

Carl Fries

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

1344
BOLETIN NUM 37

ESTUDIO GEOLOGICO-MINERO

DE LOS DISTRITOS

DE EL ORO Y TLALPUJAHUA

POR EL INGENIERO DE MINAS

TEODORO FLORES



SECRETARIA DE GOBERNACION
DIRECCION DE TALLERES GRAFICOS
MEXICO
1920

ESTUDIO GEOLOGICO MINERO

DE LOS DISTRITOS DE EL ORO Y TLALPUJAHUA

POR EL INGENIERO DE MINAS

TEODORO FLORES

"Los autores de las publicaciones del Instituto Geológico de México, son responsables personalmente de las ideas que emitan o de las nuevas teorías que sustenten."

ADVERTENCIA

El presente estudio geológico-minero de los distritos de El Oro y Tlalpujahua fué comenzado hace algún tiempo, casi a raíz de iniciadas las primeras convulsiones políticas que han conmovido al país en estos últimos años.

Estando el autor en trabajos de campo en aquellos distritos mineros, fué designado como delegado al XII Congreso Geológico Internacional que se reunió en Toronto, Canadá, y tuvo por consiguiente que suspender temporalmente el estudio de esos distritos para concurrir a las sesiones de dicho Congreso y tomar parte en algunas de las excursiones que se organizaron durante él. Después, ha tenido que continuar el estudio de los campos mineros citados, con largas interrupciones, por causas independientes de su voluntad. Durante los años de 1914 y 1915, fueron clausuradas varias veces las puertas del Instituto Geológico, y no se abrieron de nuevo sino hasta fines del último año citado, que fué cuando se reorganizaron sus labores bajo la actual Administración.

Durante el año de 1916 la atención del autor fué absorbida por comisiones de carácter urgente, y en el año de 1917 estuvo en el extranjero, pudiendo solamente hasta mediados del presente año reanudar sus estudios hasta dejar terminado este trabajo.

Por otra parte, el dibujo del plano general geológico-topográfico de esta región minera, de los planos parciales, perfiles, secciones, etc., que ilustran al estudio y su ejecución en litografía, han exigido una labor continuada de algunos meses, después de concluido el texto.

Es natural que, durante el tiempo transcurrido, el rápido desarrollo de algunas de las minas más importantes de la región, haya traído nuevas obras de exploración y de explotación, a las cuales no ha sido posible referirse en este estudio, que data de la época en que visitó el autor esos distritos mineros, y que por esto mismo y por las interrupciones sufridas durante su elaboración, hayan perdido su oportunidad algunas de las observaciones anotadas en él; pero esto, a su vez, ha servido para ver confirmadas, por estas obras, varias de las conclusiones a que se llega en él, sobre todo en lo que se refiere a mineralización a profundidad de ciertos criaderos metalíferos. Por otra parte, siendo de esta región minera los distritos de El Oro y Tlalpujahua tan importantes, por constituir aquél y la mina de "Dos Estrellas" el primer campo aurífero de la República Mexicana, y estando aún en trabajos activos de desarrollo y explotación, no puede considerarse este estudio como terminado, ni como resueltos completamente varios de los interesantes problemas que presentan sus criaderos minerales.

El autor debe a la bondad del señor ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas, actual director del Instituto Geológico y geólogo de la Compañía de "Dos Estrellas," varios planos complementarios y cortes que figuran en el estudio y que se refieren a

los resultados alcanzados recientemente en las minas de esa compañía, sin que por esto se entienda que el presente estudio contiene toda la información que el señor Salazar ha acopiado durante el tiempo que ha estudiado la geología de esas minas.

En general, el autor se ha limitado para la redacción de este estudio, a las observaciones personales que tuvo oportunidad de hacer en estos distritos mineros, durante su estancia en ellos.

La limitación de formaciones geológicas que el autor había dejado hecha en el plano topográfico de que disponía en la época de su visita, fué terminada por el ayudante de geólogo don Manuel Santillán, por haber tenido que presidir el autor una comisión que trabajó últimamente en el Estado de Hidalgo, y los datos que se refieren a la mina "Esperanza," abierta en la veta de "San Rafael," han sido reunidos por el señor don Federico Turban, jefe de ingenieros que fué de aquella negociación y que es hoy miembro del Instituto Geológico.

Para construir muchos de los perfiles, cortes horizontales de las vetas, secciones, etc., se han aprovechado varios de los planos y datos existentes en las compañías mineras de "Dos Estrellas," "Esperanza," "Borda Antigua" y algunas otras compañías que tienen intereses en esos distritos mineros, datos y planos que fueron proporcionados con la mejor buena voluntad, obligando así el reconocimiento del autor

México, 1.º de noviembre de 1918.

Teodoro Flores.

ESTUDIO GEOLOGICO-MINERO DE LOS DISTRITOS DE EL ORO Y TLALPUJAHUA

Por el Ingeniero de Minas Teodoro Flores

Situación Geográfica

Los distritos mineros de El Oro y Tlalpujahua se encuentran situados a corta distancia uno de otro, en uno de los grupos de montañas que limitan el borde SW. de la Mesa Central Mexicana, grupo montañoso cuyas vertientes son tributarias del Océano Pacífico por intermedio del río Lerma, el cual, después de arrojar sus aguas al lago de Chapala, en el Estado de Jalisco, sigue hacia el W. a través de la Sierra Madre Occidental, con el nombre de Río Grande de Santiago Tololotlán y va a desembocar al mar cerca del puerto de San Blas, en la costa del Pacífico.

Políticamente, se encuentra situado el primero de los Minerales citados, en territorio del Estado de México, y es cabecera del distrito de su nombre; el segundo pertenece al Estado de Michoacán, y es cabecera de la Municipalidad de Tlalpujahua de Rayón, del Distrito de Maravatío, de dicho Estado de Michoacán.

La parroquia del Mineral de El Oro se encuentra a 2,709 metros de altura sobre el nivel del mar, y la de Tlalpujahua a 2,578 metros, siendo la distancia, según la línea recta que une a ambas parroquias (1), de menos de cinco kilómetros.

El límite territorial entre los Estados de México y Michoacán, pasa transversalmente a esta línea, entre los dos referidos centros mineros, estando situado dicho límite más cerca de El Oro que de Tlalpujahua, y puede verse una de las mojoneras que localizan este lindero en el camino carretero que une a los dos Minerales, precisamente en la orilla del camino, ya casi al terminar el poblado de "El Atorón," barrio del Mineral de El Oro, que sigue en gran parte la dirección de este camino.

La mojonera-origen de la triangulación que el Instituto Geológico de México hizo (2) para el levantamiento del plano topográfico de estos distritos, plano que acompaña al presente estudio (lámina II), tiene las siguientes coordenadas geográficas, determinadas el año de 1913, por la Comisión Geodésica Mexicana.

(1) Las coordenadas de estas parroquias, deducidas de la posición geográfica de la mojonera del Cerro de "Trigueros," son las siguientes:

Parroquia de "El Oro:"

Latitud N	19°48' 5.60"
Longitud W. de Tacubaya	0°56'14.00"

Parroquia de Tlalpujahua:

Latitud N	19°48'28.79"
Longitud W. de Tacubaya	0°58'53.13"

(2) Esta triangulación, así como la configuración del relieve del terreno, con isohipsas de 10 en 10 mts., fué hecha por el Ingeniero Topógrafo Juan Viveros Hidalgo.

Latitud al N. del Observatorio Astronómico de Tacubaya.....	19°48'18.37"
Longitud al W. del Observatorio Astronómico de Tacubaya.....	0°58'15.90"
Siendo su altura absoluta de 2,671 ^m .70.	

Esta mojonera-origen corresponde al vértice trigonométrico "Cerro Trigueros," de la mencionada triangulación.

La extensión de la zona mineralizada reconocida en estos distritos mineros, puede considerarse limitada, hacia el Norte, por terrenos de la hacienda del Chimal y los cerros de La Joya, La Reforma y Membrillo; al Oriente, por las lomas de San Nicolás y Santa Rosa y el cerro del Llorón; hacia el Sur, por la serranía de El Cedral, C. de Pablo Márquez, Loma del Aire, terrenos de la hacienda de La Estanzuela y C. de Santa María, y al Poniente, por el meridiano que pasa por las inmediaciones de esta última eminencia. Esta extensión comprende una superficie de cerca de 68 kilómetros cuadrados, de la cual corresponde 43.4 kilómetros al Mineral de Tlalpujahua, y los 24.6 kilómetros restantes al de El Oro, es decir, casi las dos terceras partes de la superficie total al Mineral primeramente citado y la otra tercera al segundo.

En esta extensión superficial se encuentran comprendidos los criaderos minerales más importantes de ambos centros mineros, y además del caserío de sus poblaciones, se encuentran esparcidos en dicha extensión los de los antiguos pueblos de Tlacotepec, Tlalpujahuilla, Los Remedios, San Lorenzo, Santa María, Zapateros, Real de Arriba y los de numerosos ranchos, restos todos del pasado esplendor de estos Minerales. Casi en el centro de la región se encuentran, además, las oficinas y casas de la importante negociación de "Dos Estrellas," cuyas minas han dado notables bonanzas en épocas relativamente recientes, que han hecho de este distrito minero, juntamente con el de El Oro, el primer campo aurífero de la República Mexicana.

Vías de Comunicación

Las vías de comunicación en esta región minera son excepcionalmente buenas. De la estación de Tultenango, kilómetro 164 de los Ferrocarriles Nacionales de México, parte un ramal de cuarenta y siete kilómetros de longitud de la vía del ferrocarril de la Compañía "El Oro Mining and Railway Co.," que va hasta Yondesé y Palizada, y en cuyo ramal corresponde al kilómetro 10, la estación del Mineral de El Oro. De la estación "Somera," en este Mineral, parte una línea eléctrica de la Compañía Minera de "Dos Estrellas," que une a El Oro con las oficinas y diversas dependencias de esta compañía, quedando Tlalpujahua comunicada con esta negociación y con aquel Mineral por el camino carretero a que antes se ha hecho referencia, el cual tiene un desarrollo, entre El Oro a Tlalpujahua, de más de cinco kilómetros y es bastante bueno. Este camino, después de atravesar Tlalpujahua, sigue hacia el E. por las faldas meridionales del cerro del Gallo y pueblo de Los Remedios, en donde se bifurca en dos ramas: la rama del S. se dirige hacia el Mineral de Angangueo, y la del N., por La Lagunilla, hacia Maravatío, villa cabecera del distrito. Para esta población hay otro camino bastante bueno también, que sigue en gran parte la margen izquierda del río de Tlalpujahua y que se bifurca un poco al S. de la hacienda de Chimal para tomar, por el E., hacia Maravatío, y por el N. hacia la hacienda de Bravo, en el valle de Tepetongo, para seguir después, por el N., hacia Querétaro, por Contepec, Molino de Caballeros y otros puntos del Estado de Michoacán.

Hay, además, otros caminos, la mayor parte de herradura, que se encuentran en buen estado, tales como los de Tlacotepec, San Nicolás, Estanzuela, San Francisco

de los Reyes, etc., que cruzan la región y que pueden considerarse más bien como vecinales, los cuales establecen fáciles comunicaciones entre Tlalpujahua, El Oro y los diversos pueblitos a que se ha hecho referencia.

Historia y producción

Al hacer la reseña histórica de estos distritos mineros, me ocuparé primeramente del Mineral de Tlalpujahua, por ser mucho más antiguo que el de El Oro. Los yacimientos minerales de Tlalpujahua parecen, en efecto, haber sido explotados por los españoles, poco tiempo después de la conquista (1521), en tanto que El Oro fué fundado mucho tiempo después, hasta el año de 1787. Velasco, en su Geografía (1) del Estado de Michoacán de Ocampo, cita a Tlalpujahua (nombre que, según este autor, es de origen mazahuatl y significa "tierra porosa o fofa"), como el Mineral más antiguo de la República, y aun dice que era ya explotado por los indios antes de la conquista de México; pero esta última afirmación no parece estar enteramente comprobada, pues en realidad, por los datos históricos que he podido consultar, no se conoce con exactitud la época en que se comenzó el primer laborío de las minas abiertas en dichos criaderos, ni el resultado obtenido de ellos; pudiendo asegurarse solamente que este Mineral es uno de los más antiguos del país, contemporáneo quizá del de Taxco. El archivo de la Diputación de Minería del Real de Tlalpujahua fué en parte destruído en los comienzos del siglo XVIII por un incendio, y durante la guerra de Independencia se perdió la otra parte, habiendo desaparecido así muchos de los datos históricos relativos a este Mineral.

Don José Burkart, que llegó a Tlalpujahua a principios del año de 1825, empleado como minero mayor de la compañía formada en Inglaterra para explotar las minas de este Distrito (2), deduce la época aproximada en la cual se trabajaron por primera vez estas minas, haciendo las siguientes consideraciones:

"Se confirma el principio de la primera época del laborío de las minas de Tlalpujahua por un documento que poseía don Tiburcio Navarrete, vecino del Mineral; en este documento consta el registro de la adquisición de un sitio de habitación en el Real de Tlalpujahua, con fecha del año de 1562. Considerando, pues, que en aquel tiempo Tlalpujahua no podía ofrecer otro interés que el de sus minas, y debiendo su origen únicamente a éstas, es de presumirse que a la fecha de aquel documento ya se trabajaban las minas del Distrito," y dice en otro lugar: "Lo que parece cierto es que las minas se trabajaron durante dos épocas principales en que dieron grandes riquezas. La primera de estas épocas debe haber principiado pocos años después de la conquista de México y haber durado hasta fines del siglo XVII. La segunda debe haber comenzado hacia mediados del siglo XVIII y durado algo más de cincuenta años."

Los trabajos de explotación primitivos, se emprendieron a tajo abierto sobre la veta de "Coronas," cuyo descubrimiento se debió a un vaquero de ese apellido, de la hacienda de Tepetongo, que está situada a corta distancia al Norte de Tlalpujahua, habiendo sido trabajada dicha veta por el mismo Coronas en compañía del dueño de la mencionada hacienda, y parece que extrajeron de ella frutos ricos y abundantes. Las minas pasaron después, por herencia, al conde Monarez, quien proporcionó el terreno necesario para las minas, haciendas de beneficio y las cuadrillas de Tlalpujahua, San Lorenzo, San Francisco, Los Remedios, Santa María y San Miguel Tla-

(1) Geografía y Estadística de la República Mexicana por A. L. Velasco, tomo VI, México, 1890, pág. 113.

(2) Véase "Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana," Segunda época, Tomo I, pág. 103.

cotepec. Parece que por esta época se llevaron a cabo también trabajos en la veta que después se llamó de "Borda," y es probable que se hayan trabajado entonces, al mismo tiempo otras vetas menos importantes del distrito. Esos trabajos se abandonaron a fines del siglo XVII, según rezan las crónicas, "por falta de los conocimientos indispensables en el ramo de la minería, de los sujetos que los trabajaban y por falta también de un desagüe general de las minas, habiendo disfrutado los ojos y clavos más ricos de las vetas, arriba del piso de los socavones que se dieron en varios puntos de la cañada, cortando las respectivas vetas a corta distancia de su boca y a poca profundidad."

