frecuentes, el oro nativo, casi nunca visible a la lente, (1) la plata nativa que se presenta cristalizada o en chapas o en filamentos y conteniendo generalmente ley de oro; los óxidos de fierro (principalmente limonita) y óxidos de manganeso, la argentita, la embolita y la malaquita, esta última muy rara vez y en muy escasa cantidad.

La pirita se encuentra constantemente en el relleno de estos criaderos, sobre todo en su porción profunda donde no aparece alterada; la plata y el oro nativos se encuentran solamente en la zona de oxidación de las vetas, estando acompañada la primera, algunas veces, por argentita y embolita; suele presentarse también la plata en hojillas resplandecientes y delgadas, entre los estratos de las pizarras arcillosas de los respaldos. Los minerales de cobre, antes citados, se encuentran en muy pequeñas cantidades y se descubren solamente después de un examen atento a la lente, en los minerales ricos procedentes del clavo del "27," de "Veta Nueva;" los óxidos de fierro y manganeso existen también únicamente en la zona de oxidación y se encuentran en cierta proporción en las vetas de "San Rafael," "Veta Verde" y "Veta Blanca," en mayor cantidad en la "Veta Amparo" y en pequeñas proporciones en casi todas las vetas de la región.

Las matrices en que vienen los minerales mencionados son: el cuarzo careado cavernoso o celular, frecuentemente ferruginoso, el cuarzo blanco o amarillento compactos, dominando como matriz, según lo he dicho ya, estas variedades de cuarzo en las vetas auríferas. La calcita con algo de cuarzo se presenta con frecuencia en las vetas argentíferas, siendo menos comunes la calcedonia, la siderita, la dolomita y la esteatita, raras, la wollastonita y la rhodocrosita y cuarzo ametista; faltan completamente la barytina y la flourita.

VARIACIONES EN LA NATURALEZA DEL RELLENO Y SUS LEYES DE MINERAL UTIL.—Las variaciones que se observan en la naturaleza del relleno, provocadas por el cambio de la roca en que armen estos criaderos minerales, no son notables en ellos, pues por lo expuesto en la descripción y estudio de las vetas de ambos distritos, se ha visto que éstas arman casi exclusivamente en las pizarras arcillosas,

(1) En la mina de "La Lucha" me fueron obsequiados, para el Instituto Geológico, tres ejemplares de oro nativo sobre cuarzo, los que, según me dijeron, procedían de la "Veta 13," y los cuales se encontraban en las colecciones de muestras de la mina; estos han sido los únicos ejemplares en que he tenido ocasión de observar el oro nativo a la simple vista o con lente; Burkart menciona el oro en granos en las vetas de "Los Mártires" y "Manduermes" y dice que le informaron que, en un ramal de la veta "Coronas" se encontró el oro en granos muy gruesos, en las labores de los tiros de "San José" y "San Esteban."

rocas sedimentarias que dominan en la región, y las cuales constituyen el "panino" de estas vetas. Se observa solamente, con relación a estas variaciones, una tendencia muy marcada a volverse compacto su relleno a profundidad y a disminuir en ley de oro, la mayoría de las veces, a medida que se profundizan los trabajos en ellas; así por ejemplo, "Veta Verde" ha presentado a las diversas profundidades en las que ha sido explotada las siguientes leyes en promedio de oro en su relleno:

En el nivel + 160	de 18 a 20	grs. por tonelada.			
" " "	+ 120	" 25 "	30	" "	" "
" " "	+ 90	" 16 "	18	" "	" "
" " "	+ 72	" 14 "	15	" "	" "
" " "	0	" 6 "	7	" "	" "
" " "	- 60	" 3 "	4	" "	" "
" " "	- 120	" 1 "	2	" "	" "
" " "	- 210	" 1 "	2	" "	" "

siendo completamente estéril, en oro, en los pocos sitios reconocidos en los últimos niveles, y conteniendo allí solamente de 20 a 30 gramos de plata, por tonelada. "Veta Blanca" tuvo buenas leyes (de 14 a 18 gramos oro y 200 a 250 gramos plata, por tonelada) entre los niveles + 125 y + 84, disminuyendo bastante esta ley en los niveles siguientes en orden descendente: "Veta Amparo," en el nivel 100, llegó a tener de 25 a 30 gramos oro, por tonelada, y sólo 2 gramos de oro en el nivel 0; la veta de "San Rafael," en el tramo que tuve oportunidad de estudiar en la mina "Nolan," al nivel 513 metros, es casi completamente estéril, y la veta "Somera" ensayó de 10 a 12 gramos oro, por tonelada, en el nivel + 60, y sólo de 4 a 6 gramos en el nivel 0.

Esta disminución de ley de oro, a profundidad, que ha tenido lugar de una manera progresiva, en algunas vetas y en otras de una manera brusca, puede considerarse como un hecho que se presenta casi constantemente en las vetas de la región, especialmente en las vetas auríferas. Se observa también en muchas de estas vetas, que las fracturas en que se encuentran contenidas tienden a disminuir de espesor a profundidad, no siendo posible estudiar esta importante cuestión en detalle, porque no existen obras de exploración suficientemente profundas y desarrolladas en ambos distritos mineros, y por la falta absoluta de estudios geológicos minuciosos de las regiones que les son vecinas; únicamente puede preverse que, dada la plasticidad de las pizarras arcillosas en que arman estas vetas, es probable que las fracturas abiertas en ellas tiendan a ser más y más estrechas a medida que penetran hacia abajo y aun acaben por desaparecer completamente, sobre todo cerca del contacto de estas pizarras arcillosas con las rocas graníticas o cristalinas sobre las que es muy probable que se encuentren descansando. Estas rocas graníticas o cristalinas no han sido descubiertas aún en ninguna de las obras interiores de las minas, quizá porque, como acabo de decir, las obras de exploración emprendidas hasta ahora no son suficientemente profundas; pero por los estudios geológicos generales hechos en regiones semejantes a ésta y por las exploraciones llevadas a cabo, siguiendo itinerarios geológicos que descienden de la Mesa Central a las costas occidentales del país, se ha podido observar que las pizarras cristalinas gneisses, phylades u otras rocas de la familia granítica, que forman el "protaxis" o esqueleto primitivo de la República Mexicana.

GEOLOGIA QUÍMICA DEL RELLENO DE LOS CRIADEROS.—El estudio de la naturaleza y modo de asociación de los minerales y matrices contenidos en el relleno de estos criaderos, así como el de los diversos tipos de estructura que dicho relleno presenta, permite hacer algunas deducciones acerca de la geología química de estos criaderos minerales.

La composición química de las soluciones primitivas, en las que se encontraban disueltos los minerales y matrices que constituyen el relleno de las vetas auríferas de