La segunda época del laborio de las minas de Tlalpujahua y el renacimiento de la minería en el Distrito, tuvo lugar a mediados del siglo XVII, cuando don Sebastián de Clavería rehabilitó las minas de la veta de "Coronas," y he aquí la narración que hace Burkart (1), acerca del resultado de los trabajos emprendidos por esa época:

"Por el año de 1743 don José de La Borda trabajó varias minas de Tlalpujahua y explotó también la veta que lleva su nombre, cuando don Sebastián de Clavería estaba trabajando las minas abiertas sobre la veta "Coronas." Las labores de mina que don José de la Borda hizo ejecutar entonces, no estaban en la cañada de Tlalpujahua, pues en ésta la veta que lleva el nombre de Borda es pobre en la parte que se ha examinado últimamente, pero se extiende desde la loma de San Francisco al Oriente, por la cañada de Borda. En esta cañada se profundizaron cuatro tiros perpendiculares (2) sobre un tramo de la veta de Borda, de cerca de seiscientas varas de largo, que llegaron a una profundidad de 190 a 200 varas. Se dice que por estos tiros el desagüe se efectuaba con dieciséis malacates y que no se abrió socavón, aunque una obra de esta clase, de 1,500 a 1,600 varas de largo, hubiera cortado la veta a las dos terceras partes de dicha profundidad. El piso del socavón de Santa Isabel que corta la veta de Borda en la loma, entre las cañadas de Tlalpujahua (3) y de Borda, y cuya boca está en la primera de estas cañadas, se halla a pocas varas debajo de los planes de los tiros y no podía servir, por consiguiente, de mucho auxilio a este desagüe. La bonanza que don José de la Borda disfrutó en las minas desaguadas por estos tiros, duró ocho años, y en este tiempo se sacaron de las dos vetas principales de Tlalpujahua, minerales de buena ley de plata y oro, por cerca de 33.000,000 de pesos, sin contar, según se dice, el oro. La mina de Santa Teresa, (4) situada sobre un ramal de la veta de Borda, dió también una famosa bonanza a su dueño Tefaya. Se cuenta de este minero que cuando sus operarios le dieron noticia de haber descubierto buenos minerales, destrozó los pocos muebles que tenía en su casa para comprar otros y gastó mucho dinero para que el Rey de España le hiciese noble y capitán. De la mina de Velasco, en la veta de Coronas, sacó don Juan de la Peña tantos y tan ricos minerales, que con las utilidades pudo comprar la hacienda de Tepoxtepec, situada a corta distancia de Tlalpujahua. En el año de 1783 don Juan Domingo Cosío sacó de un solo plan de la mina de Guadalupe, más de setenta mil pesos libres. La mina de Cinco Señores dió una bonanza a don Santiago Farías que empezó desde las veinticinco varas de profundidad."

(1) Loc. cit., pág. 103 y siguientes.

(2) Probablemente los cuatro tiros a que se refiere Burkart en esta narración, son los de San Cristóbal, Pinto, San José y Quebradilla. En los dos primeramente mencionados, que hasta la fecha se utilizan, existe un ademe de cajón, bastante notable por el esmero con que está hecho, y su estado de conservación es perfecto, debido probablemente a la suprema calidad de madera empleada en los marcos y tupidos del ademe.

(3) Esta cañada se conoce también con el nombre de "Las Marmajas."

(4) Durante mis excursiones a este Mineral no pude obtener informes de esta mina, ni identificarla porque no se conserva el nombre que cita Burkart, así como tampoco de las de "Velasco" y "Guadalupe," a que más adelante hace referencia,

Al minero francés don José de Laborde, (1) que cita en esta relación Burkart, y que se hizo célebre en el país por el éxito que casi siempre coronaba a sus empresas mineras, se debe la fundación del templo de la parroquia del Mineral de Tlalpujahua, quien lo donó con motivo de las bonanzas antes citadas, que importaron, según ya se dijo, cerca de treinta y tres millones de pesos, y las cuales procedieron de las minas abiertas en la veta que lleva su nombre.

Algunos años más tarde se abandonaron de nuevo todas estas minas hasta poco antes de la guerra de Independencia, época en la cual don Joaquín Velásquez de León tomó gran empeño en reponer los tiros sobre la veta Coronas, con el auxilio del Banco de Avío, no habiéndose conseguido, sin embargo de esto, descubrir los planos de las minas, sino que los trabajos se limitaron a la explotación de los pilares y macizos de las vetas arriba del nivel del agua y se extrajeron entonces minerales que, aunque de poca ley, cubrían sus gastos de explotación.

La compañía inglesa, organizada en Londres, con un capital de 400,000 £, para aviar estas minas, inició sus trabajos a principios del año de 1825, comenzando por limpiar y desaguar las minas principales en las vetas de "Coronas" y "Borda," pero a fines de ese año estaba ya en posesión de más de ochenta minas y bien pronto comenzó a colar un largo socavón general de desagüe que debía sacar un desarrollo de más de cuatro mil metros, estando dirigido en línea recta al tiro de San Sebastián y casi de N. a S. y cuya boca quedó en el valle de Tepetongo, un poco arriba del nivel del río de Tlalpujahua. Este socavón, del cual al fin se colaron solamente 60 metros, se abrió en contra de la opinión de Burkart, quien había indicado la conveniencia de socavones de longitud mucho más corta, por razón de rapidez y economía y cuyo plan de trabajos se reducía a limitar las explotaciones y exploraciones únicamente a las vetas principales y al desagüe de las minas abiertas en ellas, por medio de los socavones que proyectó. De la exposición que hace Burkart, se desprende que no se tuvieron en cuenta sus observaciones, que se extendieron demasiado los trabajos y de una manera muy superficial en todas las minas del Distrito, que se mandaron construir en cada una de ellas, malacates, galeras, caballerizas y varias maestranzas y haciendas de beneficio, lo que exigía mucha gente y gastos, con detrimento de la concentración de los trabajos que él indicó, atendiendo a los fondos disponibles y al corto número de operarios que entonces podían conseguirse en el Distrito. Esta falta de experiencia y economía, unida a los trastornos ocurridos en el comercio de Londres en 1826, que impidieron la remesa oportuna de fondos indispensables para la continuación de los trabajos, aun cuando no se llevaba gastado todavía ni la cuarta parte del capital social, hicieron que al terminar el año de 1827 se decidiera la suspensión de los trabajos, lo que se efectuó a principios del año siguiente. Parece que con las exploraciones y trabajos emprendidos durante este corto período, no se logró descubrir los planes de las minas lo bastante para poder comprobar la naturaleza de los metales que quedaron en ellos y que solamente se explotaron algunos pilares de mineral, dejados en épocas antiguas, y se descubrieron "ojos" muy pequeños de metales ricos en algunas de las vetas de este distrito minero, que entró después de la interrupción de los citados trabajos a un nuevo período de decaimiento.

Este período duró cerca de treinta años, hasta que por los años de 1852 a 1855, se organizó la "Compañía Restauradora del Mineral de El Oro," que comenzó sus trabajos emprendiendo el arreglo y limpia de los tiros Pinto y San Cristóbal, abiertos por Borda, en uno de los cuales se instaló una bomba "Cornish" para realizar el

(1) Probablemente el nombre de La Borda o simplemente Borda, con el cual se conoce generalmente a este minero, y que se ha adoptado actualmente para designar una de las empresas mineras importantes del Distrito, es corrupción de este apellido francés.

desagüe; después de lo cual se llevaron a cabo algunos trabajos, pero también sin ningún resultado favorable. Pasaron después estas minas a poder de una compañía extranjera, a cuyo favor enajenó el Gobierno mexicano el crédito que tenía sobre ellas, hasta que en el año de 1891, el licenciado don José Luis Requena organizó una compañía con elementos mexicanos que se llamó "Borda Antigua y Anexas," la que adquirió algunas otras minas del Distrito, instaló la maquinaria que existe actualmente en ellas, desagüó las minas, limpió las labores y sostuvo durante los años de 1904 a 1905, una producción semanal de treinta toneladas con leyes aproximadamente de medio kilo de plata y doce gramos de oro, por tonelada. Se beneficiaron al mismo tiempo los terreros de Coloradillas y San Esteban y algunos otros terreros antiguos con resultados favorables, hasta que en el año de 1907 se suspendieron los trabajos por la crisis económica que se presentó por primera vez en el país.

Por último, en el año de 1912 la poderosa Compañía Minera de "Dos Estrellas," por iniciativa de su gerente, que era entonces el señor ingeniero don Andrés Aldasoro, tomó a su cargo la empresa de "Borda Antigua," se emprendieron en las minas trabajos sistemados de exploración y explotación, se continuó el desagüe con el poderoso malacate de Tiro Pinto, movido por potencia eléctrica, se hizo lo mismo en el tiro de San Sebastián, se habilitó el tiro de San Diego, se limpiaron los socavones de Animas, El Carmen y otros, lográndose al fin obtener poco tiempo después, cierto estado bonancible en las minas de la veta de Borda, explotadas por el Tiro Pinto, en las cuales se alcanzaron profundidades cercanas a doscientos metros y un desarrollo a rumbo del laborío, de cerca de tres mil metros.

Tal es la historia de las que pudieran llamarse minas antiguas de Tlalpujahua; pero lo que es notable en la historia de este Distrito, y que atrajo de nuevo la atención del mundo minero hacia él, fué el descubrimiento de las vetas "Nueva" y "Verde," en las minas de "Dos Estrellas," en una época relativamente reciente. Estas vetas fueron cortadas por los años de 1899 a 1900, al continuar el cuele de un socavón que existía en la cañada situada abajo del camino entre El Oro y Tlalpujahua, cuyo cuele emprendió con notable fe y constancia el señor don Francisco Fournier, de nacionalidad francesa, por indicación del ingeniero de minas mexicano don Baltasar Muñoz. Los frutos extraídos de estas vetas produjeron, durante un período de tiempo de cerca de trece años, las más grandes bonanzas del Distrito habidas en épocas modernas, siendo muy notables, sobre todo, las de "Veta Verde," veta que por su enorme potencia ha permitido por largo tiempo la extracción de un alto tonelaje de minerales, cuya ley de oro de 15 gramos, en promedio, se sostuvo por muchos años y la naturaleza de cuyos minerales se prestó admirablemente al tratamiento de cianuración de Mac Arthur Forrest, que estaba, por esa época, recientemente implantado en el país, y el cual comenzó a aplicarse entonces primeramente en pequeña escala para los jales y después en grande escala para los minerales auríferos, y por último para los minerales de plata, causando su implantación una verdadera evolución en la industria metalúrgica mexicana.

En los cuadros de producción, numéricos y gráficos, relativos a estos distritos mineros, constan las cifras de producción correspondientes a la negociación minera de "Dos Estrellas," por las cuales puede juzgarse del gran rendimiento de las vetas "Nueva" y "Verde," a cuya explotación se debe la mayor parte de esa producción. En el mencionado cuadro se ponen de manifiesto las cifras referentes a esta negociación de la producción de minerales, durante un período de quince años, con especificación de los metales comunes extraídos, de los de exportación, leyes medias de oro y plata y reservas de mineral. La explotación en estas minas se ha llevado a cabo durante este período de tiempo, sobre todo en los últimos años y especialmente en las citadas vetas, con tal actividad que los labrados abiertos en ellas y en algunas

otras vetas de menor importancia, tiros, cruceros, etc., y en general obras muertas que ha sido indispensable abrir en las minas de esta empresa para esa explotación, suman actualmente la respetable cifra de más de 50,000 metros de desarrollo total.

En cuanto al distrito minero de "El Oro," es de historia más corta, pues su fundación data de una época muy posterior. En efecto, el pueblo de El Oro, como se ha dicho ya, fué fundado hasta el año de 1787, es decir más de doscientos años después que el de Tlalpujahua, y no obstante esto, no puede considerarse como de fundación reciente, sino más bien remota, si se le refiere a nuestros días; pero el renacimiento de este Mineral sí data de una fecha relativamente reciente, pues coincide con la época en que poderosas empresas americanas emprendieron y desarrollaron trabajos mineros en grande escala en la veta de "San Rafael," que es la veta más importante de este Distrito, como veremos después. La historia de El Oro es también de interés, siendo los siguientes, en extracto, los datos históricos más importantes que le son relativos.

Este Mineral, que antiguamente se conocía con el nombre de "Guadalupe del Oro," y hoy simplemente con el de "El Oro," fué una Municipalidad perteneciente al Distrito de Ixtlahuaca, del Estado de México, hasta fines del año de 1902, época en la cual comenzó a adquirir tal importancia, que fué elevado a la categoría de cabecera de un Distrito político nuevo que se hizo necesario crear, en vista de esa importancia y que en la actualidad es uno de los Distritos más productivos de dicho Estado.

La primera veta reconocida en el Mineral, según la relación histórica que de él hace el ingeniero don Santiago Ramírez, (1) fué la de "Descubridora," siendo también muy antiguos los trabajos emprendidos en las vetas de Chihuahua, San Acacio, Calera, Maromeros y Mondragones. El descubrimiento de esta última veta se debió, según el citado relato, a una corriente de agua producida por un fuerte aguacero, la que arrastró la tierra vegetal que cubría la roca, deslavó el terreno y desprendió fragmentos de pizarra y cuarzo, que fueron depositados a alguna distancia de la veta; más tarde, un pastorcito que apacentaba su ganado en las cercanías de este lugar, vió brillar algunas de estas piedras, y habiéndole llamado por esto su atención, las recogió y guardó cuidadosamente para mostrarlas a sus parientes los Mondragón, gambusinos establecidos en terrenos de la hacienda de Tultenango, quienes reconocieron luego la pinta del cuarzo aurífero, hicieron tentaduras con éxito y emprendieron en dicha veta trabajos que, se dice, produjeron utilidades por una cantidad que se hace subir a dieciséis mil pesos.

Sin embargo de que son numerosas las negociaciones mineras establecidas en el Distrito de El Oro, tres de ellas solamente, las de "El Oro Mining and Railway Co.," la "Esperanza Mining Co." y "México Mines of El Oro" encierran en sus pertenencias a casi todas las vetas del Distrito, lo que se debe en parte, a la excelente localización de las cuadras de estas compañías; pero más que esto, a que las vetas de El Oro se encuentran distribuidas en una reducida extensión superficial, circunstancia a la que se debe que sea reducida también la extensión de este distrito minero, la que ocupa, como ya se ha dicho antes, solamente la tercera parte de la superficie total de la zona reconocida en esta región del país.

La veta de "San Rafael," la más importante del Distrito, por su robustez y extensión a rumbo, se trabajó desde mediados del siglo XIX y se abrieron en ella las minas de San Rafael, San Antonio y El Carmen, cuyos laboríos llegaron a los 120 me-

(1) Véase "Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística," tomo IV, segunda época, págs. 208 y sig.

tros de profundidad (1) en el año de 1868, quedando entonces en los planes de la mina primeramente mencionada, metales de una ley hasta de 190 gramos oro por tonelada, no habiendo podido proseguirse los trabajos más abajo, por haberlo impedido el agua. Esta situación continuó así por mucho tiempo, pues todavía en el año de 1893, cuando el minero don Augusto Sahlberg estaba al frente de la negociación de "El Oro Mining and Railway Co.," que fué una de las primeras que se establecieron, se concentraban los trabajos en la porción de estas vetas que dejaba libre el nivel del agua. Algunos años más tarde, por el año de 1893, esta negociación amplió sus propiedades, hizo el desagüe de las minas y se llegaron a alcanzar con los labrados profundidades de más de trescientos metros. Por esta época esta negociación y otras de sus contemporáneas establecieron las primeras oficinas metalúrgicas de cianuración que permitían tratar con muy buenas utilidades grandes cantidades de minerales de baja ley de oro, extraídos de la "Veta de San Rafael," a lo que se debió, principalmente, el renacimiento del Mineral y el gran desarrollo que adquirió, después de un largo período de decadencia.

Durante el año de 1895 la producción de las minas de la negociación de "El Oro Mining and Railway Co.," fué de siete mil toneladas de mineral, con una ley en promedio de 10 a 15 gramos de oro por tonelada, y esta producción aumentó sucesivamente hasta alcanzar un máximo, por los años de 1909 a 1910, en que fué de más de trescientas mil toneladas de mineral, producción que dejó a la mina una utilidad de \$2,271,920. Los trabajos de la veta de San Rafael habían llegado ya entonces a una profundidad de cerca de cuatrocientos metros y se había además descubierto y explotado una nueva veta, la de "San Patricio," que contribuyó en esta producción total con un poco más de 20% (2) y en cuya veta se reconoció un clavo que tenía 460 metros de longitud a rumbo, que llegaba hasta el tercer nivel (86') y era de un espesor de tres metros, con una ley media de 16 gramos por tonelada.

Con el éxito alcanzado por esta negociación y otras, vino un inusitado entusiasmo por emprender trabajos en este distrito minero, en el que, a fines de 1913, los trabajos sobre la veta de "San Rafael" habían alcanzado profundidades superiores a 500 metros y producido una enorme extracción que puede apreciarse en los cuadros respectivos de producción numéricos y gráficos de este Distrito, el que contaba por esa época con las siguientes principales negociaciones: "El Oro Mining and Railway Co.," "Esperanza Mining Co.," "México Mines of El Oro," "El Oro Nolan," "Carmen Mines of El Oro, Ltd.," "Victoria y Anexas" y "Compañía Minera Aurora y Anexas," que cito, por ser todas empresas serias que han influído e influyen grandemente en el desarrollo de este distrito.

En la actualidad trabajan la mayoría de las negociaciones mineras de ambos distritos, con excepción de las compañías de "Concepción de Borda," "Reforma," "San Patricio," "Cometa de Oro," "El Pípila y Anexas" y otras varias, por no haber dado resultado, en algunas de ellas, las obras de exploración que se emprendieron, y en otras por dificultades de orden financiero.

La industria minera en esta región cuenta con toda especie de facilidades, excelentes vías de comunicación, fuerza eléctrica, operarios en número suficiente para el laborío de las minas, madera etc., y ha entrado ya de nuevo en un período franco de actividad.

(1) Loc. cit., pág. 223.

(2) Véase "La Industria Minera de México," de A. Grothe y L. Salazar S., Tomo I, México, 1912 pág. 187.

Fisiografía

De los cerros "Somera," de 3,003 metros de altura sobre el nivel del mar, y "Llorón," de 3,110 metros, situados, respectivamente, en el centro y SE. de esta región minera, el terreno desciende por cerros y lomeríos más o menos altos, hacia los valles de Tepetongo y Tultenango, valles que forman parte del borde SW. de la gran altiplanicie mexicana, conocida con el nombre de "Mesa Central." En el Oeste y Sur de la región existen cerros menos elevados, tales como los del "Campo del Gallo" (2,762 metros), "Coloa," "San Francisco," "Cuajuelo," "Trigueros" (2,672 metros), "Santa María" (2,812 metros), "Lomas del Aire" y de "Pablo Márquez," etc., encontrándose hacia el N. y NE., mesas bastante extensas y planas (mesas de "Analco," "El Naranjo," etc.), que están separadas de la sierra de Tarimangacho, por el río del mismo nombre. En el paraje llamado "El Atorón" se forma un importante puerto en el cual se hace la división de las aguas que corren hacia el valle de Tultenango por medio del río de El Oro, de las que van a dar al valle de Tepetongo, por el río de Trigueros, afluente del río de Tlalpujahua, el cual es la corriente de agua más importante de la región. Esta corriente, de régimen permanente, está formada: por los arroyos de La Ciénega y Agua Fría, los que al reunirse al pie del cerro de las Aguilas, forman a su vez el río de Trigueros, llamado también de Dos Estrellas; por el arroyo de Las Marmajas que se origina en las faldas occidentales de la Loma del Aire y el que, después de atravesar la población de Tlalpujahua, es su afluente, casi en las goteras de dicha población; por los arroyos de Sandi y Tlacotepec y por todas las aguas de régimen torrencial de las vertientes meridional y occidental del cerro de Trigueros y faldas orientales del cerro del Gallo; además, el arroyo de Las Marmajas recibe como afluente al río de Zapateros, cerca del socavón de la mina "La Nacional." Tanto las aguas que corren hacia el valle de Tepetongo, como las que van hacia el valle de Tultenango, concurren todas al río de Lerma, y pertenecen, por lo tanto, en último análisis, a la vertiente hidrográfica del Océano Pacífico. Los centros mineros de "El Oro," "Dos Estrellas" y "Tlalpujahua" se encuentran, pues, situados, como se dijo al principio, en una serranía que se levanta en la Mesa Central y cuyas vertientes descargan sus aguas al caudaloso río Lerma, que desemboca en el Pacífico, cerca del puerto de San Blas.

La fisiografía en esta región minera, como en otras muchas del país, está en estrecha relación con la constitución geológica del terreno y en ella se distinguen desde luego dos fisonomías: una que corresponde a una topografía antigua, acusada por formas de cierta madurez, poco accidentadas, de suaves pendientes, y otra más joven, de pendientes escarpadas, en las que están frescas aún las formas recientes de las erupciones de rocas ígneas jóvenes, que constituyen en cierto modo formas postizas o sobrepuestas en el terreno preexistente o en el que, corrientes de estas rocas han rellenado valles, formando mesas más o menos uniformes. La primera fisonomía corresponde casi totalmente a la extensión de terreno ocupado por las pizarras arcillosas, que se señala en el plano geológico adjunto a este estudio con color verde, y la segunda, a la de las erupciones de rocas volcánicas recientes, rocas que se distinguen en dicho plano con color rojo de distintos tonos. Así, al recorrer el terreno y sobre todo al ascender los cerros de "Somera," "Santa Cruz" y otros, se observa generalmente en sus dos tercios inferiores una pendiente suave fácilmente accesible; en tanto que en su tercio superior las pendientes son relativamente fuertes, y se ven a estas erupciones, por ejemplo, en el cerro "Somera," afectando la forma de cúpulas o bóvedas en las que sobresalen como cimas arredondadas los cerros de "Nolan," del "Tiro 2," "Capulín," "Cabras," etc. Estas cúpulas, bóvedas, casquetes o mesas,

son típicas en esta región minera y están formadas por las mencionadas erupciones de rocas neo-volcánicas, erupciones que cubrieron a los crestones de las vetas que afloraban en el terreno antiguo antes de verificarse dichas erupciones, y las cuales al ocultar los afloramientos de estos criaderos, impidieron su descubrimiento, como sucedió con las vetas de "Dos Estrellas," las que, no obstante de ser en algunos tramos de su curso de considerable potencia, y estar situadas cerca de un camino de tanto tráfico como es el de El Oro a Tlalpujahua, permanecieron ignoradas por mucho tiempo.

Estudiando las relaciones que existen entre el límite de las formaciones geológicas en esta región y el relieve topográfico representado en el plano citado anexo, se puede notar que corresponden los lugares donde forma este relieve pendientes fuertes, es decir, en los que las isohipsas se juntan bastante, al límite de una formación eruptiva con una sedimentaria, y en muchos al principio de una de estas cúpulas o cubiertas de lava. En el cerro de "Somera" la roca eruptiva, que forma una de estas cúpulas, se prolonga hacia el Sur, como una estrecha corriente que se ensancha gradualmente y forma la "Mesa del Tiro número 3" de "Dos Estrellas."

Estas cubiertas de roca eruptiva que se sobreponen al terreno antiguo, alcanzan a veces un grande espesor; en el varias veces citado cerro de "Somera" llegan a tener más de 250 metros, y en la corriente de la mesa del tiro 3, cerca de 100 metros, y el tiro "Número 8," de "Dos Estrellas," corta un espesor de 291 metros de estas cubiertas andesíticas.

Contrastan estas formas del terreno con las que se observan en otros lugares, en donde dichas formas están constituidas por rocas de diferente naturaleza petrográfica, pero de un origen común, es decir, por rocas sedimentarias concordantes; tal es el caso, por ejemplo, del importante cerro del Gallo, situado casi en el límite occidental de la región estudiada, cuya cresta corre en una dirección NNW.-SSE.; esta cresta está formada por bancos de caliza que descansan o alternan con capas de pizarra arcillosa en estratificación concordante, constituyendo esta última roca sedimentaria la base del mencionado cerro, en cuyas pendientes no se notan interrupciones bruscas, sino que son bastante uniformes.

No quiere decir esto que todas las eminencias constituidas por rocas sedimentarias afecten siempre esta fisonomía, pues existen algunas, más bien excepcionalmente, como son las que forman los cerros de "Las Aguilas" y "El Ensaye," situadas en el borde de la cañada de Trigueros, cuyas pendientes son abruptas, pero esto es debido a la enérgica erosión que ha tenido lugar en algunos de los bordes de esta cañada, correspondiendo, en lo general, las formas del relieve del terreno a la descriptión que de ellas se hace en las anteriores líneas.

La siguiente es una lista de las alturas absolutas de los principales puntos de dicho relieve, siendo todas estas alturas bastante precisas, pues se determinaron partiendo de la altura rectificada sobre el nivel del mar (2,544 metros), de la estación de Tultenango, del Ferrocarril Nacional, desde la cual se llevó una nivelación topográfica hasta la estación de Somera, nivelación que permitió determinar de una manera exacta, la diferencia de nivel entre esta estación y aquella (205.78 metros), habiendo servido estas cifras de base para señalar las cotas en la configuración del plano topográfico de estos distritos.

Dicha lista es como sigue:

Cerro del Morón (Cima).....	3,110.00 Metros.
" " " (Vértice de triangulación).....	3,084.60 "
" Somera.....	3,003.00 "
Brocal del tiro 8 de "Dos Estrellas".....	2,992.00 "
" " " México.....	2,991.00 "

Cerro del Capulín.....	2,972.50 Metros.
Loma del "Buen Suceso"	2,969.40 "
Cerro de "Pablo Márquez"	2,967.00 "
" "Nolan"	2,963.40 "
" del "Tiro Nolan"	2,962.00 "
Loma de Cabras	2,956.00 "
" del Aire.....	2,940.00 "
Cerro de la Reforma.....	2,926.00 "
" " " Santa Cruz.....	2,906.00 "
Loma Tanohó	2,900.00 "
Brocal del Tiro del Buen Suceso.....	2,870.00 "
" " " Hondo.....	2,857.00 "
" " " San Patricio.....	2,857.00 "
" " " Nolan.....	2,853.00 "
" " " México (Norte).....	2,852.00 "
" " " México (Sur).....	2,843.00 "
" " " de la Chuparrosa (Norte).....	2,834.00 "
Peñón de la Mujer Blanca.....	2,834.00 "
Mesa del Tiro 3.....	2,832.00 "
Puerto del Atorón	2,830.30 "
Cerro de Santa María.....	2,812.60 "
Loma de San Nicolás.....	2,791.70 "
Entrada del Socavón del Oyamel.....	2,791.00 "
Brocal del Tiro de Esperanza (Sur).....	2,782.00 "
" " " Victoria	2,781.00 "
" " " Somera.....	2,777.00 "
" " " Sur de "Dos Estrellas"	2,776.00 "
Cerro de las Aguilas	2,763.60 "
" del Campo del Gallo.....	2,762.40 "
Brocal del Tiro Skips.....	2,762.00 "
" " " 4.....	2,757.00 "
" " " 5.....	2,757.00 "
Estación de El Oro del F. C. de "El Oro Mining and Railway Co."	2,749.78 "
Entrada al Socavón 7 de "Dos Estrellas"	2,742.00 "
Brocal del Tiro 3 de "Dos Estrellas"	2,741.00 "
" " " Norte de "El Oro Mining Co." S. Juan.....	2,741.00 "
Peñón del Tiro 4.....	2,738.20 "
Loma Luz de Borda.....	2,728.70 "
" del Carmen.....	2,715.00 "
Brocal del Tiro Reforma	2,715.00 "
Loma del Colorado.....	2,704.15 "
Cerro del Ensaye.....	2,695.00 "
Entrada del Socavón S. Juan.....	2,693.00 "
Brocal del Tiro Norte de "Dos Estrellas"	2,684.00 "
" " " Nuevo de Buen Despacho	2,674.00 "
Loma de Trigueros.....	2,672.00 "
Cerro " "	2,671.00 "
" " " la Joya	2,639.40 "
Brocal del Tiro Pinto.....	2,636.00 "
Entrada del Socavón General de "Dos Estrellas"	2,618.00 "
Entrada del Socavón de El Cedro	2,616.00 "
Brocal del Tiro de La Lucha.....	2,612.00 "
" " " " San Diego.....	2,587.00 "
Cerro de Tepetongo.....	2,585.60 "
Brocal del Tiro de Coloradillas.....	2,580.00 "
Loma de Santa Rosa.....	2,569.00 "
Entrada del Socavón de Santa Isabel.....	2,555.00 "
" " " " Las Animas.....	2,552.00 "
Estación de Tultenango de los F. C. Nacionales.....	2,544.78 "
Entrada del Socavón de la Media Luna.....	2,536.00 "
" " " " " "Primavera y Centro"	2,511.00 "
" " " " del Carmen.....	2,501.00 "

El clima de esta región minera es frío, pero bastante sano, siendo la temperatura media anual de 15° C.; las lluvias son relativamente frecuentes a fines de mayo y principios de julio; la estación húmeda dura, por lo regular, hasta el mes de julio, con ligeras interrupciones a fines de julio y principios de agosto. Antes que las minas adquirieran el gran desarrollo que hoy tienen, se encontraban en los alrededores árboles en abundancia, principalmente de encino y oyamel, pero hoy escasean, y muchos cerros están completamente descubiertos a causa de la madera consumida en grandes cantidades en la explotación de las minas.