la región estudiada, no debe haber sido muy compleja, siendo probable, según lo demuestra la naturaleza químico-mineralógica y aspecto físico de los citados minerales y matrices, que las soluciones en que existían hayan contenido gran cantidad de siliza, bajo la forma, en su mayor parte, de ácido silícico hidratado H_4SiO_4 , y en una pequeña parte como silicatos alcalinos solubles. En estas soluciones debe haber existido el oro disuelto en proporciones variables; pero siempre en soluciones muy diluidas, como parecen probarlo las leyes actuales auríferas del relleno, que son bajas, en lo general, llegando a tener en común hasta 30 gramos oro, por tonelada, es decir, apenas de 0.003 por ciento de oro. Por otra parte, el hecho de estar el oro con frecuencia contenido en la pyrita, prueba que este mineral influyó directamente en su precipitación, pues es bien sabido que cuando una solución aurífera se pone en contacto con un sulfuro sólido, tal como la pyrita, galena, etc., (1) el oro se precipita con facilidad de esta solución, lo que explica por qué la pyrita es comúnmente aurífera en estas vetas. Además, la pyrita, al oxidarse, produce sulfato férrico, que es un disolvente del oro, y efectuada esta oxidación en la zona superior de estos criaderos, por el oxígeno atmosférico que se encuentra disuelto en las aguas meteóricas descendentes, se provocó en ella una concentración posterior, por fenómenos de oxidación, disolución, transporte y reprecipitación, a los cuales probablemente se debe que estas vetas auríferas sean relativamente ricas en sus zonas de oxidación y cementación, especialmente en la primera, donde han podido circular dichas aguas meteóricas, y no así en las zonas profundas, en las que no ha tenido lugar esta circulación fácil, o en la que las aguas han perdido ya su oxígeno y no han podido efectuar, por consiguiente, esta oxidación y precipitación posterior; no persistiendo, por esto, a la profundidad, las leyes de oro de las zonas superiores. El oro es soluble, además, en los líquidos que contienen cloro, en el ácido clorhídrico, cuando están presentes los ácidos arsénico, antimónico, selénico y crómico; en las soluciones que contienen bromo y yodo, en los ioduros y cianuros alcalinos, sulfuros alcalinos y en el sulfato férrico ya citado, sobre todo en soluciones ácidas; es soluble, también, a la temperatura de $200^{\circ} C.$, en una solución moderadamente concentrada de carbonato de sodio, y a gran presión se disuelve en soluciones que contienen silicatos de sodio o potasio. La presencia constante de óxidos de manganeso, en más o menos proporción, en el relleno de estas vetas, hace pensar que estos óxidos metálicos han podido influir en gran manera para la circulación y emigración de las soluciones auríferas y su enriquecimiento en oro; para su circulación o emigración, porque, en realidad, al oxidarse la pyrita, no solamente se produce sulfato férrico, sino también ácido sulfúrico y sulfato ferroso, siendo este último un precipitante del oro, y era de esperarse que el oro disuelto por el sulfato férrico fuera casi inmediatamente vuelto a precipitar por este sulfato ferroso, cuya formación es favorecida por la acción del aire y de las aguas meteóricas oxidantes, o que se precipitara otra vez por la presencia de la pyrita sólida; pero los óxidos de manganeso han obrado seguramente, en este caso, sobre el sulfato ferroso, convirtiéndolo en sulfato férrico, que es, como se ha dicho ya, un disolvente del oro: los óxidos de manganeso han impedido así la reprecipitación del oro por las sales ferrosas, permitiendo a las soluciones auríferas emigrar hacia abajo. Estas soluciones se han producido bajo la acción de las aguas superficiales descendentes, las cuales, aunque frías y diluidas, han sido bastante ácidas y han contenido sulfato férrico en cantidad suficiente para efectuar dicha solución y transporte, habiendo sido notablemente ayudada su acción disolvente por los óxidos de manganeso. En las regiones inferiores, al atacar estas aguas

(1) Véase "On the action of solid bodies upon solutions." Beyschlag Vogt and Krusch, Ore Deposits, mineral formation, págs. 139 y sig.

• nuevos compuestos metálicos y entre ellos a la pyrita, de origen primario, han perdido su oxígeno, su acidez y se han precipitado, entonces, el oro, juntamente con los óxidos de manganeso, produciéndose así un enriquecimiento secundario de estos criaderos en esta zona de precipitación. Este enriquecimiento secundario producido por la emigración de las soluciones auríferas y precipitación posterior, parece ser un hecho que se presenta casi siempre en los criaderos auríferos, (1) en cuyo relleno existen minerales oxidados manganesíferos.

La influencia de los óxidos de manganeso, sobre todo de los óxidos mangánicos, sobre las soluciones que contienen cloruro de sodio, aunque estas soluciones sean diluidas y frías, es también muy notable, pues bajo la acción de estos óxidos se pone cloro en libertad que, en estado naciente, es un disolvente enérgico del oro. (2) En efecto, en las aguas salinas que contienen cloruro de sodio, ácido sulfúrico y sulfato férrico, se forma ácido clorhídrico, sobre el cual obran los óxidos de manganeso poniendo al cloro en libertad, el que disuelve el oro y forma en la zona de oxidación cloruros metálicos principalmente de plata. En esta región minera, tanto las aguas meteóricas como las termales profundas, contienen bastante cloruro de sodio, procedente, bien de la sal común que existe en las pizarras arcillosas, rocas sedimentarias que como se ha visto antes, se formaron en el seno del mar, o bien de las emanaciones gaseosas y aguas magmáticas que acompañaron a las diversas intrusiones y erupciones que tuvieron lugar en ellas, en diversas épocas; sin embargo, esta acción disolvente del cloro, no debe haberse realizado en una escala considerable, pues aunque en la zona de oxidación de estos criaderos se encuentra la cerargirita y embolita, esto no es con frecuencia, y sólo existen estos cloruros en cantidades pequeñas. •

En cuanto a las soluciones que originaron el relleno de las vetas argentíferas de la región, deben haber sido de una composición química algo más compleja, dominando en ellas el carbonato de calcio, acompañado de algún ácido silícico y sulfuros de fierro, principalmente, y sulfuros de plata; la presencia de la estephanita y pyrrargirita en cantidades relativamente grandes en dicho relleno, demuestra claramente que el antimonio y el arsénico estuvieron presentes en esta solución, siendo probable que hayan existido en él como sulfo-sales alcalinas. Además del carbonato de calcio, el ácido silícico y el fierro, contuvieron estas soluciones ácido carbónico libre, y bastante azufre, bien como hidrógeno sulfurado o bien como sulfuros alcalinos.

La estructura en bandas paralelas o en zonas de relleno de los criaderos de esta región minera, muestra que los depósitos minerales se realizaron en ocasiones sucesivas y diferentes; pero si se compara la naturaleza química y carácter mineralógico de las diferentes bandas o zonas entre sí que forman esta estructura, se ve que tienen casi la misma composición química y constitución mineralógica, lo que parece probar que estas soluciones fueron de una composición química bastante uniforme, sobre todo en las vetas auríferas, y que dicha composición química, al menos cualitativamente, no sufrió grandes cambios al circular y rellenar las fracturas y cavidades en que se encuentran contenidos estos criaderos minerales.

(1) Véase "Manganese and gold-enrichment" by W. H. Emmons Trans. Am. Eng., Vol. XLII.—1910.

(2) Las experiencias realizadas por Sankousky, Russell, Brokaw y Mc. Caugley para el estudio de la disolución y precipitación del oro, por la acción del bióxido de manganeso y sales férricas y ferrosas, son muy valiosas. Por algunas de estas experiencias se ha podido comprobar que en soluciones frías y diluidas, conteniendo cloruro de sodio, el óxido férrico no produjo cloro naciente en cantidad apreciable, durante 34 días; que el óxido cúprico es menos eficaz, pero que los compuestos mangánicos proporcionados por la pyrolusita, pusieron al cloro en libertad con mucha facilidad; y que en una solución fría que contenía solamente 1,418 partes de cloro por millón, fué disuelta una considerable cantidad de oro en 14 días, en presencia de compuestos manganesíferos.

DISTRIBUCION DE LA MINERALIZACION EN LOS CRIADEROS.—Al estudiar la distribución de la mineralización en la masa de estos criaderos, desde sus afloramientos o crestones, a la profundidad, pueden hacerse las siguientes observaciones:

Como los crestones de las vetas más importantes de la región, según se ha dicho ya, se encuentran cubiertos por corrientes de rocas volcánicas, no es posible estudiar directamente su mineralización en la superficie, sino que solamente puede hacerse este estudio de una manera indirecta, en el interior de las minas, en el contacto de las vetas con las corrientes mencionadas; así, por ejemplo, en "Veta Verde" se ve que en su contacto con la andesita de hornblenda, en el nivel + 160, es decir, en su primitivo crestón, las leyes en oro no son precisamente altas, y que estas leyes aumentan hacia la profundidad hasta llegar a ser a varias decenas de metros más abajo en el nivel + 120, hasta de 30 gramos oro, por tonelada, en promedio, para disminuir después progresivamente de ley. En la veta de "San Rafael" se observa que su contacto con esta misma roca, corresponde a una zona de relativa pobreza, hecho que se debe, probablemente, a la alteración química superficial efectuada por los agentes atmosféricos, cuando el crestón o afloramiento de esta poderosa veta estaba descubierto y a la lixiviación y transporte posterior de nuevos contenidos metálicos hacia abajo por las aguas meteóricas descendentes que disolvieron a dichos metales por los procesos químicos antes estudiados, y que los transportaron después; este hecho se observa, con frecuencia, en las vetas auríferas de la región, no siendo marcado en las vetas argentíferas.