Geología

En la región que abarcan estos centros mineros, existen rocas sedimentarias y rocas ígneas. Las rocas sedimentarias son: pizarras arcillosas, margas, calizas margosas, areniscas, calizas, "conglomerado rojo" y depósitos recientes; las rocas ígneas son: andesitas, acompañadas algunas veces de sus brechas respectivas, basaltos, rhyolitas, brechas rhyolíticas, diabasas y tobas diabásicas, dioritas y syenitas.

ROCAS SEDIMENTARIAS.—Las pizarras arcillosas, que se encuentran alternando en algunos lugares con delgados lechos de márgas, calizas margosas o calizas, son de las rocas sedimentarias, las que ocupan la mayor extensión superficial en la región estudiada, pues comprenden casi toda su mitad occidental, y son, indudablemente, las rocas más antiguas de la región; estas rocas sedimentarias sirven de basamento a la mayor parte de las otras rocas que acaban de enumerarse. Por sus caracteres petrográficos, son muy semejantes a las pizarras arcillosas de otros muchos campos mineros del país, y en ellas arman casi exclusivamente las vetas de ambos distritos. Aparecen en la superficie con colores grises, negro azulado o amarillento, y a la profundidad, en algunos labrados de las minas son negras, muy bituminosas, de lustre semimetálico y tiñen los dedos de negro. En otros lugares están metamorfizadas en zonas extensas por metamorfismo dinámico o en zonas relativamente cortas y muy irregulares, por metamorfismo de contacto, siendo en este caso de un color gris claro que tira al blanco y conteniendo entonces en su masa, en abundancia, granos o cristales muy pequeños de pirita, los cuales se desarrollan y alcanzan un tamaño regular afectando a veces la forma de piritoedros bastante perfectos. Las pizarras arcillosas metamorfizadas se presentan con frecuencia cerca de los criaderos minerales de la región o cerca de las intrusiones de rocas ígneas, y las pizarras negras bituminosas, en las labores profundas de algunas minas de Tlalpujahua, como pueden verse en las de "Dos Estrellas," "Borda Antigua" y "La Lucha;" en esta última mina han sido cortadas por su socavón general, ya casi en el tope, donde se presentan sumamente bituminosas y bastante plegadas (fotografías números 1 y 2, lámina XIII). Se observa en estas pizarras arcillosas, como en las de Guanajuato, (1) cierta alternancia entre las pizarras casi blancas o grises, de color más o menos claro, y las pizarras negras o de color obscuro, pudiéndose notar esta alternancia, con frecuencia, al recorrer el interior de las minas de estos distritos. Este hecho, que fué observado por primera vez por Humboldt en las pizarras de Guanajuato, al visitar las labores profundas de la mina de Valenciana de ese distrito, no podía escapar a un observador tan sagaz como era Burkart, quien tuvo oportunidad de estudiarlas en muchas de las minas de Tlalpujahua, que hoy no existen ya o se encuentran completamente aterradas y que dice, (2) al referirse a estas rocas sedimentarias, lo siguiente: "Ge-

(1). Véase «Etude de la Sierra de Guanajuato,» por J. D. Villarello, T. Flores y R. Robles.—Guide des excursions du Xme. Congrès Géologique International.—México, 1906 págs. 11 y 12.

(2). Loc. cit., págs. 88 y 89.

neralmente esta pizarra es de color gris azulado, pasando este color muchas veces al negruzco, al negro azulado, al gris rojizo amarillento o al blanco agrisado. La roca es de textura pizarreña fina, se adhiere poco a la lengua, es poco dura y se descompone con facilidad al contacto del aire y en la humedad. Muchas veces alternan capas de pizarra de color gris oscuro con otras de color gris más claro, como se observa en la mina de Los Olivos, donde en el crucero número 2 de Nuestra Señora de Guadalupe, alternan capas de poca anchura, de pizarra muy blanda y de color negro azulado, con otras de color gris oscuro y blanco agrisado. En otras localidades, la una o la otra de estas variedades de pizarra constituye varias capas de mayor anchura, sin alternar con ninguna otra roca en una distancia muy considerable. Las minas situadas junto a la cañada de Tlalpujahua, se han abierto, la mayor parte en pizarra de color gris ceniciento, mientras que los tiros, socavones y cruceros de las minas situadas más al Poniente, como las de San Esteban, de Los Olivos, Los Ocotes y otros más, atraviesan capas de pizarra de colores oscuros que alternan con otras de colores más claros. Al Norte de la mina de San Esteban, en las dos últimas lumbreras del socavón general, la pizarra es de color negro azulado, muy blanda, es lustrosa o centelleante en la superficie de separación, y por su aspecto exterior es muchas veces semejante a la arcilla apizarrada. En las labores de la mina "Concepción" y otras más, la pizarra contiene mucha pirita (bronce) diseminada, por cuya descomposición se forma la alcaparrosa verde que se encuentra con mucha frecuencia en las labores. La pizarra atravesada por el alhonde de la última lumbrera del socavón general, contiene en su masa, de color gris claro, además de la pirita, muchas escamitas de pizarra negra, mientras que en el cerro del Gallo hay capas de pizarra cuya masa es de color negro azulado con escamitas de pizarra de color gris claro. En algunas localidades la pizarra de color blanco agrisado se acerca al talco apizarrado."

Estos sedimentos han sido originados, seguramente, por depósitos de lodos en fondos submarinos, como la mayoría de las pizarras arcillosas que afloran en grandes extensiones en el suelo de la República Mexicana, y las cuales constituyen el panino de las vetas en nuestros Minerales más importantes; no contienen estos sedimentos restos fósiles que permitan fijar su edad con precisión, es decir, se encuentran en el mismo caso que las de Guanajuato; siendo las de Zacatecas, que constituyen también la formación general de ese Distrito, del Triásico Superior y de aspecto también muy semejante a estas pizarras. El señor ingeniero E. Ordóñez (1) considera a las pizarras de El Oro y Tlalpujahua idénticas a las de los Distritos de Temascaltepec, de Tejupilco, Sultepec y Zacualpan, del mismo Estado de México, y les fija una edad precretácica, porque ha tenido ocasión de observarlas en muchos lugares debajo de calizas pertenecientes al cretácico inferior, y en visible discordancia con dichas calizas cretácicas, que se presentan en forma de casquetes o pedazos aislados, representando estas calizas los restos de una poderosa formación caliza que ha ido desapareciendo por erosión, y les atribuye esta edad porque, además, en la parte Sur del Estado, ya en los confines del distrito minero de Julianita, en el Estado de Guerrero, ha visto claramente que esta extensa formación pizarreña se hunde debajo de las mismas calizas, que continúan allí formando el gran grupo de montañas que circundan al valle de Iguala.

Los datos de rumbos y echados de las capas de esta poderosa formación sedimentaria que tuve oportunidad de tomar en varios sitios del terreno, durante mi expedición a estos centros mineros, son como sigue: en la cresta y falda occidental del cerro del Gallo las capas de pizarra que en esos lugares se encuentran cubiertas, en

(1) Véase «La Industria Minera de México,» por A. Grothe y L. Salazar S.—México 1912, Tomo I pág. 173 y sig.

parte, por calizas (véase la hoja sobrepuesta al plano geológico que acompaña a este estudio y los cortes geológicos respectivos), tienen un rumbo variable entre 38° y 45° NW., con inclinación de 25° a 30° al SW.; saliendo de Tlalpujahua por el arroyo de "Las Marmajas" y pasando por los socavones Josefino y San Expedito las capas tienen, en los lugares que se marcan en dicha hoja, los siguientes rumbos:

30° NW.	con	35°	de echado al	NE.
50° NW.	"	55°	"	NE.
E-W.	"	30°	"	S.
35° NW.	"	20°	"	SW.
60° NW.	"	40°	"	SW.
75° NE.	"	20°	"	SE.
55° NW.	"	35°	"	NE.
75° NW.	"	30°	"	NE.
6° NW.	"	54°	"	SW.

Siguiendo la cañada de Borda, por el E. del panteón de la Soledad, y los socavones "Eureka" y "La Muerte," hasta las cercanías del Tiro Presto, los rumbos son los siguientes:

82° NW.	con	40°	de echado al	SW.
70° NW.	"	25°	"	SW.
45° NE.	"	37°	"	SE.
15° NW.	"	30°	"	NE.
20° NE.	"	30°	"	SE.
55° NW.	"	5°	"	SE.
65° NW.	"	30°	"	SW.
22° NW.	"	54°	"	SW.
35° NW.	"	60°	"	SW.

En el camino que va del socavón del Cedro al tiro Norte de Dos Estrellas, su rumbo es de 75° a 80° NE., con inclinación variable entre 15° y 20° al SE., y más adelante, como a la mitad del camino, es de NS. con 10° de inclinación al E.

Al Norte y Poniente del tiro del Carmen, en Tlalpujahua, las pizarras arcillosas se encuentran parcialmente cubiertas por corrientes de una andesita vítrea y brechas andesíticas, y los rumbos, en las cercanías del contacto con estas corrientes, son:

65° NE.	con	36°	de inclinación al	SE.
12° NE.	"	26°	"	SE.
15° NW.	"	36°	"	SE.
32° NE.	"	50°	"	NE.
45° NW.	"	29°	"	NE.

En la vereda que va de la pequeña hacienda de beneficio de "San Rafael," situada en las orillas de la población de Tlalpujahua, hacia el tiro de Saturno, pasando por La Ladrillera, las capas de pizarra son de un color amarillento rojizo, y tienen rumbo de 2° NW., 45° NW. y 8° NE., con inclinaciones comprendidas entre 14° y 30° , siempre al E.

Por la construcción en el plano de los datos anteriores de rumbos y echados de las capas de esta formación sedimentaria y estudio de su conjunto, puede llegarse a las siguientes conclusiones: el rumbo general de las pizarras arcillosas en el Distrito de Tlalpujahua, que es donde dominan estas rocas sedimentarias, es de NW. a SE., pero su inclinación es unas veces al NE. y otras al SW., de modo que forman una serie de pliegues anticlinales y synclinales. Los ejes de estos pliegues tienen una dirección media que se aproxima bastante al rumbo general de las vetas de ese Distrito (30° NW.) y pueden identificarse en él los principales pliegues siguientes: un pliegue anticlinal entre el cerro del Gallo y las lomas del Carmen y Santa Rosa, (véase la

hoja sobrepuesta al plano geológico), un pliegue synclinal entre los cerros de Coloa, de San Francisco y el cerro de Trigueros, un anticlinal entre el cerro de Guajuelo y los citados cerros de San Francisco y Coloa, un pliegue synclinal entre el cerro del Gallo y los cerros de Chapultepec y lomas de La Nacional, y por último, un pliegue anticlinal, algo menos bien definido que los anteriores, entre el cerro de Trigueros y las faldas occidentales del cerro de Somera, en la porción comprendida entre el tiro del "Carmen" y el camino del "Tiro Norte," de "Dos Estrellas." Los flancos o alas de estos pliegues son de pendientes en lo general suaves, comprendidas entre 15° y 45° y puede decirse que las pizarras arcillosas, en el Distrito de Tlalpujahua, no se presentan tan intensamente plegadas, al menos en la superficie, como en otras regiones mineras del país; en cambio, en el Distrito de El Oro, en el que estas rocas aparecen en corta extensión superficial, (véase el plano geológico, láminas I y II), pues afloran solamente en los alrededores de las minas del Consuelo, Chihuahua, Descubridora y parte del lecho del río del Oro, sí se presentan muy plegadas, con fuertes inclinaciones o enteramente verticales.

Como se ha dicho antes, es en las pizarras arcillosas donde arman principalmente las vetas de ambos distritos mineros, y también es importante hacer notar, que las fracturas que sirven de caja a estas vetas y que se formaron en las mencionadas rocas sedimentarias, no pasan a las rocas andesíticas que sobre ellas descansan, sino que se detienen al llegar al contacto de esas andesitas con las pizarras, como puede verse en los perfiles geológicos y en las secciones longitudinales de algunas de las minas de estos distritos, que acompañan a este estudio. Estas fracturas forman un sistema cuyo rumbo medio es de 30° NW., con inclinación unas veces al NE. y otras al SW., fracturas paralelas en rumbo que al ser rellenadas y mineralizadas más tarde en diferentes épocas, constituyeron las vetas de esta región minera, las cuales más adelante se estudian en detalle. Es también interesante hacer constar el hecho de que muchas de las fallas que han tenido lugar en esta formación sedimentaria y que dislocan a la mayoría de las vetas de este Distrito, sí atraviesan a las citadas rocas volcánicas, provocando a veces en ellas zonas muy fracturadas, como lo veremos al ocuparnos particularmente de este sistema de fallas.

Las calizas se presentan únicamente en el Distrito de Tlalpujahua, donde ocupan una reducida extensión superficial y allí constituyen la parte superior del cerro del Gallo, (véase el perfil geológico de la lámina II, según la línea E.-F.), en donde se presentan como gruesos bancos que descansan sobre las pizarras arcillosas o alternan con ellas en estratificación aparentemente concordante. Estas calizas son de color gris o negro azulado y tampoco contienen fósiles; su rumbo varía entre 28° a 55° NW. con echado al SW., comprendido entre 20° y 45° . Pueden verse a la profundidad del cerro del Gallo, cortadas por el socavón de "La Lucha," en la mina del mismo nombre, en un tramo de este socavón, en el cual se presentan estas calizas casi horizontales y en discordancia con las pizarras arcillosas, conteniendo en su masa cavidades estrechas y alargadas verticalmente en forma de chimeneas ("sifones") que efectúan, en esa parte de aquella mina, una ventilación enteramente natural, pues las mencionadas chimeneas comunican con la superficie. Al atravesar dicho socavón se sienten, en el tramo a que se ha hecho referencia, las corrientes de aire fresco que circula al través de ellas, y a esto se debe que no haya habido necesidad de emprender obras especiales de ventilación al hacer el cuele del citado socavón, que es bastante largo. En el socavón de San Pedro, situado en la falda septentrional de la loma del Arenal, existe también cortado por este socavón un banco de calizas.

La mayor parte de estas calizas son suficientemente puras y se explotan y aprovechan por esta circunstancia para la fabricación de la cal, y para este objeto han sido construídos hornos de calcinación que se encuentran diseminados en los alrede-

dores de los lugares donde existen estas calizas. La negociación minera de "Dos Estrellas" cuenta con cuatro grandes hornos, que usan petróleo como combustible, los que sirven para la fabricación de la cal que se emplea en el tratamiento metalúrgico, por cianuración, de los minerales extraídos de las minas de esa compañía. En estos hornos se quema piedra de cal, procedente de las calizas del cerro del Gallo, cuya composición, según el análisis hecho en el laboratorio químico de dicha negociación, es la siguiente:

Carbonato de calcio.....	90.1677 %
Sílice.....	5.9600 „
Sesquióxido de hierro más alúmina	1.9250 „
Sulfato de calcio.....	0.7410 „
Magnesia.....	0.8444 „
Suma.....	99.6381

Al quemar esta piedra de cal se obtiene una pérdida de 41% y una producción de 50.5% de cal viva.

Las calizas en lechos delgados, las margas y areniscas alternan, como se ha dicho ya, con las pizarras arcillosas, siendo las areniscas poco abundantes y de grano fino. Las calizas se presentan, bien como calizas bastante puras, como son las que aparecen en el socavón de Alemania (situado a un lado del camino entre El Oro y Tlalpujahua), las del patio de la iglesia de Nuestra Señora del Carmen y las de algunos lugares del mineral de "El Oro," o bien como calizas más o menos margosas. Estas calizas son diferentes de las calizas que aparecen en gruesos bancos en el cerro del Gallo, y al contrario de éstas, se encuentran casi siempre alternando con las pizarras arcillosas y presentan en algunos lugares un principio de marmorización.

El "conglomerado rojo" descansa directamente sobre las pizarras arcillosas y ocupa una extensión superficial bastante corta, pues aparece únicamente como jirones dejados por la erosión, en las faldas de los cerros de "Santa Cruz," "Las Aguilas" y "Mesa del Tiro 3;" existe, además, en el lecho de las barrancas y arroyos que se forman entre estas eminencias y se encuentra también bajo esta forma en el casco y orillas de la población de Tlalpujahua. Esta formación sedimentaria es de poco espesor y está estratificada en capas cuyo rumbo general es de EW., con echado al S., variable entre 25° y 30°, siendo los elementos que la forman pedazos esquinados de calizas, fragmentos de pizarra arcillosa, y algunas veces cuarzo de veta, estando cementados todos estos materiales por arcilla rojiza; con la circunstancia de que, en la constitución de este conglomerado, no entran fragmentos de ninguna de las rocas volcánicas recientes de la región, lo que indica claramente que la formación de este conglomerado es anterior a la aparición de dichas rocas, y que su edad es algo diferente de la del "conglomerado rojo" de Guanajuato, que se ha considerado hasta ahora como plioceno y en el que se encuentran, además de los fragmentos de pizarra arcillosa, muchos pedazos de las rocas ígneas que existen en aquel distrito minero.

Los depósitos recientes son de tres clases: I. Depósitos francamente aluviales que contienen grandes trozos de andesita, los cuales provienen de los derrumbes de las partes altas de los cerros andesíticos, y los cuales depósitos se encuentran generalmente sobre las laderas de estos cerros, tales como los que se observan en la parte sumamente resquebrajada del cerro de Somera, en el tramo del camino de El Oro a Tlalpujahua, comprendido entre las orillas occidentales del poblado de El Atorón, socavón del Oyamel y mina Jesús del Monte; II. Depósitos de acarreo que forman suelos de transporte hasta de diez metros de espesor, que descansan directamente sobre las pizarras arcillosas, y III. Depósitos de muy poco espesor que forman suelos agrícolas delgados, residuales, que se ven descansando sobre las andesitas y que pue-

den considerarse como alteración de las mismas andesitas. Estos últimos depósitos dominan en el Distrito de El Oro, y aparecen en "El Atorón," "Loma Quinta," "Panteón de Dolores," "Cerrito del Carmen," "Tiro Sirio," "Loma Tanohó," "Loma de San Nicolás," en la "Mesa del Tiro 3," de Dos Estrellas, mesa que está limitada por los arroyos de "La Ciénega" y "Agua Fría," y en algunos otros lugares.

ROCAS IGNEAS.—Las rocas ígneas son rocas intrusivas y rocas efusivas; algunas de estas rocas ígneas, especialmente las de carácter intrusivo, no aparecen en la superficie, sino solamente se ven en el interior de las minas en donde se presentan atravesando a las pizarras arcillosas.

Mencionaré entre las rocas intrusivas a las llamadas "rocas verdes," a ciertas andesitas de textura porfírica, a las rhyolitas y a las syenitas.

Las "rocas verdes" son dioritas o rocas diabásicas que examinadas en láminas delgadas al microscopio, (1) han sido clasificadas como dioritas con augita (diopsida de magnesita) y como spillitas, diabasas y tobas diabásicas silicificadas (schalstein). Dichas rocas se presentan en los lugares siguientes: las dioritas, que son sumamente escasas, se hallan distribuidas esporádicamente en las goteras de la población de Tlalpujahua, precisamente en la bifurcación del camino que va a la hacienda de Bravo, y se presentan en manchones aislados en varios puntos del camino a Maravatío, que sigue por la orilla izquierda del río de Tlalpujahua; las rocas diabásicas se observan en algunos lugares de este camino, en la entrada del pueblo de Real de Arriba, llegando por el camino que viene de Tlalpujahua al pueblo de San Lorenzo, en los alrededores del socavón de "San Cristóbal" y en la mina de Borda, al nivel 160 metros, por el Tiro Pinto, en donde son muy notables. Estas "rocas verdes" afectan en algunos lugares de la superficie y en el interior de las minas una textura pizarreña, que es debida en gran parte al metamorfismo dinámico que experimentaron por haber estado sujetas a fuertes presiones, después de su inyección en las pizarras arcillosas, siendo con frecuencia por esta circunstancia de difícil identificación en el terreno. El señor ingeniero Ordóñez tuvo ocasión de notar también estas intrusiones de "rocas verdes" en las pizarras arcillosas, y dice (2) que es esencial indicar la existencia de este tipo de rocas intrusivas muy antiguas de color verde y estructura porfírica, que penetraron a las pizarras arcillosas antes de que éstas tuvieran la configuración orográfica que han alcanzado en los tiempos geológicos, resultando de esto, que al moverse estas rocas, juntamente con las pizarras, sufrieron tanto estas rocas sedimentarias como las rocas intrusivas un intenso metamorfismo. En virtud de la influencia recíproca que ejercieron estas dos clases de rocas entre sí, las pizarras tomaron por un lado, en su contacto con las rocas intrusivas, el aspecto de las rocas plutónicas, y por el otro, éstas afectaron el aspecto de las pizarras, siendo unas y otras de color verde con lustre de seda, muy esfoliadas y difíciles de identificar, pudiendo atribuirse, según el señor Ordóñez, a la presencia de estas viejas intrusiones en las pizarras del Distrito de Tlalpujahua, que está tan inmediato al de El Oro, que estas pizarras tengan en aquel Distrito un aspecto algo diferente de las del último, no siendo en realidad sino las mismas.

Las andesitas intrusivas, que tienen un marcado sello de antigüedad, comparadas con las otras andesitas, no aparecen en la superficie; son de estructura porfírica y pueden observarse en la mina de "La Lucha," también como intrusiones en las pizarras arcillosas, en donde han sido cortadas por el socavón de esa mina, en el cual aparecen en un estado sumamente avanzado de alteración, con sus feldespatos casi

(1). La clasificación microscópica de las rocas ígneas que se mencionan en este estudio, fué hecha por el señor Dr. Paul Waitz, Petrógrafo del Instituto Geológico en la época en que colecté los principales tipos de dichas rocas ígneas.

(2) Loc cit. págs. 174 y sig.

por completo kaolinizados. En el Distrito de El Oro han sido atravesados por el tiro de "San Patricio," y se encuentran asimismo cortadas en los laborios de la mina de "Esperanza." (Véase el plano geológico, lámina II, corte A-B.)

Las rhyolitas se presentan en la superficie en extensiones muy limitadas. En el Distrito de Tlalpujahua aparecen bajo la forma de diques en los alrededores de los tiros de "San Esteban" y "San Hilario" y en los arroyos de la "Loma del Arenal," hacia el N. de dichos tiros; estos diques, que han sido confundidos con cuerpos y crestones de veta, están ocultos debajo de los depósitos recientes de acarreo que los cubren en gran parte, siendo difícil, por esta circunstancia, seguirlos en toda la extensión de su curso, y se presentan bien caracterizados solamente en algunos puntos aislados, preferentemente en los citados arroyos, a los que atraviesan transversalmente. Son notables estos diques por estar situados cerca y paralelamente a los principales cuerpos de las vetas de ese distrito, como, por ejemplo, el que existe al bajo de la veta Coronas, a la cual sigue en un tramo de su curso. Las rhyolitas se encuentran también en el nivel—60 por el tiro número 3 en la mina de "Dos Estrellas" (crucero SW.), donde se observan atravesando a las pizarras arcillosas y provocando en ellas zonas de metamorfismo. En este lugar afectan las intrusiones rhyolíticas las formas representadas en la lámina IX y en la rhyolita arma una veta cuarzosa pobre que está atravesada por fallas, las cuales cruzan igualmente a la intrusión rhyolítica. En el Distrito de El Oro se presentan las rhyolitas únicamente a profundidad, en el laborio de la mina de "Nolan," desde un poco arriba del nivel 225 metros, donde están acompañadas de sus respectivas brechas, pudiendo allí notarse el interesante hecho de que las rhyolitas y brechas rhyolíticas están cortadas por las andesitas de hornblenda.

Las syenitas no aparecen en la superficie, y son syenitas micacíferas (minetas) que pueden observarse como una pequeña masa intrusiva, que afecta la forma de un dique, al nivel 0 (socavón general) de la mina de Dos Estrellas (véanse los cortes horizontales respectivos de las vetas de esta mina, (lámina IV), en el lugar llamado Extravío para el camino del 91.

En cuanto a las rocas efusivas, son andesitas de hornblenda, andesitas de pyroxena y basaltos. Me he referido ya a la manera cómo se presentan las andesitas, bien como casquetes o bóvedas, bien como corrientes de grueso espesor que descansan directamente sobre las pizarras arcillosas. Las andesitas de hornblenda son comúnmente de color rosado y presentan en su masa cristales negros alargados de amfibola hornblenda con sus ejes alineados paralelamente a una sola dirección, teniendo entonces estas rocas una estructura claramente fluidal; o bien estos cristales se cruzan entre sí en forma de X X, llegando a ser estas andesitas en algunos lugares de una estructura completamente afanítica. Las andesitas de hornblenda constituyen gran parte de la cima del cerro de "Somera," la "Mesa del Tiro 3," "El Peñasco de la Mujer Blanca," cerro del "Llorón," loma del "Buen Suceso," loma "San Nicolás" y casi todo el terreno donde se asienta la población del Mineral de El Oro.

Las andesitas de pyroxena son generalmente de color gris o negro; en su masa se destacan cristales de mediano tamaño, más bien pequeño, de feldespatos plagioclasas que están algunas veces muy descompuestos y suelen tener estas rocas una textura ampollosa, que les da cierta apariencia basáltica, como las que se observan en la cima del cerro de "La Cruz." Estas andesitas son andesitas de augita y enstatita, de estructura, al microscopio, algunas veces traquitoide, hialopilitica o hipocristalina porfírica y constituyen los macizos de las cimas del mencionado cerro de "La Cruz," de "Santa María," "La Lagunilla," cerro de Pablo Márquez y cerro de La Reforma.

Hay una andesita que puede considerarse como un tipo de transición entre las andesitas de amfibola y las de pyroxena; ésta es una andesita de hornblenda y augita

(diopsídica) que forma una parte del borde de la corriente entre el cerro "Somera" y la "Mesa del Tiro 3," correspondiendo el ejemplar colectado de esta roca a la parte de dicha corriente, situada precisamente en la línea divisoria entre los Estados de México y Michoacán, abajo del camino entre El Oro y Tlalpujahua.

Al W. del tiro del Carmen, en Tlalpujahua, existen como jirones dejados por la erosión, restos de una corriente lávica constituida por un representante vítreo de las andesitas de pyroxena, corriente que aparece allí descansando sobre las pizarras arcillosas y está acompañada por brechas andesíticas, las cuales contienen pedazos de pómez en su masa. Esta corriente es de pocos metros de espesor y llama la atención al recorrer el terreno, porque su color negro y su lustre de vidrio hacen que destaque bruscamente en medio del fondo amarillo de las pizarras arcillosas. Estos mismos basaltos aparecen también cerca de la presa de La Ciénaga, cima del cerro de Pablo Márquez y al W. del cerro de La Joya.

Al estudiar el contacto de estas corrientes andesíticas con las pizarras arcillosas, puede observarse que los fenómenos de metamorfismo de contacto provocados por ellas, son muy limitados y que se reducen solamente a una especie de calcinación de estas rocas, como la que se observa en los depósitos cuaternarios de nuestro Valle de México, originada por las lavas del Pedregal de San Angel.

Los basaltos aparecen bajo dos formas: bien como conos de muy pequeñas dimensiones, como, por ejemplo, los que constituyen las lomas y cimas de los cerritos que se encuentran al E. de la iglesia del Carmen; o bien como extensas corrientes que forman las mesas de "Analco," "Naranjos," del "Moral," "Santa Rosa," "La Lagunilla," etc., a que antes se ha hecho referencia, situadas al N. de la región. Examinados estos basaltos al microscopio, resultaron ser basaltos holocristalinos porfíricos de plagioclasa con olivino e hyperstena.

ANÁLISIS DE LAS ROCAS IGNEAS.—De la colección de rocas que formé en el campo, cuando visité esos distritos mineros, he elegido veinticinco ejemplares que corresponden a tipos de cada una de estas rocas ígneas o a las variaciones y alteraciones que presenta una misma roca en un solo macizo, ya sea que se observe en su centro, en su borde o en su zona de contacto. De estos tipos de rocas ígneas fueron hechos análisis químicos, y son relativos diez de esos análisis a las andesitas de anfíbola, que forman el macizo del cerro de Somera y las corrientes lávicas de la Mesa del Tiro Tres y Loma Quinta; dos a las andesitas de hornblenda, que aparecen a gran profundidad como diques que atraviesan a las pizarras arcillosas o a las brechas rhyolíticas en el Distrito de El Oro; tres a las andesitas de pyroxena, que constituyen la corriente que aparece en la cima del cerro de La Cruz; dos a andesitas de pyroxena del macizo del cerro de La Lagunilla, que fueron colectadas del centro y borde, respectivamente, de esta corriente; dos a los basaltos, que forman los pequeños picos cónicos situados al NW. de las canteras que se explotan en los alrededores del tiro del Carmen en Tlalpujahua, y seis a tipos de rocas intrusivas, entre las cuales figuran: una andesita porfírica, una diorita, una rhyolita brechoide, dos tobas diabásicas y una mineta.