En los crestones de las vetas, que aparecen descubiertos, se notan por todas partes las coloraciones propias de los óxidos de fierro en diversos estados de oxidación e hidratación (hematita, limonita), óxidos procedentes en su mayor parte de la oxidación de la pirita por los agentes atmosféricos y las aguas superficiales, no conteniendo estos crestones, por lo regular, altas leyes de oro o plata, y presentando casi siempre una mineralización sumamente escasa y esparcida; aunque en algunos tramos suelen encontrarse ciertas concentraciones que hacen subir las leyes en oro algunos gramos; pero puede decirse, que estos crestones son casi siempre pobres, y que el oro en ellos muy raras veces se presenta visible a la simple vista o con la lente.

No se observan en estas vetas, no obstante la considerable potencia de algunas de ellas, los llamados "mantos," que se presentan en algunos otros criaderos de regiones mineras vecinas; (1) estos "mantos" no son otra cosa que el producto de la erosión de los crestones de las vetas, cuyos productos, mezclados con detritus de las pizarras, se depositaron en las depresiones del terreno cercanas a dichos crestones, llegando a ocupar, a veces, estos depósitos, considerables extensiones superficiales, con un contenido en oro suficiente para hacer costeable su explotación.

Por el estudio de la zona de oxidación y la zona de los sulfuros, pueden distinguirse dos grupos bien definidos en las vetas de estos distritos mineros: uno formado por vetas en las que la zona de oxidación se extiende bastante a profundidad, aun en las vetas angostas, y otro formado por las vetas en que esta zona es muy superficial; al primer grupo pertenecen casi todas las vetas auríferas de la región, y al segundo las vetas esencialmente argentíferas. Del primer grupo pueden citarse como típicas a las importantes vetas de "San Rafael" y "Veta Verde," cuyas zonas de oxidación se extienden a profundidades mayores de 300 metros, y del segundo a "Veta Nueva," cuya zona de precipitación primaria comienza a algunos metros arriba del nivel + 72.

(2).—Véase "Descripción de las Minas de Santiago y Anexas," Estado de Michoacán, por el ingeniero J. D. Villarello, Mem. Soc. Alzate, Tomo XXII, págs. 129 y sig.

La mineralización en la zona de oxidación de las vetas auríferas es más bien profusa que concentrada, en tanto que en la mineralización en la zona de oxidación y de los sulfuros de las vetas argentíferas, se encuentran acumulaciones en masas (por ejemplo, clavos del "27" y "186" de "Veta Nueva"), que han suministrado algunas de las bonanzas más notables de las minas de esta región.

En algunas vetas auríferas se pasa con frecuencia de la zona de oxidación a la zona de los sulfuros, estando representados éstos principalmente por pirritas, sin que exista una zona bien caracterizada de cementación; pero en otras vetas sí se encuentra esta zona, aunque no muy bien representada, y es en esta zona de las vetas argentíferas donde han ocurrido de preferencia la precipitación de sulfuros de plata simples o de sulfo-antimoniuros de plata, observándose en las mencionadas concentraciones pequeñas cantidades de chacolpyrita y de otros minerales de cobre, que tienden a imprimir a estas vetas un carácter ligeramente cupro-argentífero.

Como es sabido, la separación entre la zona de depósitos secundarios y la de depósitos primarios, se hace por el nivel hidrostático, nivel que está sujeto a variaciones en el tiempo y el espacio, dependiendo estas variaciones, entre otras causas, del clima de la región, el que a su vez varía periódicamente en las diferentes estaciones del año y secularmente en las diferentes épocas geológicas. En los climas áridos y en los años secos, este nivel desciende para volver a subir cuando las lluvias son abundantes; con el cambio secular del clima cambia también el nivel hidrostático, siendo, por lo tanto, este nivel, en cierto modo, oscilante, y desciende también con la degradación gradual del relieve topográfico de una comarca provocado por la erosión; siendo en esta zona de oscilación donde tienen lugar las más variadas y activas acciones químicas, y variando, asimismo, con los cambios citados, el grado de concentración de las soluciones circulantes y a veces hasta el carácter químico de las mismas soluciones. En el caso de las vetas auríferas de la región estudiada, parece probable que siendo estas vetas anteriores a las argentíferas, es decir, de mayor antigüedad, como lo veremos más adelante, al tratar de la edad de estos criaderos metálicos, se hayan efectuado en ellas, en una época geológica en la cual el clima de la región fué más árido que el que existió después, fenómenos de intemperismo que extendieron su acción a considerable profundidad, y los que no pudieron realizarse posteriormente con la misma amplitud, porque fueron otras las condiciones del clima y del relieve topográfico de la comarca.

Por otra parte, la acción de los agentes atmosféricos y de las aguas meteóricas descendentes sobre un relleno metalífero, es variable con la resistencia que este relleno presenta a dicha acción, resistencia que depende, en gran parte, de la naturaleza químico-mineralógica de este relleno, dependiendo también, como fácilmente se comprende, de que predomine la extensión de una zona sobre la otra, o que la zona de precipitación primaria aparezca inmediatamente en la superficie; de la mayor o menor energía con que se verifique la erosión del terreno, sobre todo, en relación con la rapidez con que se efectuaron estos fenómenos de alteración secundaria, siendo evidente, además, que la cantidad de metal útil que queda en la parte superior de la zona de oxidación, o en el crestón mismo del criadero, depende de la relación entre la proporción en que este metal es disuelto y la proporción en que los materiales de relleno, sin valor, son disueltos y removidos.

Estos fenómenos de alteración, que en el caso de las vetas de la región han provocado, como se ha dicho ya, un enriquecimiento secundario del relleno por las citadas remociones y precipitaciones que se han producido, y en los cuales fenómenos han desempeñado los óxidos de manganeso un importante papel obrando, no tanto como disolventes del oro, sino más bien como agentes que han retardado su precipitación, al convertir el sulfato ferroso en sulfato férrico, y que han sido ayudados, además,

por otra causa de enriquecimiento secundario, aunque no ya de origen químico, sino más bien mecánico, que es el debido a la presencia de las fallas ya estudiadas, las cuales atraviesan a este relleno y cortan casi perpendicularmente a las fracturas en las que se encuentran contenidos estos criaderos minerales.

Algunas de estas fallas han servido como canales de circulación, bien para las aguas termales ascendentes, o bien para las aguas frías meteóricas que han producido una concentración posterior en su intersección con el relleno metalífero. Ha podido comprobarse, en efecto, que las mejores zonas mineralizadas en las vetas auríferas más importantes de la región, se localizan en los lugares del relleno donde las fallas se repiten y son más extensas; se observa este hecho, con frecuencia, tanto en la veta de "San Rafael," como en "Veta Verde," existiendo además, a veces, a lo largo y a ambos lados de estas fallas transversales, óxidos de manganeso ricos en plata, lo que parece probar que se ha efectuado un acarreo y precipitación secundaria en las zonas de fracturamiento provocadas por estas fallas. No se puede, sin embargo, generalizar esta regla, pues hay fallas que no han ejercido influencia alguna sobre el relleno metalífero, y otras cuyo único efecto ha sido fallar a concentraciones minerales formadas con anterioridad, como sucede en el "clavo del 27" (lámina XII), pudiendo explicarse esta influencia tan variable, porque estas fallas se han producido en épocas diferentes, habiendo tenido las más antiguas el tiempo necesario para efectuar este enriquecimiento secundario que no ha podido realizarse en las más modernas.

Se ha visto ya que la mineralización en la mayoría de las vetas, y con especialidad en las auríferas, tiene una marcada tendencia a disminuir a la profundidad; esta mineralización en la porción N. de la veta de "San Rafael" disminuye de una manera sensible; en la mina México, a los 275 metros abajo del contacto de la cubierta de andesita; a los 210 metros y 150 metros, en las regiones N. y S., respectivamente, en la mina de "Esperanza," y entre los 130 metros y 170 metros, en las minas de la Compañía de "El Oro Mining," aunque en esta última mina hay una zona mineralizada alargada en forma de chimenea que llega hasta los 350 metros. En otras vetas, como por ejemplo, en la veta al alto de la de "San Rafael," la mineralización sigue hasta los 400 metros, pero puede decirse de una manera general que la abundancia de metales de buena ley para molino, tanto en esta veta como en la "Verde," de Dos Estrellas, es relativamente superficial. En cuanto a la mineralización a rumbo, se nota en muchas vetas una tendencia a mejorar hacia el SE., como sucede en la última veta citada, en la que las labores altas, situadas arriba del socavón general en el departamento de Dos Estrellas, es decir, en su porción central, se han producido mejores leyes auríferas (de 15 a 30 gramos o más por tonelada), que en la región NW. de la misma veta, en el departamento de El Cedro, donde estas leyes han bajado a veces hasta un 25 a 40%, siendo por esto necesario, en algunas ocasiones, subir sus leyes con minerales del departamento S., para poder ser tratados propiamente en las oficinas metalúrgicas de cianuración de esta compañía; en la veta de "San Rafael" han sido también mejores y más constantes sus leyes en sus porciones central y del SE., y otro tanto se observa en las vetas de "Borda" y "Coronas." Al recorrer a rumbo "Veta Verde," en los distintos niveles labrados sobre ella, especialmente en el departamento N. de "El Cedro," se observa, con alguna frecuencia, que se pasa repentinamente de zonas estériles a zonas mineralizadas, lo que es debido a la presencia de las fallas normales en la porción NW. de esta veta, a las cuales se ha hecho ya referencia, fallas que han bajado las zonas mineralizadas a horizontes más bajos, poniendo en contacto inmediato zonas estériles y mineralizadas, como sucede en el referido "clavo del 27," de "Veta Nueva," antes mencionado.

Génesis de los criaderos

Los criaderos minerales de estos distritos mineros, fueron originados por fenómenos de precipitación y cristalización que tuvieron lugar en el seno de las soluciones minerales, cuya composición química se ha tratado ya de fijar en párrafos anteriores.

Estas soluciones circularon a través de las fracturas de origen tectónico que se formaron preferentemente en las pizarras arcillosas, habiendo sido dichas soluciones de origen profundo, termales y ascendentes, como parecen probarlo los hechos observados y la naturaleza y asociación de los minerales que se presentan en el relleno de estos criaderos metalíferos. Los fenómenos de precipitación se debieron principalmente a la disminución de temperatura y de presión o a la mezcla de soluciones de composición química diferente. Al efectuarse estos fenómenos de precipitación, se depositaron los minerales y matrices ya estudiados, en las fracturas o espacios vacíos por los que pasaron las soluciones, bien rellenando estos depósitos completamente a las fracturas o cavidades preexistentes, o bien dejándolas abiertas en parte, formando entonces las diferentes estructuras de relleno antes estudiadas, bien en zonas concéntricas, bandas, costras, en "peine," etc., o bien dando lugar a diversos tipos de estructura brechiforme, al cementar los pedazos de las rocas de los respaldos, caídos en las fracturas que se conservaron abiertas.

En la zona del relleno así formado de estos criaderos, comprendida entre sus afloramientos o crestones y las cercanías del nivel hidrostático (nivel variable en diferentes épocas geológicas), tuvieron lugar, posteriormente, fenómenos de enriquecimiento secundario, causados por aguas superficiales descendentes y frías, pero de gran poder oxidante y disolvente, por su contenido en oxígeno, ácidos carbónico, sulfúrico, sulfato ácido de fierro, etc., habiéndose realizado estas concentraciones secundarias, con frecuencia, en la proximidad de la intersección de las fallas transversales más antiguas de la región con dicho relleno metalífero, produciendo entonces en esos lugares zonas de riqueza relativa.

Los esfuerzos tectónicos que originaron las fracturas en que se encuentran contenidos estos criaderos minerales, se repitieron varias veces, después de formado su relleno metalífero, (y aun actualmente se están repitiendo), y dieron lugar a reaperturas de las cavidades o a la formación de nuevas fracturas en el relleno mismo, con producción consecutiva de nuevo relleno, causa a la que debe atribuirse la presencia de hilos ricos, paralelos muchas veces, al rumbo general de las vetas y contenidos en el primer relleno de ellas, como los que se descubrieron, por ejemplo, en "Veta Verde," al N. del tiro 100, en el nivel — 30, y el cual se explotó en un tramo de más de sesenta metros, con minerales de alta ley de oro; el cortado por el crucero del mismo tiro en el nivel — 60, y el hilo en el reliz S. de la falla S. cerca del tiro 4, en cuyo relleno se presentaron minerales de naturaleza enteramente distinta al relleno de dicha veta, tales como sulfuros de zinc o de plomo.

La génesis de estos criaderos está en relación con dos clases de intrusiones de rocas ígneas: andesitas porfíricas y rhyolitas, intrusiones que tuvieron lugar en épocas diferentes y produjeron dos clases distintas de mineralización: una esencialmente aurífera y otra argentífera.

En cuanto al origen de los metales, estuvieron éstos contenidos, probablemente, en los magmas mismos de las rocas, magmas que fueron bastante ácidos por proceder de rocas ricas en ácido silícico, como puede verse por los análisis químicos respectivos de estas rocas intrusivas, a lo que se debió que sea tan abundante la siliza como matriz en el relleno de estos yacimientos metalíferos.

Edad de los criaderos

Estos depósitos minerales son de edad terciaria, anteriores a la erupción de las andesitas de hornblenda y posteriores a las intrusiones de las andesitas porfíricas y rhyolitas, intrusiones que, según se ha dicho antes, al tratar de la historia geológica de esta región minera, tuvieron probablemente lugar a mediados y fines del mioceno. El hecho de que las fracturas en las que se encuentran contenidos estos criaderos, no atraviesen a las rocas andesíticas, que bajo la forma de corrientes, bóvedas, etcétera, se encuentran generalmente formando las partes elevadas del terreno, sino que, al contrario, las erupciones de estas rocas cubran a sus crestones en gran extensión, prueba que estos criaderos ya existían cuando tuvieron lugar dichas erupciones, y que son, por consiguiente, anteriores a ellas; por otra parte, la conexión genética directa que se observa entre estos criaderos minerales y las mencionadas intrusiones de rocas ígneas, indica que estos depósitos metalíferos se formaron durante el enfriamiento y consolidación de los magmas de las citadas rocas ígneas, en los diversos períodos de actividad eruptiva de la región y durante su fase final, siendo, por lo tanto, estos criaderos de edad terciaria, miocénica, probablemente, y algunos de ellos de edad más reciente, tal vez pliocénica.

Con respecto a la edad relativa entre sí, de las dos clases de criaderos que existen en la región, parece ser que los criaderos auríferos son anteriores a los argentíferos, pudiendo aducirse, en favor de esta presunción, las siguientes razones y hechos observados en el terreno: los criaderos auríferos presentan caracteres de una oxidación mucho más avanzada y profunda que los criaderos argentíferos; los accidentes geológicos que se observan en aquéllos son mucho más frecuentes, amplios y numerosos que en éstos, tales como los fenómenos de fallas, dislocaciones causadas por éstas, metamorfismo de la roca de los respaldos, etc., accidentes que se presentan en menor escala, menos multiplicados o que aún faltan completamente en las vetas argentíferas, como sucede en el caso que se ha señalado ya, de las vetas y vetillas con matriz de calcita dominante, matriz característica de los criaderos argentíferos, que se encuentran en algunas minas de esta región minera, las cuales vetas o vetillas se presentan dentro del relleno cuarzoso de las vetas auríferas y las que no se ven cruzadas por las fallas que atraviesan a dicho relleno cuarzoso, lo que indica que estas vetas y vetillas se formaron posteriormente en nuevas reaperturas abiertas en el mencionado relleno de las vetas auríferas. Además, estas últimas vetas parecen estar en relación genética más estrecha con la intrusión de las andesitas porfíricas, que con la de las rhyolitas, cuya aparición se efectuó probablemente, según se dijo antes, en una época algo posterior a la de las citadas andesitas. Parece, pues, justificada la deducción de que los criaderos auríferos de la región, son de edad anterior a la de los argentíferos, siendo los primeros de edad miocena, y estos últimos quizá de fines del mioceno o aún del principio del plioceno.