La necesidad de los análisis químicos de las rocas ígneas se comprende, si se tiene en cuenta que, aunque muchas de estas rocas están constituidas por cristales de distintos minerales, que difieren claramente unos de otros; pueden estos minerales contener elementos químicos semejantes, siendo entonces conveniente considerar la composición de la roca como un todo, sin atenerse precisamente a su composición mineralógica. Esto es tanto más admisible, según Iddings, (1) cuanto que antes de

(1) Igneous Rocks, Composition, texture and classification, description and occurrence, by Joseph P. Iddings—New York 1909, I. Parte—Introducción.

la solidificación del magma, éste constituye en la mayoría de los casos, un líquido más o menos homogéneo, indicando el análisis químico de una roca fresca, no alterada, la composición química de este magma líquido preexistente o "rock solution" como él le llama. Dice también este autor que, aunque en muchos casos las rocas ígneas experimentan más o menos alteración desde el momento de su solidificación, hay muchos casos en que sufren cambios tan pequeños, que el análisis químico de la roca representa indudablemente la composición química del magma líquido del que proviene. Puede decirse que a cierta composición mineralógica corresponde una composición química más o menos determinada, y que los datos que proporciona el análisis químico cuantitativo de una roca, especialmente el de la cantidad de SiO_2 , son una base para la clasificación; pero puede suceder que dos magmas de composición química idéntica, originen dos rocas diferentes, según las condiciones físicas en que haya tenido lugar el enfriamiento de este magma, habiendo por eso la necesidad, para que una clasificación sea completa, de tener en cuenta la clasificación microscópica, que da la calidad, disposición, y aproximadamente la cantidad de elementos mineralógicos de una roca, llegándose así a una clasificación bastante precisa, sobre todo si se considera el dato, quizá más importante para la clasificación, que es el modo del yacimiento de la roca.

La clasificación microscópica queda completada, por lo tanto, con la composición química, y con este objeto y con el deseo de contribuir al conocimiento de las provincias petrográficas de nuestro país, se han construido los 25 diagramas que figuran en la lámina número XX. Estos diagramas petrográficos, que son los característicos de los diferentes tipos de rocas ígneas de estos distritos mineros, han sido hechos según el método de Bröger y muestran la variabilidad de su composición química. Por la inspección de los diagramas se ve que, de las andesitas de esta región minera, las porfíricas y las de amfibola son las más ácidas (con excepción de las representadas por los diagramas números 4, 6 y 19) y que las andesitas de pyroxena son menos ácidas (exceptuando la del cerro de La Lagunilla, diagrama número 17). La rhyolita brechoide (diagrama número 22) es muy ácida, y la mineta, los basaltos, dioritas y tobas diabásicas, son todas rocas de carácter básico.

Los análisis de estas rocas y sus diagramas petrográficos respectivos, se prestarían para un estudio comparativo con rocas semejantes de otras regiones mineras del país, si hubiera suficiente número de datos relativos a la composición química de las rocas ígneas de nuestras provincias petrográficas, estudio que será de mucho interés especialmente para las andesitas, que tan estrechas relaciones genéticas tienen con nuestros criaderos minerales. Los análisis fueron hechos en el laboratorio químico del Instituto Geológico por el profesor Carlos Castro, y el cálculo de proporciones moleculares y vectores por el señor ingeniero José C. Haro.

Los siguientes son los resultados de dichos análisis, en los cuales se expresan la clasificación microscópica de la roca, su procedencia según la parte del macizo del que fué colectada, su localidad, proporciones moleculares y vectores correspondientes.

ANALISIS NUM. 1

Clasificación.—Andesita de amfibola.
Procedencia.—Centro de macizo.
Localidad.—C. Somera, Camino al Tiro número 8 de la Mina de «Dos Estrellas» (al ascender los acantilados arriba del Tiro Sur).

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.)	0.92 %	—	—
H ₂ O al rojo	0.99 „		
Si O ₂	65.11 „	1.0866	54.33
FeO	1.85 „	0.0257	2.57
Fe ₂ O ₃	2.67 „		
Al ₂ O ₃	17.19 „	0.1677	16.77
MnO	0.38 „		
TiO ₂	0.52 „		
CaO	8.42 „	0.1507	15.07
MgO	0.84 „	0.0210	2.10
K ₂ O	0.51 „	0.0054	0.54
Na ₂ O	0.88 „	0.0142	1.42
Suma	100.28 %		

ANALISIS NUM. 2

Clasificación.—Andesita de amfibola.
Procedencia.—Centro del macizo del C. Somera.
Localidad.—Camino a los Tiros números 4 y 5 de la mina de «Dos Estrellas».

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.)	0.36 %	—	—
Agua al rojo	0.56 „		
SiO ₂	64.46 „	1.0756	53.78
FeO	2.94 „	0.0409	4.09
Fe ₂ O ₃	1.90 „		
Al ₂ O ₃	18.17 „	0.1773	17.73
MnO	0.30 „		
CaO	6.37 „	0.1140	11.40
MgO	1.43 „	0.0358	3.58
TiO ₂	0.90 „		
K ₂ O	0.75 „	0.0079	0.79
Na ₂ O	1.75 „	0.0282	2.82
Suma	99.79 %		

ANALISIS NUM. 3

Clasificación.—Andesita de hornblenda.
Procedencia.—Centro del macizo C. Somera.
Localidad.—Cantera en el camino a los Tiros números 4 y 5 de la mina de «Dos Estrellas».

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.)	0.55 %	—	—
Agua al rojo	0.74 „		
SiO ₂	63.70 „	1.0630	53.15
FeO	2.67 „	0.0371	3.71
Fe ₂ O ₃	2.20 „		
Al ₂ O ₃	18.22 „	0.1777	17.77
MnO	0.32 „		
CaO	5.60 „	0.1002	10.02
MgO	1.18 „	0.2957	29.57
TiO ₂	1.05 „		
K ₂ O	1.06 „	0.0112	1.12
Na ₂ O	2.74 „	0.0442	4.42
Sumas	100.03 %		

ANALISIS NUM. 4

56-857

Clasificación.—Andesita de hornblenda.
Procedencia.—Borde de corriente.
Localidad.—Camino de Tlalpujahua a El Oro, al comenzar el poblado de «El Atorón» en la barranca.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.29 %	—	—
Agua al rojo.....	0.71 „	—	—
SiO ₂	58.75 „	0.980	49.0
FeO.....	3.71 „	0.051	5.1
Fe ₂ O ₃	1.05 „	0.006	0.6
Al ₂ O ₃	18.54 „	0.180	18.0
TiO ₂	1.16 „	0.014	1.4
MnO.....	0.31 „	0.004	0.4
CaO.....	9.99 „	0.178	17.8
MgO.....	3.50 „	0.087	8.7
K ₂ O.....	0.85 „	0.009	0.9
Na ₂ O.....	1.48 „	0.023	2.3
Suma.....	100.34 %		

ANALISIS NUM. 5

Clasificación.—Andesita de amfibola.
Procedencia.—Borde de corriente.
Localidad.—C. Somera, patio del Tiro número 4 de la mina de «Dos Estrellas.»

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	1.28 %	—	—
H ₂ O al rojo.....	1.13 „	—	—
SiO ₂	63.86 „	1.0657	53.28
FeO.....	1.23 „	0.0171	1.71
Fe ₂ O ₃	3.78 „	—	—
Al ₂ O ₃	18.48 „	0.1803	18.03
MnO.....	0.25 „	—	—
TiO ₂	0.37 „	—	—
CaO.....	6.60 „	0.1181	11.81
MgO.....	0.55 „	0.0137	1.37
K ₂ O.....	0.70 „	0.0074	0.74
Na ₂ O.....	1.62 „	0.0261	2.61
Suma.....	99.85 %		

ANALISIS NUM. 6

Flu-80?

Clasificación.—Andesita de hornblenda.
Localidad.—Camino entre «Atorón» y «Mina Victoria.» (Acantilado.)

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.83 %	—	—
H ₂ O al rojo.....	0.42 „	—	—
SiO ₂	58.95 „	0.983	49.15
FeO.....	2.79 „	0.034	3.4
Fe ₂ O ₃	2.08 „	0.013	1.3
Al ₂ O ₃	18.82 „	0.183	18.3
TiO ₂	0.95 „	0.011	1.1
MnO.....	0.28 „	0.003	0.3
CaO.....	10.43 „	0.186	18.6
MgO.....	3.29 „	0.082	8.2
K ₂ O.....	0.45 „	0.004	0.4
Na ₂ O.....	0.95 „	0.015	1.5
Sumas.....	100.24 %		

ANALISIS NUM. 7

Clasificación.—Andesita de hornblenda.

Procedencia.—Borde de corriente.

Localidad.—Camino de Tlalpujahua a El Oro, al comenzar «El Atorón.»

FGI-80?

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.17 %		
Agua al rojo.....	0.56 „		
SiO ₂	60.10 „	1.0030	50.15
FeO.....	3.47 „	0.0482	4.82
Fe ₂ O ₃	2.03 „		
Al ₂ O ₃	18.89 „	0.1843	18.43
MnO.....	0.22 „		
CaO.....	9.04 „	0.1618	16.18
MgO.....	1.94 „	0.0486	4.86
TiO ₂	0.98 „		
K ₂ O.....	1.04 „	0.0110	1.10
Na ₂ O.....	1.05 „	0.0169	1.69

Suma..... 100.09 %

ANALISIS NUM. 8

Clasificación.—Andesita de amfibola.

Procedencia.—Macizo del C. Somera, zona de contacto.

Localidad.—Cañada del Tiro número 4, cerca del Socavón del Cedro.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.79 %		
H ₂ O al rojo.....	0.91 „		
SiO ₂	63.13 „	1.0535	52.67
FeO.....	2.40 „	0.0334	3.34
Fe ₂ O ₃	3.00 „		
Al ₂ O ₃	19.67 „	0.1919	19.19
MnO.....	0.28 „		
TiO ₂	0.39 „		
CaO.....	7.09 „	0.1269	12.69
MgO.....	1.24 „	0.0310	3.10
K ₂ O.....	0.39 „	0.0041	0.41
Na ₂ O.....	0.64 „	0.0103	1.03

Sumas..... 99.93 %

ANALISIS NUM. 9

Clasificación.—Andesita de hornblenda.

Localidad.—Camino de El Oro a la mina de «El Pípila» por la loma Quinta.

FLV-53?

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.18 %		
H ₂ O al rojo.....	0.21 „		
SiO ₂	63.47 „	1.0592	52.96
FeO.....	4.29 „	0.0596	5.96
Fe ₂ O ₃	1.15 „		
Al ₂ O ₃	20.79 „	0.2028	20.28
MnO.....	0.18 „		
CaO.....	2.75 „	0.0492	4.92
MgO.....	1.66 „	0.0411	4.11
TiO ₂	1.63 „		
K ₂ O.....	0.90 „	0.0096	0.96
Na ₂ O.....	2.68 „	0.0433	4.33

Sumas..... 99.89 %

ANALISIS NUM. 10

Clasificación.—Adnesita de hornblenda.

Procedencia.—Macizo del C. Somera.

Localidad.—Camino entre los tiros números 4 y 5 de la Mina de «Dos Estrellas.»

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.46 %	—	—
Agua al rojo.....	0.69 „	—	—
SiO ₂	63.64 „	1.062	53.1
FeO.....	2.67 „	0.037	3.7
Fe ₂ O ₃	1.84 „	0.011	1.1
Al ₂ O ₃	19.29 „	0.188	18.8
MnO.....	0.26 „	0.003	0.3
CaO.....	5.92 „	0.105	10.5
MgO.....	1.83 „	0.045	4.5
TiO ₂	0.60 „	0.007	0.7
K ₂ O.....	0.84 „	0.008	0.8
Na ₂ O.....	1.59 „	0.025	2.5
Suma	99.63 %		

ANALISIS NUM. 11

Clasificación.—Andesita de augita.

Procedencia.—Centro de macizo.

Localidad.—Cima del Cerro de La Cruz.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.20 %	—	—
Agua al rojo.....	0.95 „	—	—
SiO ₂	55.41 „	0.924	46.2
FeO.....	5.34 „	0.074	7.4
Fe ₂ O ₃	1.50 „	0.009	0.9
Al ₂ O ₃	19.95 „	0.194	19.4
MnO.....	0.26 „	0.003	0.3
CaO.....	9.15? 0.91	0.159	15.9
MgO.....	2.72 „	0.068	6.8
TiO ₂	1.32 „	0.016	1.6
K ₂ O.....	0.76 „	0.008	0.8
Na ₂ O.....	2.25 „	0.036	3.6
Suma	99.81 %		

ANALISIS NUM. 12

Clasificación.—Andesita de augita (diopsidica) y enstatita.

Procedencia.—Cerca del centro de la corriente.

Localidad.—Cerro de La Cruz.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.33 %	—	—
H ₂ O al rojo.....	1.12 „	—	—
SiO ₂	54.90 „	0.916	45.8
FeO.....	5.27 „	0.073	7.3
Fe ₂ O ₃	3.69 „	0.023	2.3
Al ₂ O ₃	18.97 „	0.185	18.5
MnO.....	0.70 „	0.009	0.9
TiO ₂	1.27 „	0.015	1.5
CaO.....	8.22 „	0.147	14.7
MgO.....	3.52 „	0.088	8.8
K ₂ O.....	0.59 „	0.006	0.6
Na ₂ O.....	1.13 „	0.018	1.8
Suma	99.71 %		

ANÁLISIS NUM. 13

Clasificación.—Andesita hipocristalina porfírica de enstatita y augita.

Localidad.—Cima del Cerro de La Cruz.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.21 %	—	—
Agua al rojo.....	1.09 „	—	—
SiO ₂	55.54 „	0.9268	46.34
FeO.....	5.07 „	0.0705	7.05
Fe ₂ O ₃	3.65 „	—	—
Al ₂ O ₃	19.86 „	0.1937	19.37
MnO.....	0.26 „	—	—
CaO.....	7.57 „	0.1355	13.55
MgO.....	3.40 „	0.0852	8.52
TiO ₂	1.07 „	—	—
K ₂ O.....	0.60 „	0.0063	0.63
Na ₂ O.....	1.50 „	0.0242	2.42
Suma.....	99.82 %		

ANÁLISIS NUM. 14

Clasificación.—Basalto holocristalino porfírico de plagioclasa con olivino e hyperstena.

Procedencia.—Macizo que atraviesa en varios puntos a la pizarra arcillosa.

Localidad.—Cerrito al N.W. del Cerro de Las Canteras, al E. del Camino para la Hacienda de Bravo.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.40 %	—	—
H ₂ O al rojo.....	0.76 „	—	—
SiO ₂	51.37 „	0.857	42.85
FeO.....	6.10 „	0.0848	8.48
Fe ₂ O ₃	2.48 „	—	—
Al ₂ O ₃	17.27 „	0.1685	16.85
MnO.....	0.27 „	—	—
TiO ₂	1.29 „	—	—
CaO.....	11.38 „	0.2037	20.37
MgO.....	6.61 „	0.1654	16.54
K ₂ O.....	0.52 „	0.0055	0.55
Na ₂ O.....	1.49 „	0.0240	2.40
Suma.....	99.94 %		

ANÁLISIS NUM. 15

Clasificación.—Basalto holocristalino porfírico de plagioclasa con olivino e hyperstena.

Localidad.—Cerrito al N.W. del Cerro Canteras.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.29 %	—	—
Agua al rojo.....	0.93 „	—	—
SiO ₂	51.48 „	0.8590	42.95
FeO.....	6.42 „	0.0893	8.93
Fe ₂ O ₃	3.42 „	—	—
Al ₂ O ₃	16.67 „	0.1626	16.26
MnO.....	0.22 „	—	—
CaO.....	9.16 „	0.1639	16.39
MgO.....	6.82 „	0.1506	15.06
TiO ₂	2.55 „	—	—
K ₂ O.....	0.82 „	0.0087	0.87
Na ₂ O.....	2.06 „	0.0332	3.32
Sumas.....	100.05 %		

93.03
7.02
7.03

ANALISIS NUM. 16

Clasificación.—Andesita hialopilitica de enstatita y augita.

Procedencia.—Centro del macizo.

Localidad.—Cerro de La Lagunilla.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.46 %		
Agua al rojo.....	0.44 „		
SiO ₂	59.72 „	0.9096	45.48
FeO.....	2.67 „	0.0371	3.71
Fe ₂ O ₃	2.71 „		
Al ₂ O ₃	18.07 „	0.1763	17.63
MnO.....	0.17 „		
CaO.....	6.56 „	0.1174	11.74
MgO.....	3.04 „	0.0761	7.61
TiO ₂	2.30 „		
K ₂ O.....	1.33 „	0.0141	1.41
Na ₂ O.....	2.61 „	0.0421	4.21
Suma.....	100.00 %		

ANALISIS NUM. 17

Clasificación.—Andesita hialopilitica de enstatita y augita.

Localidad.—Cerro de La Lagunilla.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.36 %		
Agua al rojo.....	0.94 „		
SiO ₂	71.69 „	1.1964	59.82
FeO.....	0.54 „	0.0075	0.75
Fe ₂ O ₃	3.98 „		
Al ₂ O ₃	16.21 „	0.1581	15.81
MnO.....	0.20 „		
CaO.....	1.62 „	0.0290	2.90
MgO.....	0.42 „	0.0105	1.05
TiO ₂	0.92 „		
K ₂ O.....	0.41 „	0.0043	0.43
Na ₂ O.....	2.83 „	0.0457	4.57
Sumas.....	100.12 %		

ANALISIS NUM. 18

Clasificación.—Andesita de amfibola.

Procedencia.—Dique.

Localidad.—Frente S. del Nivel 348, Tiro «Nolan.»

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	1.49 %		
Agua al rojo.....	1.78 „		
SiO ₂	61.67 „	1.0292	51.46
FeO.....	2.14 „	0.0297	2.97
Fe ₂ O ₃	1.70 „		
Al ₂ O ₃	16.39 „	0.1599	15.99
MnO.....	0.33 „		
CaO.....	7.07 „	0.1265	12.65
MgO.....	2.52 „	0.0631	6.31
TiO ₂	0.45 „		
K ₂ O.....	1.02 „	0.0108	1.08
Na ₂ O.....	3.39 „	0.0547	5.47
Suma.....	99.95 %		

ANALISIS NUM. 19

Clasificación.—Andesita de hornblenda.

Procedencia.—Dique.

Localidad.—Crucero W. del nivel 483, Tiro «Nolan.»

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.36 %		
Agua al rojo.....	1.05 „		
CO ₂	3.65 „		
SiO ₂	58.26 „	0.9722	48.61
FeO.....	3.24 „	0.0450	4.50
Fe ₂ O ₃	0.81 „		
Al ₂ O ₃	18.95 „	0.1849	18.49
MnO.....	0.19 „		
CaO.....	6.70 „	0.1199	11.99
MgO.....	1.86 „	0.0466	4.66
TiO ₂	0.54 „		
K ₂ O.....	0.99 „	0.0105	1.05
Na ₂ O.....	3.21 „	0.0518	5.18
Suma.....	99.81 %		

ANALISIS NUM. 20

Clasificación.—Andesita porfírica.

Localidad y procedencia.—Roca cortada muy superficialmente por el Tiro de San Juan Nepomuceno, en los alrededores de Tlalpujahua.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.31 %		
Agua al rojo.....	2.25 „		
SiO ₂	64.00 „	1.068	53.4
FeO.....	0.52 „	0.007	0.7
Fe ₂ O ₃	4.24 „	0.026	2.6
Al ₂ O ₃	17.25 „	0.168	16.8
MnO.....	0.32 „	0.004	0.4
CaO.....	7.23 „	0.129	12.9
MgO.....	0.60 „	0.015	1.5
TiO ₂	0.45 „	0.005	0.5
K ₂ O.....	0.36 „	0.003	0.3
Na ₂ O.....	2.27 „	0.036	3.6
Suma.....	99.80 %		

ANALISIS NUM. 21

Clasificación.—Diorita con augita, diopsida de magnesita.

Localidad.—Salida de Tlalpujahua, Camino de Bravo. Bifurcación del camino.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110° C.).....	0.18 %		
Agua al rojo.....	0.87 „		
CO ₂	2.90 „		
SiO ₂	46.78 „	0.7806	39.03
FeO.....	3.21 „	0.0446	4.46
Fe ₂ O ₃	4.05 „		
Al ₂ O ₃	19.78 „	0.1930	19.30
MnO.....	0.28 „		
CaO.....	9.96 „	0.1783	17.83
MgO.....	7.54 „	0.1889	18.89
TiO ₂	2.35 „		
K ₂ O.....	0.75 „	0.0079	0.79
Na ₂ O.....	1.12 „	0.0180	1.80
Suma.....	99.87 %		

ANALISIS NUM. 22

Clasificación.—Rhyolita brechoide.

Procedencia.—Se encuentra atravesada por diques de andesita de hornblenda.

Localidad.—Tiro Nolan a los 225 ms. de profundidad.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H_2O a $110^\circ C.$).....	0.18 %	—	—
H_2O al rojo.....	1.19 „	—	—
SiO_2	76.06 „	1.269	63.45
FeO	0.61 „	0.008	0.8
Fe_2O_3	2.04 „	0.012	1.2
Al_2O_3	13.46 „	0.131	13.1
MnO	0.27 „	0.003	0.3
TiO_2	0.27 „	0.003	0.3
CaO	1.41 „	0.025	2.5
MgO	0.21 „	0.005	0.5
K_2O	2.48 „	0.026	2.6
Na_2O	1.51 „	0.024	2.4
Suma.....	99.69 %		

ANALISIS NUM. 23

Clasificación.—Toba diabásica silicificada. (Schalstein.)

Procedencia.—Intrusiones en la pizarra.

Localidad.—Socavón de S. Cristóbal, al SW. del Puerto de San Lorenzo.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H_2O a $110^\circ C.$).....	0.20 %	—	—
Agua al rojo.....	0.96 „	—	—
CO_2	3.89 „	—	—
SiO_2	54.70 „	0.9128	45.64
FeO	5.34 „	0.0743	7.43
Fe_2O_3	2.05 „	—	—
Al_2O_3	18.66 „	0.1820	18.20
MnO	0.32 „	—	—
CaO	9.81 „	0.1756	17.56
MgO	0.71 „	0.0177	1.77
TiO_2	1.20 „	—	—
K_2O	0.65 „	0.0069	0.69
Na_2O	1.34 „	0.0216	2.16
Suma.....	99.83 %		

ANALISIS NUM. 24

Clasificación.—Toba diabásica silicificada. (Schalstein.)

Localidad.—Cerca de Real de Arriba (a la entrada del Pueblo). Camino entre Tlalpujahua y San Lorenzo.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H_2O a $110^\circ C.$).....	0.63 %	—	—
Agua al rojo.....	1.64 „	—	—
SiO_2	59.38 „	0.9909	49.54
FeO	3.21 „	0.0446	4.46
Fe_2O_3	3.31 „	—	—
Al_2O_3	19.48 „	0.1900	19.00
MnO	0.21 „	—	—
CaO	3.96 „	0.0708	7.08
MgO	2.37 „	0.0590	5.90
TiO_2	0.94 „	—	—
K_2O	1.30 „	0.0138	1.38
Na_2O	3.49 „	0.0563	5.63
Suma.....	99.80 %		

ANÁLISIS NUM. 25

Clasificación.—Mineta.

Procedencia.—Dique en las pizarras arcillosas.

Localidad.—Mina "Dos Estrellas." Nivel O camino del 91.

		Proporciones moleculares	Vectores
Humedad (H ₂ O a 110°).....	0.56 %		
Agua al rojo.....	1.12 „		
CO ₂	6.98 „		
SiO ₂	46.19 „	0.7708	38.54
FeO.....	4.82 „	0.0670	6.70
Fe ₂ O ₃	1.52 „		
Al ₂ O ₃	17.52 „	0.1709	17.09
MnO.....	0.33 „		
CaO.....	13.25 „	0.2372	23.72
MgO.....	2.53 „	0.0634	6.34
TiO.....	2.60 „		
K ₂ O.....	0.65 „	0.0069	0.69
Na ₂ O.....	1.76 „	0.0284	2.84
Suma.....	99.85 %		

Entre esta serie de rocas ígneas dos son las que presentan más interés por la relación que tienen con la mineralización de las vetas de estos distritos mineros, y son las andesitas antiguas y las rhyolitas. Es muy probable que las dos clases de mineralización que se presentan en dichas vetas y que se estudian más adelante, sean debidas a los fenómenos de la actividad hidrotermal que se produjeron posteriormente a la erupción de estas dos clases de rocas intrusivas, en dos épocas diferentes, relativamente poco alejadas entre sí, y que trajeron como consecuencia el relleno y mineralización de las fracturas formadas con anterioridad en las pizarras arcillosas o en las reaberturas que en el relleno mismo de las vetas tuvieron lugar algún tiempo después, como veremos al tratar particularmente de los criaderos minerales de estos distritos.

Estructura y tectónica de la región.

Por la exposición que antecede sobre la geología de esta región minera, puede decirse, en resumen, que existen en ella, enumerándolos por su orden sucesivo de aparición, los siguientes elementos geológicos:

1. Pizarras arcillosas, en algunos lugares se presentan alternando con margas, calizas margosas y calizas en lechos delgados.
2. Calizas en gruesos bancos que descansan sobre las pizarras arcillosas en estratificación discordante.
3. "Rocas verdes" (dioritas, diabasas, etc.), que fueron inyectadas en las pizarras arcillosas y que constituyen las intrusiones más antiguas de la región.
4. Syenitas micacíferas (minetas) muy escasas y que no aparecen en la superficie.
5. Andesitas intrusivas de estructura porfirítica y rhyolitas, de las cuales sólo aparecen en la superficie estas últimas, bajo la forma de diques que siguen en su curso algunos de los cuerpos de las vetas de la región.
6. "Conglomerado rojo," en cuya constitución entran solamente fragmentos de pizarra arcillosa, caliza y rara vez cuarzo de veta, siendo este depósito sedimentario de poco espesor y encontrándose directamente apoyado sobre las pizarras arcillosas.
7. Andesitas efusivas de hornblenda (andesitas hialopiliticas de hornblenda, andesitas de hornblenda y augita diopsídica), de color generalmente rosado, y andesitas

de pyroxena (andesitas traquitoides de augita y enstatita, andesitas hialopiliticas de enstatita y augita), de color frecuentemente gris o negro azulado; presentándose en la región estudiada estas andesitas efusivas como corrientes, casi siempre de gran espesor, que cubren a las pizarras arcillosas o forman la cima de algunas de las eminencias notables de su relieve topográfico.

8. Basaltos holocristalinos porfíricos de plagiolasa con olivino e hyperstena.

9. Criaderos minerales de mineralización aurífera o auroargentífera, que se presentan bajo la forma de filones o vetas, y por último,

10. Un sistema de fallas que atraviesa y disloca a los mencionados filones.

La estructura geológica de la región estudiada, en la que entran las unidades que acaban de enumerarse, es en lo general sencilla, aunque se complica a veces, en cierto modo, por la presencia de las fallas citadas al último, que son paralelas a las vetas o que las cruzan más o menos diagonalmente, fallas que son de edad bastante reciente y que en muchos casos son difíciles de definir claramente, porque han tenido lugar en una formación sedimentaria en la cual las capas son bastante plásticas, de constitución muy uniforme y desprovistas completamente de restos fósiles, con los cuales hubiera sido posible identificar horizontes estratigráficos a los que referir las fallas y movimientos en cada caso particular.

Dicha estructura está caracterizada por la existencia de un basamento constituido por la mencionada formación sedimentaria, la cual está plegada y fracturada y ha sido teatro de una intensa tectónica. Sobre este basamento o sub-estructura descansan cubiertas de rocas efusivas neo-volcánicas, que afectan dos formas típicas: bien la de corrientes que rellenaron los valles preexistentes, pertenecientes a un relieve topográfico antiguo, dando entonces a la región cierto aspecto de una estructura en "mesas;" o bien, la de cubiertas en forma de casquetes o cúpulas, que aumentaron la altura del antiguo relieve citado.

La dirección de los pliegues que se efectuaron en la mencionada formación sedimentaria, coincide, como se ha dicho ya, con la del rumbo medio de las vetas de la región, las que se encuentran contenidas en fracturas que se produjeron bajo la acción de poderosos esfuerzos orogénicos, siendo, por lo tanto, estas fracturas de origen tectónico bien definido. Su dirección media es de 30° NW., con inclinaciones de 50° a 75° al NE., o SW., correspondiendo esta dirección a la de las líneas según las cuales tuvo lugar la ruptura de las rocas, debida en la mayoría de las veces a enérgicas tensiones; los esfuerzos que provocaron estas fracturas, fueron esfuerzos de compresión lateral, cuya dirección fué perpendicular a la de los ejes de los citados pliegues y al rumbo medio de las fracturas.

La formación sedimentaria que constituye esta sub-estructura presenta, además, en su masa, intrusiones de rocas ígneas más o menos antiguas y de diversa importancia, intrusiones que en la mayoría de los casos no afloran en la superficie del terreno. Esta formación sedimentaria, en cuya constitución entran principalmente y en primer término, las pizarras arcillosas y en segundo las calizas, margas, calizas margosas y areniscas, corresponde a una serie marina sedimentaria típica del país, que incluye extensas formaciones pertenecientes a los sistemas jurásico y cretácico, formaciones que ocupan grandes áreas en casi todo su territorio, y que se presentan constantemente como las rocas características en las que arman los criaderos minerales más importantes de México, sobre todo cuando estos criaderos afectan la forma de vetas o filones.

A esta formación sedimentaria han dislocado también las fallas de estos distritos mineros, fallas que consisten en un sistema de fracturas, paralelas entre sí, cuya dirección varía entre 30° y 75° NE., siendo las direcciones más frecuentes e importantes las de 65° y 70° NE., con fuertes inclinaciones al NW. o SE. Las frac-

turas que coinciden con los planos, según los cuales se han verificado los resbalamientos en estas fallas, no están mineralizadas, y se ha dicho ya, que presentan la particularidad de que no se detienen en las cubiertas de andesita, como sucede con las fracturas en que están contenidas las vetas, sino que estas fallas atraviesan a dichas cubiertas, llegando en algunos lugares hasta la superficie del terreno donde han provocado zonas muy quebradas.