Clasificación de los criaderos

Por las ideas expuestas anteriormente, sobre la morfología, naturaleza, estructura, génesis, etc., de estos criaderos minerales, pueden clasificarse, si se atiende a su morfología, como vetas o filones, de forma frecuentemente Jenticular, que pertenecen al tipo de "*true fissure veins*," de dos mineralizaciones de distinta naturaleza: una esencialmente aurífera y otra auro-argentífera, presentando esta última indicios de pertenecer a la formación cupro-argentífera. Si se atiende a su génesis, es decir, a su modo de formación, deben clasificarse estos criaderos como primarios epigené-

ticos, puesto que no provienen de la destrucción de otros criaderos preexistentes, sino que se han formado posteriormente a la roca en que se encuentran contenidos, habiendo sido originados por fenómenos de precipitación y cristalización que tuvieron lugar en el seno de aguas termo-minerales ascendentes, las que circularon por fracturas de origen tectónico, fracturas que no fueron planas sino sinuosas, y en algunas de las cuales hubo, según ellas, movimientos de deslizamiento del terreno, los que produjeron brechas de fricción, superficies pulidas estriadas, ensanchamientos y cavidades de forma lenticular, que facilitaron la circulación de dichas aguas mineralizantes, y permitieron un depósito mineral cuantitativamente mayor al rellenar esos ensanchamientos.

Si se tiene en cuenta la edad de estos criaderos, sus estrechas relaciones genéticas con las intrusiones de rocas ígneas terciarias, la naturaleza de sus matrices y minerales y sus demás caracteres, se pueden considerar como pertenecientes al grupo de criaderos que F. von Richthofen clasifica como criaderos filonianos "auro-argentíferos jóvenes," en contraposición con el grupo de los "criaderos auro-argentíferos viejos," clasificación aceptada por Vogt, Suess y notables geólogos norteamericanos como Lindgren, Ransome, Spurr y otros especialistas en el estudio de los criaderos minerales, que son verdaderas autoridades en la materia.

Los rasgos más marcados que son comunes a los criaderos minerales que forman el grupo citado, al que pertenecen los criaderos estudiados de esta región minera, y que pueden señalarse como característicos, son los siguientes: estos criaderos aparecen casi siempre situados en comarcas de edad geológica bastante joven, generalmente terciaria, y se presentan constantemente en íntima relación genética con intrusiones de rocas ígneas, también jóvenes, que con frecuencia son de edad miocénica, menos comúnmente eocenas y en raros y aislados casos de fines del cretácico. Coincide la distribución geográfica y geológica de estos criaderos con las cadenas de montañas constituidas por rocas ígneas intrusivas o volcánicas terciarias que forman en nuestro país la Sierra Madre Occidental y en la América del Sur la Cordillera de los Andes, en los Estados Unidos del Norte La Sierra Nevada y Montañas Rocallosas y montañas de Alaska, cadenas todas que bordean en las Américas a la costa del Pacífico.

En Europa se encuentran en los Cárpatos, (1) en Cartagena, en España, en Portgibaud, en Francia, en el Japón y en otras partes del mundo; pero siempre en conexión directa con erupciones o intrusiones de rocas ígneas jóvenes, siendo interesante hacer notar que no se presentan estos criaderos en aquellas sierras o cadenas de montañas que, aunque de edad terciaria, no han tenido lugar en ellas dichas intrusiones, como sucede en los Alpes y Pirineos, (2), montañas en las que no se presentan intrusiones de rocas ígneas jóvenes y no existen tampoco estos criaderos.

Las rocas ígneas intrusivas son, en la mayoría de los casos, andesitas, dacitas, rhyolitas y algunas veces fonolitas o basaltos. En aquellas regiones donde la erosión ha sido bastante enérgica para descubrir zonas profundas, o en regiones como las de estos distritos mineros, en que dichas intrusiones han sido alcanzadas por las obras de exploración y explotación de las minas, se observa que muchas de estas rocas presentan, por lo regular, una textura holocristalina que revela que se han consolidado a profundidad, es decir, que son de cierto carácter abysal. Según las observaciones de Moericke, (3) relativas a algunos criaderos auro-argentíferos jóvenes de Chile, que se presentan allí, como todos los criaderos pertenecientes a este grupo, ligadas con

(1) Véase "The Young Gold Silver Lodes."—Beyschlag, Vogt and Krusch, loc. cit. pág. 576 y sig.

(2) Vogt, etc., loc. cit. pág. 576 y sig.

(3) W. Moericke. Die Gold, Silber und Kupfererz Lagerstätten in Chile und ihre Abhängigkeit von Eruptivgesteinen Feiberg. 1897.

rocas ígneas, parece que los criaderos que contienen de preferencia oro en su mineralización, están en relación genética directa con rocas bastante ácidas, en tanto que los esencialmente argentíferos están en conexión, más bien, con rocas menos ácidas o aun básicas.

Los criaderos pertenecientes a esta clase se han formado durante las diferentes fases de un vulcanismo expirante en las comarcas jóvenes donde se encuentran localizados casi siempre, y en las cuales abundan las rocas ígneas terciarias; encontrándose algunas veces estos criaderos contenidos, bien en sus mismas rocas, como pasa en nuestro distrito minero de Pachuca, o bien en rocas sedimentarias mesozoicas (jurásicas o cretácicas), como es el caso para los criaderos de estos distritos, pero siempre en los lugares cercanos a las intrusiones o erupciones de dichas rocas terciarias (andesitas y rhyolitas en la región estudiada). Como manifestaciones de este vulcanismo expirante, quedan generalmente manantiales termales, que en esta región minera aparecen en los valles que rodean por el N. y E. a las montañas en las que están situados estos criaderos, y se observan en los alrededores de Tepetongo, en las cercanías de la hacienda de Bravo, en Contepec y en el valle de Tultenango, con temperaturas que varían entre 28° y 49.5° C.

Las matrices dominantes que se presentan como características en los criaderos de esta clase, son el cuarzo, bien bajo la forma de siliza compacta, o bien como cuarzo careado, celular o cristalizado, siendo estos cuarzos constantemente ferruginosos y auríferos, estando a veces bastante cargados de óxidos hidratados de fierro; se presenta también la calcita, aunque en los criaderos auríferos en menos cantidad que en los argentíferos, y se presentan asimismo la siderita, rodocrosita y rodonita, algunas veces la barita; la flourita se presenta en muy pequeñas cantidades y aun falta completamente en la gran mayoría de los criaderos, ausencia que les es casi característica. Esta ausencia de la flourita, así como de otros compuestos de flouro, cloro y boro, muestra claramente que estos elementos no han desempeñado ningún papel en la formación de estos criaderos "auro-argentíferos jóvenes," al contrario de lo que sucede en los criaderos "auro-argentíferos antiguos," o en ciertos criaderos de estaño o fierro, en los que estos elementos han desempeñado un importante papel, y en cuyo relleno se encuentra con frecuencia la turmalina, el topacio o la apatita.

Los criaderos minerales de El Oro y Tlalpujahuá pueden, pues clasificarse como criaderos *primarios epigenéticos*, que tienen la forma de vetas o filones del tipo "*true fissure veins*," los cuales han sido originados por aguas termo-minerales ascendentes y contenidos en fracturas de origen tectónico, fracturas que se produjeron principalmente en rocas sedimentarias mesozoicas, siendo estos criaderos de dos mineralizaciones distintas: una esencialmente aurífera y otra argentífera, y perteneciendo al grupo designado por Richthofen, como "*criaderos auro-argentíferos jóvenes*."

Explotación de los criaderos

La explotación de estos criaderos minerales se ha llevado a cabo en los últimos años con suma actividad y en grande escala, especialmente en las minas abiertas en las vetas de "San Rafael" y "Dos Estrellas," en las cuales los trabajos de explotación y exploración han alcanzado un desarrollo muy considerable. En las minas labradas en la veta primeramente mencionada, estos trabajos, que consisten en tiros verticales, inclinados, socavones, cañones, laboríos, etc., alcanzan la respetable cifra de más de ochenta kilómetros de desarrollo, de los cuales corresponden casi la mitad de esta cifra a las minas de la negociación de "El Oro Mining and Railway Company;" cerca de treinta kilómetros a las minas pertenecientes a la negociación de "Esperanza," y

el resto a las minas de las negociaciones de "México Mines of El Oro," "Nolan" y "Carmen." En las minas de la negociación de "Dos Estrellas," no obstante de que fueron abiertas en época relativamente reciente, el desarrollo de sus laboríos es ya de cerca de cincuenta kilómetros; en cambio, en las otras minas antiguas del Distrito de Tlalpujahua los trabajos no han alcanzado gran desarrollo ni profundidad. La profundidad máxima a que se ha llegado en el Distrito de El Oro es de más de 600 metros, y en el Distrito de Tlalpujahua, en la mina de "Dos Estrellas," es de 610 metros, abajo del contacto de la andesita con la pizarra, siendo apenas de 180 a 200 metros abajo de la superficie, en las minas abiertas en las vetas de "Borda" y "Coronas."

Estas diferentes profundidades se han alcanzado por medio de tiros exteriores verticales o por tiros interiores inclinados, abiertos varios de estos últimos en el bajo de las vetas. Los tiros más notables de estos distritos tienen las siguientes profundidades y secciones:

	Profundidad	Sección
Tiro "Somera"	568 metros	4. ^m 50 x 2. ^m 50
„ "Nolan"	493 „	5. 00 x 1. 80
„ "Hondo"	475 „	5. 50 x 2. 18
„ "Núm. 8 de Dos Estrellas"	446 „	5. 40 x 1. 80
„ "Núm. 4 de Dos Estrellas"	430 „	5. 40 x 2. 10
„ "Núm. 5 de Dos Estrellas"	307 „	5. 40 x 2. 10
„ "San Patricio"	429 „	5. 50 x 2. 18
„ "México-Norte"	397 „	
„ "Skips" de la mina México	393 „	7. 20 x 2. 10
„ "Reforma"	393 „	
„ "Sur" de Oro Mining and Railway Co.	270 „	5. 00 x 1. 80
„ "Esperanza" Sur	300 „	7. 50 x 2. 10
„ "Esperanza" Norte	440 „	8. 50 x 2. 40
„ "Norte" del Oro Mining and Railway Co.	193 „	7. 20 x 1. 80
„ "Pinto"	185 „	
„ San Sebastián"	124 „	
„ Tiro interior inclinado Núm. 177 de Dos Estrel- llas, a partir del nivel del Socavón General	300 „	5. 40 x 1. 80
„ Tiro interior inclinado Núm. 75 de Dos Estrel- llas, a partir del nivel del Socavón General	120 „	5. 40 x 1. 80
„ Tiro interior inclinado Núm. 600 de Dos Estrel- llas, a partir del nivel del Socavón General	100 „	
„ Tiro interior inclinado Núm. 1000 de Dos Estrel- llas, a partir del nivel del Socavón General	500 „	7. 20 x 1. 80

De las profundidades de los otros tiros del distrito puede juzgarse en las secciones longitudinales respectivas de las minas, que acompañan a este estudio.

El sistema que se sigue para la explotación de estos criaderos, es el apropiado para vetas de gran potencia, y consiste en labrar cañones y contra-cañones en el bajo del cuerpo de las vetas equidistantes entre sí, verticalmente, de 25 a 30 metros, y en abrir después cruceros al alto en el mismo cuerpo de la veta, cruceros cuya separación varía de 15 metros, 30 ó más metros; los cañones se comunican entre sí por pozos convenientemente distanciados y se preparan así macizos de la veta que se disfrutan por medio de rebajes, en los cuales se emplea el conocido sistema americano de ademación, llamado de "*Square sets*," que es también el sistema de fortificación particularmente apropiado para las vetas anchas, dejando esta ademación como ademación perdida, y haciendo el relleno con tepetate llevado del interior o tierras traídas del exterior. En las vetas angostas se siguen los procedimientos ordinarios de tumbe con rebajes de cabeza o de costado, empleando para la ademación marcos de madera de pino, oyamel o cedro, de 0 m. 20 × 0 m. 25 ó 0 m. 25 × 0 m. 25 de escuadría,

que se cortan y labran actualmente en los patios de las minas por medio de sierras mecánicas de diversos sistemas, cepillos, taladros, etc.

Al principio, en los primeros tiempos de la explotación, se abrían en algunas minas contra-cañones en el respaldo del bajo, en la pizarra encajonante, por ser esta roca mucho más blanda que el cuerpo de la veta, pero tuvo que abandonarse bien pronto este sistema, pues aunque las excavaciones recién abiertas sobre la pizarra se conservan bien, después de pasado algún tiempo esta roca se ablanda y desmorona al estar en contacto con el aire y en las labores donde hay o circula agua, se forman verdaderos lodazales.

Una de las principales dificultades con que se tropieza en la explotación de estos criaderos minerales, es la de que en los lugares donde se encuentran las fallas o en los tramos de las vetas comprendidos entre fallas muy cercanas, el terreno es sumamente flojo; el relleno de las fallas mismas es arcilloso o está constituido por brechas de fricción, materiales ambos muy blandos y sueltos, que hacen que en las regiones donde existen varias fallas sufra el terreno hundimientos que se hacen sensibles en los cañones, sobre todo por el constante hundimiento de las vías férreas que se usan para el transporte interior (como sucede en los niveles + 160 y + 120, labrados sobre "Veta Blanca," en la mina de "Dos Estrellas") o por la deformación y ruptura de los marcos de los ademes, etc. En estas regiones se ha tratado de substituir la fortificación de madera por la de bóvedas de mampostería o por fortificación constituida por vigas y rieles de acero, pero los esfuerzos de presión son tan considerables, que es frecuente que estas clases de fortificación cedan a los citados esfuerzos y que haya necesidad de estar constantemente reparando la ademación.

La extracción se hace, bien por los tiros verticales o inclinados o por los tiros interiores a que se ha hecho referencia, o bien por socavones, a veces de gran longitud, como el socavón general de "Dos Estrellas" y "El Cedro," en los cuales se usan locomotoras eléctricas "Westinghouse Baldwin" que remolcan generalmente de 12 a 14 carros de 1,200 a 1,500 kilogramos de capacidad, que circulan por vías de 30 libras de peso por yarda lineal. Los tiros están servidos, en las minas más importantes, por malacates movidos por motores eléctricos; en los tiros de "San Patricio" y "Hondo," de la negociación de "El Oro Mining & Railway Co." y en el tiro "Número 4," de la negociación de "Dos Estrellas," los malacates son de la marca "Webster, Camp and Lane" y los motores son de 350 a 400 H. P. de fuerza, empleándose en ellos corrientes directas, cuya aplicación permite un resultado más eficaz y seguro que la empleada en los malacates de inducción, teniendo con este objeto anexo cada uno de los malacates citados un generador independiente en el cual se efectúa la transformación de la corriente. En los tiros interiores número "177" y "75," de "Dos Estrellas," hay para el transporte vertical interior, dos malacates eléctricos de 100 H. P. y 90 H. P., respectivamente, y hay, además, otros malacates, también eléctricos, en los tiros interiores números 151, 90, 44, 109, 100 y 600 de estas minas, y varios malacates chicos de 10 H. P. en diferentes pozos.

La ventilación en la mayoría de las minas de estos distritos mineros, se verifica de una manera enteramente natural, haciéndose necesaria solamente la ventilación artificial en las labores que están muy "abochornadas" por el calor que se desarrolla al descomponerse las pyritas contenidas en las pizarras arcillosas, calor que llega a ser a veces demasiado molesto y que exige dicha ventilación; también se emplea la ventilación mecánica en determinados departamentos de algunas minas donde la actividad con que se llevan los trabajos requiere la extracción rápida de los gases que se forman después de la explosión de la dinamita. Con este objeto hay dos ventiladores aspirantes en el "Socavón número 8" y "Socavón del Oyamel," de la negociación

de "Dos Estrellas," del sistema "Geneste Herscher," de paletas cónico-cilíndricas divergentes y de una capacidad de 60,000 litros por minuto, movidos cada uno por un motor eléctrico de 65 H. P. de potencia.

En las labores calientes distantes de las corrientes provocadas por estos ventiladores, se usan ventiladores eléctricos "Root."

El desagüe se hace por medio de bombas de varios tipos ("Gould," "Sulzer," "Aldrich," "Worthington," "Cameron," "Dean," "Jaenessville," etc.), movidas unas por electricidad y otras por aire comprimido, cuyas capacidades varían entre 300 y 3,800 litros por segundo, según las necesidades especiales de cada mina.