Los movimientos de resbalamiento se efectuaron, por consiguiente, no sólo en la sub-estructura, sino también en las cubiertas de rocas andesíticas y en las vetas y filones de la región, a los que dislocaron, produciendo en ellos "saltos" de más o menos consideración.

En el Distrito de El Oro, el fracturamiento del terreno afectó las laderas orientales del cerro de "Somera," y la formación de fallas se localiza especialmente en la porción central de la veta de "San Rafael," pudiéndose observar estas fallas con claridad en las minas de las negociaciones de "El Oro Mining and Railway Co." y de "Esperanza." En las minas de la negociación mencionada primeramente, existen cinco fallas, una de las cuales corta diagonalmente, al echado, a las otras cuatro, las que al atravesar a la citada veta, produjeron en ella saltos hasta de diez metros y siempre al W.; en la mina de "Esperanza" se presentan fallas que pueden estudiarse entre los niveles I y XV con un rumbo de 65° a 78° NE. y todas tienen la particularidad de ser arqueadas en su extremidad occidental, con la convexidad de su parte arqueada vuelta hacia el SW., lo que parece indicar movimientos de conjunto hacia el W.; en esta mina, próximamente como a la mitad de la distancia entre los tiros Norte y Sur, las fallas tienen un rumbo casi de E. a W., con fuertes echados al N., y los saltos son hasta cerca de 50 metros entre los niveles IV y V; estos movimientos pusieron allí una enfrente de otra, rocas de distinta naturaleza petrográfica (andesitas porfíricas y pizarras arcillosas) y provocaron, además, al echado, fallas en escalón. En la mina "México," en la extremidad NW. de la veta, la zona de fallas es de menor amplitud, y las fallas produjeron el efecto de desalojar las vetas al E., y en la mina del "Carmen," en la extremidad SE., apenas si se revelan pequeños movimientos causados por las fallas.

En las minas "Dos Estrellas," en el Distrito de Tlalpujahua, las fracturas de esta naturaleza son numerosas, y mencionaré, entre las principales, a un grupo de ocho, con rumbos de 60° , 65° , 70° NE., hasta EW., con fuertes inclinaciones hacia el N., que dislocan a la "Veta Verde," siendo de este grupo, dos, las más importantes por su constancia y extensión. Estas dos fallas (que llamaré fallas del N. y S. de "Dos Estrellas" por estar, respectivamente, al Norte y al Sur del socavón general de "Dos Estrellas") se separan entre sí en los niveles superiores (desde el nivel + 120) hasta cincuenta metros, estando en el nivel 0 separadas por una distancia de 33 metros y pueden reconocerse claramente desde los niveles + 160 hasta el — 300, teniendo marcada tendencia a juntarse hacia abajo, y dividiendo por esto a la poderosa "Veta Verde" en trozos en forma de cuña. Estas fallas parecen corresponder al límite S. de la zona fracturada que se nota en la porción central de la veta de "San Rafael," a la que acabo de referirme, y son de gran interés, pues en sus intersecciones con las vetas "Verde" y "Nueva," en la mina de "Dos Estrellas," es en donde se han encontrado las zonas mejor mineralizadas de esas vetas. Más adelante, al ocuparme especialmente de los criaderos explotados en aquellas minas, trataré, en detalle, de las fallas que se presentan en ellas, y diré aquí solamente que en esta mina los deslizamientos de los trozos movidos han sido amplios, y que en varias de las fallas que están localizadas al NW. de la falla N., parecen haberse efectuado movimientos de resbalamiento del alto sobre el bajo, es decir, que son fallas de las llamadas "normales," las que se conocen también con el nombre de fallas directas o de gravedad;

en tanto que muchas de las situadas al SE. de la falla S., son "inversas," siendo de notar que fallas de la primera categoría son frecuentes en la porción Sur-Poniente de la región, mientras que en la porción Norte-Oriente parecen dominar las fallas inversas.

En la mina de "Tiro Pinto," en la frente Sur del nivel 160 metros, se encuentra interrumpido bruscamente uno de los cuerpos de la veta de "Borda" por una falla de 70° NE. de rumbo y de 85° de echado al N. La presencia en el cuerpo de esta veta de planos de resbalamiento, según su rumbo con superficies pulidas, indican que ella misma coincide con una falla; habiendo tenido oportunidad, en la época de mi visita a esta mina, de medir en esa veta, en el referido nivel, un salto horizontal de 26 metros, en el que el movimiento principal se efectuó hacia el NW.

En la mina de "La Lucha" las fallas tienen un rumbo comprendido entre 30° y 65° NE., con echados variables entre 75° y 85° al NW. o al SE., siendo su inclinación más frecuente hacia el NW. Los resbalamientos en esta mina han sido relativamente pequeños y han producido en la veta llamada "Veta 13" saltos horizontales de 11 centímetros, 2.70 metros y 4.50 metros; estando constituido el relleno de estas fallas por una arcilla rojiza ferruginosa, que presenta en los planos de separación con la roca en que se han formado, superficies sumamente brillantes, las cuales constituyen "espejos" en los que se reflejan claramente las flamas de las luces de las lámparas o de las velas. En esta superficie se observan estrías paralelas bien marcadas, que no son siempre rectas, sino algunas veces curvas, estrías que revelan que los movimientos no han sido en todos los casos simples resbalamientos, según el plano de la falla, sino que se han combinado con ligeros movimientos de translación y rotación; la inclinación dominante de estas estrías hacia el NW., parece probar que los movimientos se efectuaron allí en esa dirección. En el relleno de estas fallas se presentan brechas de fricción, con numerosos fragmentos de cuarzo pulido y remolido durante los movimientos efectuados. Existen en esta mina, además de las vetas cuarzosas, vetillas constituidas esencialmente por calcita, que cruzan al relleno de las vetas cuarzosas y que son, por consiguiente, más jóvenes que estas vetas, pudiéndose notar allí que no son cortadas por las fallas estas vetillas de calcita. La porción más fallada de las vetas, en esta mina, está al N. del socavón general de entrada, y por tanto las frentes se han desarrollado de preferencia al S. de dicho socavón.

Si se atiende a que las fallas pueden clasificarse, considerando la naturaleza mecánica de los esfuerzos que las originaron, en fallas de "tensión" y fallas de "compresión," puede establecerse, desde luego, que movimientos tectónicos de tensión dominaron en la porción SW. de la región, en tanto que en la porción NE. fueron principalmente de compresión, es decir, de aquellos que tienden a hacer que la parte de la corteza terrestre, alcanzada por estos movimientos, ocupe un espacio menor que el que ocupaba antes de efectuarse estos movimientos. Estas consideraciones solamente se refieren, por supuesto, a los esfuerzos que originaron a las fallas y no a los que motivaron los pliegues de la formación sedimentaria que constituye la subestructura de la región, pues éstos indican que fueron debidos a esfuerzos laterales de compresión, que dieron a la mencionada subestructura el carácter general plegado que afecta.

Haré aquí notar de paso que hay una tendencia, especialmente entre los mineros, a considerar una falla como una simple fractura o como un movimiento de deslizamiento, de dirección más o menos vertical, de un block sobre otro, ya sea hacia abajo o hacia arriba, sin considerar ningún movimiento lateral, siendo que en realidad la trayectoria de un punto en un movimiento de falla no es siempre una línea recta que indique un simple movimiento de translación, sino que esta trayectoria, revelada por la estría en el plano de la falla, es sinuosa; llegando a ser enteramente curva, lo que entonces acusa movimientos combinados de translación y rotación de más o menos

amplitud. Esto hace pensar que los movimientos que se producen en las fallas son más complicados de lo que a primera vista parece, y que no pueden quedar representados completamente en simples cortés transversales, desde el momento en que hay movimientos que, puede decirse, tienen lugar según tres dimensiones, los que no pueden quedar bien representados en dichos cortes.

Por otra parte, se ha dicho ya que las pizarras arcillosas de estos distritos no son fosilíferas y que no puede fijarse, por consiguiente, ningún horizonte estratigráfico bien definido al que referir los movimientos; estas rocas son de cierta uniformidad que no permite hacer apreciaciones precisas sobre la extensión y relaciones de los movimientos verificados, y solamente aprovechando como puntos de referencia a los mismos criaderos dislocados, a los clavos de metal que en ellos han sido fallados, a las estrías de los "espejos," etc., es como pueden hacerse algunas deducciones sobre la naturaleza y amplitud de los movimientos causados por las fallas en esta región minera.

Historia geológica

Con los datos sobre la geología y estructura de la región, que se han expuesto en los párrafos anteriores, se puede tratar ahora de reconstruir y relatar, aunque sea a grandes rasgos, los acontecimientos geológicos que tuvieron lugar en la región, en diferentes épocas, es decir, se puede hacer su historia geológica.

Los depósitos sedimentarios, compuestos de pizarras arcillosas principalmente, y de margas, calizas más o menos margosas y areniscas, que son los depósitos más antiguos de la región y los más importantes bajo el punto de vista minero, puesto que en ellos arman las vetas y filones que existen en ella y que constituyen gran parte de su sub-estructura, se formaron muy probablemente en mares precretácicos. Una vez formados estos depósitos y consolidados por los procesos ordinarios de diagénesis, emergieron de aquellos mares, empezando un primer período continental, durante el cual tuvieron lugar fenómenos de erosión que se revelan por la discordancia entre estos sedimentos marinos y las calizas en gruesos bancos, que descansan sobre la pizarra arcillosa en estratificación aparentemente concordante en la superficie del terreno, pero que a la profundidad son discordantes. Después, durante el cretácico, hubo una subsidencia que trajo como consecuencia la formación de nuevos sedimentos marinos, representados por las calizas que existen en la extremidad occidental de la región y cuyos sedimentos emergieron más tarde del seno de las aguas de los mares cretácicos, comenzando entonces un segundo período continental que se prolongó hasta nuestros días, como lo prueban los depósitos sedimentarios formados posteriormente ("conglomerado rojo," depósitos de acarreo, residuales, etc.), que no son ya de origen marino, sino de carácter lacustre o terrígeno, y en la constitución de los cuales sólo entran elementos que provienen de la destrucción de las rocas preexistentes ya emergidas o de la alteración, por intemperismo, de las mismas.

En las pizarras arcillosas tuvieron lugar, durante este segundo período continental, las intrusiones de las llamadas "rocas verdes" (dioritas, diabasas, etc.), cuya estructura, muchas veces metamórfica y apizarrada, pone de manifiesto que estas rocas ígneas sufrieron un intenso metamorfismo dinámico, provocado por las fuertes presiones que experimentaron juntamente con las pizarras arcillosas, durante los movimientos orogénicos de la región, movimientos que se repitieron varias veces y que fueron causados por esfuerzos de presión lateral que originaron los pliegues y fracturas sobre cuya naturaleza, extensión y posición se ha hecho ya referencia en otro lugar.

La intrusión de las "rocas verdes" en las pizarras arcillosas causó en estas rocas, a su vez, un metamorfismo regional en zonas muy irregulares, y después de la inyección de estas rocas ígneas y del intenso plegamiento de las pizarras, vino un período de erosión, que destruyó parte de las crestas de los pliegues anticlinales y durante el cual comenzaron a esbozarse las formas que precedieron a la topografía actual. Este período de erosión fué largo y se prolongó quizá hasta principios del terciario, época en la que hubo un régimen lacustre, durante el cual se depositó el "conglomerado rojo" en el seno de las aguas de los lagos que ocuparon las depresiones del terreno, siendo el espesor de estos depósitos detríticos variable con la profundidad de estas depresiones.

A mediados del terciario, probablemente durante el mioceno, fué cuando se efectuaron las primeras intrusiones de andesitas porfíricas, y un poco después la de las rhyolitas, rocas en parte efusivas y en parte intrusivas, verificándose durante estos dos períodos de actividad eruptiva de la región, como consecuencia de esta actividad, fenómenos hidrotermales a los que se debió el relleno y mineralización de las fracturas formadas con anterioridad en las pizarras arcillosas y que constituyeron así cavidades preexistentes que sirvieron de caja a las vetas de la región.

Durante un período de calma relativa, que siguió a estas erupciones, la erosión continuó su trabajo de escultura, acentuando cada vez más la madurez de las formas del terreno y tendiendo a causar en él una inversión de su relieve topográfico, pues continuaba destruyendo las crestas de los pliegues anticlinales y rellenando las cubetas de los synclinales, como se observa hoy en las porciones del terreno constituido por pizarras arcillosas y no cubierto por las rocas volcánicas.

Estas rocas efusivas son, como se ha dicho ya, andesitas de amfibola, andesitas de pyroxena y basaltos. Las andesitas efusivas aparecieron probablemente en pleno plioceno, siendo las emisiones basálticas contemporáneas de estas rocas o se efectuaron quizá ya en el pleistoceno, como ha sucedido para muchos de los basaltos mexicanos, no habiendo en el terreno ningún dato que permita fijar la época precisa en que tuvieron lugar estas emisiones basálticas. Todas estas rocas efusivas son muy jóvenes y al rellenar los valles del terreno preexistente o al formar cimas en forma de cúpulas, mesas, etc., aumentaron la altura del terreno, es decir, provocaron en él, en cierto modo, un rejuvenecimiento al exagerar su relieve desgastado ya por una serie de prolongadas erosiones.

En época muy reciente se formaron las fallas que movieron y dislocaron a todas las formaciones anteriores, con excepción de los basaltos, los que, como se acaba de decir, son las rocas más jóvenes de la región.

Por último, como una prueba de que los esfuerzos de presión lateral, que han fracturado y fallado al terreno, se han reanudado en varias épocas y siguen aún en la actualidad, citaremos dos hechos que manifiestan que esta región no ha alcanzado todavía su estabilidad orogénica. Estos dos hechos son: primero, los intensos movimientos sísmicos que conmovieron en nuestros días, el 19 de noviembre de 1912, a la región de Acambay, situada al NE, y bastante cerca de esta región minera, cuyos movimientos sísmicos tuvieron su foco en un sistema de fallas paralelas, de la misma naturaleza y orientadas de la misma manera, 72° NE., que las fallas de El Oro y Tlalpujahua; y segundo, el de que en las perforaciones de exploración, de bastante longitud, que se hicieron con perforadora de diamante en la frente NW. del "Tiro número 8" de la mina de Dos Estrellas, al nivel 0 se efectuaron, después de algunos meses de hechas estas perforaciones, movimientos que las torcieron y deformaron por completo, probando esto, por una parte, la existencia de movimientos del terreno, y por la otra, la plasticidad de las pizarras arcillosas. Todos estos hechos demuestran, además, que las citadas fallas son, como se dijo al principio, de edad muy reciente.