La cantidad de agua que existe en las diferentes minas de estos distritos es muy variable, y puede decirse que, en general, no es tan grande como en otros distritos mineros de la República; pudiendo estimarse en las labores profundas de las vetas de San Rafael (nivel XV de la mina Esperanza) un gasto de 720 litros por minuto.

El Distrito de El Oro recibe fuerza eléctrica de Necaxa, que se transmite a una distancia próximamente de 275 kilómetros, a una tensión de 60,000 volts, la que se tenía el proyecto de elevar, en la época de mi visita en estas minas, a 80,000 volts y se consumían de fuerza en esa época 10,000 K. W., transformando esa alta tensión en tensiones comprendidas entre 3,000 y 120 volts, siendo el voltaje más usado en los diferentes motores eléctricos que mueven los malacates, compresoras, molinos, etc., de las minas y oficinas metalúrgicas de esta región, de 440 a 550 volts.

Metalurgia

El Distrito de El Oro es uno de los distritos mineros del país, si no el primero, en el cual se ha realizado una de las fases más notables en la evolución de la industria metalúrgica mexicana; especialmente, como he dicho antes, en lo que se refiere al procedimiento de cianuración de Mac Arthur Forrest, para el beneficio de minerales auríferos y auro-argentíferos, implantado en México a principios del año de 1895. Este procedimiento fué introducido en el país por primera vez por la "Silver and Gold Recovery Co.," para el tratamiento de minerales auríferos en Minas Prietas, Sonora, y poco después en este Distrito de El Oro y casi simultáneamente en los Distritos de Pachuca y Oaxaca. La aplicación de este procedimiento redujo mucho el costo del beneficio para esta clase de minerales y se extendió al fin por todo el país, sobre todo en los distritos mineros productores de metales preciosos, y puede decirse que de los veintiocho Estados de la República, en veinticuatro hay metales preciosos, siendo de éstos, catorce, especialmente auríferos.

En el Distrito de El Oro se aplicó al principio, por el año de 1897, el procedimiento de cianuración solamente para los "jales," que provenían del tratamiento de minerales auríferos y auro-argentíferos por el sistema de "pans" continuo de Boss, el cual se usaba en combinación con placas de cobre amalgamadoras, anexas a las baterías de mazos. Después se suprimieron las placas amalgamadoras y se siguió usando el procedimiento de "pans," pero al mismo tiempo se comenzó a ensayar la aplicación directa del procedimiento de cianuración a los minerales, hasta que, por último, se excluyeron por completo los procedimientos de amalgamación y se usó únicamente el de cianuración. Desde entonces han sido muy rápidos los progresos; se ha aplicado la molienda en húmedo con soluciones de cianuro en las baterías de mazos, la remolienda en molinos tubulares, la agitación con aire en tanques "Pachuca," la filtración de las lamas en filtros "Butters" y de otros sistemas y, en fin, se han aplicado, ensayado y modificado todas las innovaciones introducidas en los tiempos modernos, al primitivo procedimiento de cianuración de Mac Arthur Forrest.

Se aplicó, por supuesto, este procedimiento desde el principio, solamente a los minerales auríferos o auro-argentíferos de baja ley, pues los de alta ley se han destinado siempre para la exportación. Por otra parte, los minerales auríferos de baja ley son los más abundantes, y se han extraído, tanto en este distrito como en el de Tlalpujahuá, de las vetas de "San Rafael" y vetas "Blanca" y "Verde," respectivamente, cuya producción en minerales de esta clase ha sido enorme, circunstancia que ha permitido aplicar este procedimiento en grande escala, lo que ha influido de una manera decisiva en el éxito de los negocios mineros de esta región, cuya industria pertenece ya, no a la pequeña industria minera, sino a la gran industria, pues exigen la aplicación de fuertes y bien organizados capitales.

Actualmente las oficinas metalúrgicas que existen en esta región minera son todas del sistema de cianuración, siendo las siguientes las más importantes: en el Distrito de El Oro, las de la negociación de "El Oro Mining and Railway Co.," con 24 baterías de mazos de una capacidad de 900 a 1,000 toneladas diarias; la de la negociación de "Esperanza," con 20 baterías y una capacidad de cerca de 900 toneladas al día, y en el Distrito de Tlalpujahuá, la oficina metalúrgica de la negociación de "Dos Estrellas," con 24 baterías y una capacidad total de 1,700 toneladas diarias.

La mayor parte de la gran masa de minerales que se trata en estas oficinas metalúrgicas, corresponde a minerales oxidados procedentes de la zona de oxidación de las principales vetas auríferas de la región, y en una parte mucho menor a los sulfuros que se extraen de las porciones más profundas de esas vetas o de las vetas argentíferas. Se muelen estos sulfuros en las baterías de mazos con soluciones de cianuro, hasta de 0.12% de fuerza, a las que se ha puesto cal en una proporción generalmente de 0.07%, concentrándose después el producto de la molienda en mesas Wilfley, Johnston o Deister.

En el tratamiento primitivo de cianuración que se aplicó a los "jales" o minerales de baja ley y que se usó en los primeros tiempos, se obtenía solamente el 70% del contenido de oro y del 59% al 60% de la plata; mientras que actualmente, con el alto grado de perfección que se ha alcanzado en los aparatos de molienda, remolienda, clasificación, agitación mecánica, etc., se extrae casi todo el oro contenido (de 90 a 92%) y hasta el 78% de la plata.

El procedimiento general de beneficio que se sigue en la actualidad, sufre, como fácilmente se comprende, modificaciones de una a otra oficina metalúrgica de las diferentes negociaciones mineras mencionadas o en la misma oficina, según la naturaleza del mineral, cantidad tratada, etc., pero dicho procedimiento consiste, en síntesis, en triturar el mineral en baterías de mazos, como se ha dicho ya, con solución pobre de cianuro; en efectuar una clasificación, y después una remolienda en molinos tubulares; en hacer una nueva clasificación de la pulpa en aparatos de diversos tipos para separarla en lamas y arenas, las que se tratan por soluciones de cianuros alcalinos en tinajas de diversos tipos y capacidades, hasta de 280 toneladas; sometiendo a las arenas a una simple percolación y a las lamas a una agitación mecánica. Las soluciones de cianuro que disuelven el oro y la plata, se reciben en tanques de fondo filtrante, y se precipita el oro y la plata con polvo de zinc en prensas-filtros de diversos sistemas o en cajas de 6 a 3 compartimientos. El precipitado tamizado es reducido en algunas oficinas a pequeños ladrillos comprimidos que se funden en hornos especiales, y en otras el precipitado en polvo se funde directamente en crisoles de grafito.

En la negociación de "Dos Estrellas" el mineral es conducido del interior de la mina a la oficina metalúrgica por medio de un motor eléctrico que arrastra 25 coches de una tonelada de capacidad cada uno. El metal es vaciado en unas grandes tolvas y de

aquí, por medio de un conductor de banda, descargado en otras tolvas. De estas últimas, por medio de alimentadores automáticos, cae el mineral a las baterías de mazos. Estos son 120, con peso de 1,250 libras cada uno, que dan de 110 a 114 golpes por minuto. Cada mazo muele 14.1 toneladas en 24 horas. De las baterías pasa la pulpa a 14 molinos tubulares, de 5' \times 24'. Cada molino tubular muele $10\frac{1}{6}$ toneladas en 24 horas, y de esta molienda el 90 a 91% pasa por tela del número 200, usándose cribas de la marca "Tyler Standard Screen Scale." Los molinos tubulares descargan, respectivamente, en unos clasificadores del tipo Dorr. De éstos la parte gruesa vuelve a los molinos tubulares, y la parte fina pasa a unos tanques espesadores de 8' \times 36'. De estos tanques espesadores la pulpa pasa a tanques agitadores de 10' \times 36', en los cuales sufre un tratamiento alternativo de agitación y decantación durante un determinado período de tiempo. De estos tanques pasa la pulpa a otros de 20' \times 36', en los que se limpia perfectamente. La solución pasa en seguida a un aparato de vacío, en el cual se extrae el aire que lleva disuelto la solución rica. Este tratamiento es reciente, y proporciona una gran economía en la cantidad empleada de zinc. Ya en estas condiciones, se pone a la solución el zinc en polvo por medio de un alimentador automático, cuyo movimiento está ligado con el de una bomba triplex, que eleva la solución a una prensa Merrill. En esta prensa se obtiene un "cake" del precipitado de oro y plata, el cual pasa a la fundición para obtener las barras.

En la actualidad, en que se nota un marcado interés por el procedimiento de concentración llamado de "flotación," comienzan ya a tratarse algunos lotes de mineral por este último sistema; pero este tratamiento se ha emprendido solamente en pequeña escala y simplemente con el carácter de ensayos o experiencias.

Por último, puede decirse que las oficinas metalúrgicas de esta región minera son de las más notables del país; que se aplican en ellas los sistemas más adelantados empleados hasta hoy en el tratamiento de los minerales por cianuración, y que todas cuentan con la maquinaria más variada y perfecta, movida casi siempre por potencia eléctrica.

Resumen y conclusiones

Por las ideas anteriormente expuestas, puede llegarse en resumen a las conclusiones siguientes:

Los distritos mineros de El Oro y Tlalpujahuá se encuentran ventajosamente situados en una región central del país, bastante cercana a la capital de la República; esta región forma parte de la gran altiplanicie mexicana, y cuenta con excelentes vías de comunicación que la ligan con la ciudad de México, con varias importantes capitales de Estado y con otras regiones mineras y agrícolas del país; que tanto los datos históricos como los de producción de estos distritos, muestran su gran interés e importancia, y que en los últimos años ha sido cuando estos distritos mineros se han desarrollado rápidamente, constituyendo ambos en la actualidad, por su gran producción en oro, el primer campo aurífero de la República Mexicana; que por el estudio de su fisiografía se ve que en esta región minera, como en otras muchas del país, la morfología del terreno está en estrecha relación con su constitución y estructura geológica, distinguiéndose en ella dos diferentes fisonomías fisiográficas: una que corresponde a una topografía antigua, acusada por formas de cierta madurez, poco accidentadas, de suave pendiente, y otra más joven de pendientes escarpadas, en las que están frescas aún las formas recientes de las erupciones de rocas neovolcánicas, erupciones que originaron formas sobrepuestas en el terreno preexistente o corrientes de bastante espesor, las que rellenaron los valles que existían en la antigua

topografía, formando entonces mesetas de más o menos uniformidad y extensión, aumentando así la altura del terreno y provocando, en cierto modo, un rejuvenecimiento en su relieve, que se encontraba desgastado antes de la aparición de estas rocas ígneas, por una serie de frecuentes y prolongadas erosiones; que la geología de esta región minera es en lo general sencilla, pero complicada a veces bastante, por la intensa tectónica de que han sido teatro ciertas formaciones geológicas importantes que entran en su constitución, tectónica que ha causado pliegues, fallas y diversos accidentes; que por el estudio geológico y petrográfico hecho en el terreno, han podido identificarse tanto las formaciones sedimentarias, en las que se encuentran contenidos los criaderos minerales de estos distritos, como las rocas ígneas que están en íntima relación genética con dichos criaderos; que estas rocas sedimentarias pertenecen a una serie de depósitos marinos bien caracterizados en el país, los que afloran en grandes extensiones superficiales de su territorio, y los cuales constituyen el "panino" típico en que arma una gran mayoría de nuestras vetas minerales; que la estructura de la región, en cuya constitución entran las unidades geológicas que se clasifican y estudian en detalle, consiste esencialmente en un sub-basamento, formado por las rocas sedimentarias que se señalan, las cuales están plegadas y fracturadas, y sobre las que descansan cubiertas de rocas efusivas; que las direcciones de los ejes de los pliegues que se formaron en las citadas rocas sedimentarias, coinciden con la del rumbo medio de las fracturas en las que se encuentran contenidas las vetas de esta región minera; que estas fracturas se produjeron bajo la acción de poderosos esfuerzos orogénicos, siendo, por lo tanto, las mencionadas fracturas de origen tectónico; que rellenas y mineralizadas más tarde estas fracturas, formaron los criaderos minerales de estos distritos, los cuales criaderos, por su continuidad a rumbo y a profundidad, por el contraste de su relleno con la roca encajonante, por la estructura de este relleno y por todos sus caracteres, deben clasificarse como vetas del tipo "*true fissure veins*;" que por el estudio hecho en las diversas minas abiertas sobre estas vetas, desde sus crestones o contactos con las cubiertas de rocas volcánicas, hasta las profundidades alcanzadas, se ve que estas vetas presentan varios accidentes, entre los que es notable el de las fallas, que las cortan perpendicularmente, provocando en ellas dislocaciones de más o menos amplitud; que estas vetas presentan dos mineralizaciones distintas, una esencialmente aurífera, y otra esencialmente argentífera, siendo las vetas auríferas de considerable potencia, de forma lenticular o tabular y de una distribución de la mineralización útil en su masa, más bien profusa que concentrada, al contrario de lo que sucede en las vetas argentíferas, en las que existen concentraciones de forma irregular, las cuales algunas veces están atravesadas por fallas, quedando separadas estas concentraciones por tramos más o menos largos y estériles; que en cuanto a las variaciones que se observan en la naturaleza del relleno y su mineralización, provocadas por el cambio de la roca en que arman estas vetas minerales, no son notables, observándose solamente, en las vetas auríferas, una tendencia muy marcada a volverse compacto este relleno y a disminuir y aun desaparecer la mineralización útil a la profundidad, hecho que se observa mucho menos marcado en las vetas argentíferas; que en el enriquecimiento secundario de los criaderos minerales auríferos de la región, parecen haber influido de una manera decisiva los óxidos de manganeso por las acciones químicas que se estudian, y de una manera mecánica las fallas que atraviesan a estos criaderos y a los argentíferos; que la zona de oxidación en los criaderos primeramente citados, se extiende a bastante profundidad, en tanto que en los argentíferos esta zona es relativamente superficial; que los criaderos minerales de la región estudiada fueron originados por fenómenos de precipitación, cristalización y depósito, que tuvieron lugar en el seno de las aguas termo-minerales ascendentes, las que circularon por las fracturas en que se encuentran contenidos

dichos criaderos; que es posible que estas fracturas, dada su gran extensión longitudinal, se continúen a rumbo y a profundidad; a rumbo, en regiones más distantes de lo que generalmente se supone, y a profundidad, a una profundidad mayor que la actual conocida, cuyo límite no es posible fijar en cifras, pero que puede llegar hasta el cambio de las pizarras arcillosas en que se encuentran contenidos estos criaderos, pizarras que descansan con mucha probabilidad sobre rocas cristalinas o graníticas; que en vista de la plasticidad de estas pizarras, puede preverse que estas fracturas se estrechen a la profundidad, al efectuarse el cambio citado, modificando así, al menos cuantitativamente, el valor industrial de estos criaderos; que relativamente a la edad de estos depósitos minerales, y teniendo en cuenta la historia geológica de la región, las rocas que atraviesan, etc., puede decirse que son de edad terciaria, siendo los auríferos de edad algo anterior a la de los argentíferos, pero ambos terciarios, los primeros miocenos y los segundos probablemente de fines del mioceno, o aun del principio del plioceno; que si se atiende a la morfología, edad, génesis, etc., y todos los otros caracteres de estos criaderos, pueden clasificarse como criaderos primarios epigenéticos que tienen la forma de vetas o filones del tipo "*true fissure veins*," y que pertenecen al grupo creado por Richthofen, que designa a esta clase de criaderos con el nombre de "*auro-argentíferos jóvenes*," y que, por último, las condiciones de la explotación y metalurgia de estos criaderos, llevados con trabajos en grande escala, procedimientos modernos, etc., hacen que las industrias minera y metalúrgica de esta región pertenezcan ya a la gran industria, la que, por otra parte, cuenta en estos distritos con toda especie de facilidades, excelentes vías de comunicación, fuerza eléctrica, operarios en número suficiente, madera para el laboreo, explosivos, etc., y que, por lo tanto, estos distritos mineros esperan solamente que pase la actual crisis mundial para entrar de lleno a un nuevo período de actividad y a una nueva época bonancible.

México, noviembre 1.º de 1918.

