

VI

DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS.

---

## DESCRIPCION DE LAS ROCAS.

---

En un capítulo anterior hemos expuesto las ideas generales sobre la naturaleza y sucesión de las rocas de la sierra de Pachuca y del Distrito Minero de ese nombre. Sólo nos resta, para completar la historia de esta región, dar una descripción petrográfica, tan detallada como sea posible, de las rocas eruptivas, reducidas á láminas delgadas.

Un gran número de preparaciones han sido necesarias para llevar á cabo el estudio microscópico tanto por las variaciones macroscópicas observadas en el terreno, como para la determinación precisa de los componentes minerales, pues difícilmente se encuentran ejemplares en los cuales sea posible una buena determinación mineralógica á causa del avanzado estado de alteración de dichas rocas. Los grandes trabajos interiores de las minas de Pachuca nos han permitido tomar muestras de rocas de distintas profundidades, tratando de observar la modificación que pudiera existir; y como por otra parte hemos elegido muestras de roca desde su contacto con las vetas ó fragmentos empujados en ella hasta de lugares muy distantes, nos han permitido seguir el cambio que pudieron haber sufrido bajo la influencia y durante la formación de los rellenos metalíferos.

Ya hemos dicho que en la superficie del terreno las rocas dominantes del Distrito de Pachuca ofrecen á la simple vista diferencias en estructura, en compacidad, en grado cristalino y sobre todo en coloración; pero por grandes que estas variaciones parezcan, su separación es imposible, pues el paso de unas á otras se hace por gradaciones insensibles.

Esta circunstancia nos hizo suponer desde nuestras primeras investigaciones en el campo, que las rocas que sirven de caja á los criaderos minerales de Pachuca y aun de los otros distritos de la región, como el Chico, Real del Monte, Sta. Rosa, etc., es una sola proveniente de un solo conjunto volcánico, y que las diferencias que se observan solo dependen de la nó homogeneidad absoluta del magma de donde proceden y del más ó menos grado de alteración á que han estado sometidas.

En efecto, la observación microscópica nos revela una sola composición mineralógica, variando tan sólo la proporción relativa en que entra cada uno de los elementos y su modo de asociación, además de la mayor ó menor cristalinidad, en la que debemos buscar las condiciones bajo las cuales ha tenido lugar el enfriamiento de las rocas. Ahora, la consideración de que la aparición de estas rocas al exterior ha provenido de un fenómeno enteramente volcánico, explica fácilmente las diferencias observadas en la cristalización.

Las rocas en que arman los criaderos minerales son las más antiguas de la Sierra y son aquellas de las que desde luego nos vamos á ocupar.

Pero antes de dar su descripción, preciso es estudiar de una manera general las causas que pudieron haber influido más directamente para producir su avanzada alteración.

El tipo dominante de la roca fundamental de la sierra es el de las andesitas de piroxena. Asociadas á ellas vienen por transición las andesitas, rocas de estructura casi granulítica que se pueden referir á diabasas andesíticas ó rocas de plagioclasa y piroxena. Por su lado, un cambio en la naturaleza del feldespato, que en microlitas viene en las andesitas para pasar á un tipo más básico, produce labradoritas ó rocas de aspecto basáltico. Estas y las anteriores modificaciones de las andesitas, son por decirlo así, casi casuales y bastante raras, sin que en su presencia se observe ni regularidad, ni ningún hecho digno de mencionarse, ni tampoco es un cambio que tenga á primera vista alguna relación con la profundidad.

Sí creemos posible la suposición de que el tipo ofítico de las diabasas, que algunas veces se presenta, sea un intermediario entre las andesitas y las diabasas de estructura granítica, pero que no siempre se presentan en íntimo contacto ó relación.

De todas maneras debemos suponer que estas modificaciones de las andesitas son únicamente dependientes de las condiciones bajo las cuales ha tenido lugar el enfriamiento de la roca y de la falta de homogeneidad del magma fundido de que proceden. Así, mientras que las andesitas nos presentan sus dos fases de consolidación claras, no sólo por la diferencia de cristalización y de residuo amorfo, sino por la corrosión química de los elementos cristalizados en el primer tiempo; en las diabasas esta distinción es menos clara, y la casi completa cristalización del magma denuncia una época prolongada de lento enfriamiento, con formación sucesiva de cristales en condiciones homogéneas para no permitir una enérgica reacción de la parte últimamente consolidada, como se observa generalmente en las andesitas de Pachuca.

El estudio de los fenómenos de alteración adquiere en el caso de las rocas de Pachuca una importancia capital desde el momento en que dicha alteración tiene lugar de una manera tan general, y que los resultados no siempre conducen al mismo fin como regidos por una ley. Esto hace sospechar desde luego que son varias las causas que han intervenido en estos cambios y que han obrado con diferente intensidad y diversamente combinadas.

Parece natural suponer, y esto de acuerdo con algunos autores, que cierto

género de alteración de los minerales de las rocas ha sido iniciado desde antes de su completa consolidación, y que están ya así preparados para sufrir más fácilmente los cambios que tienen lugar después bajo la influencia de otros agentes.

Los minerales principales de estas rocas, los feldespatos y las piroxenas así como el magma que los empasta, han sido con más ó menos intensidad sometidos; primero á la acción de los agentes exteriores, segundo á lo que pudiéramos llamar acciones interiores y que han obrado solamente en determinados tiempos, y tercero á las acciones dinamometamórficas. Todos estos factores han obrado diversamente combinados y ayudándose mutuamente para producir las transformaciones ya en el orden puramente físico ó ya por acciones químicas.

En la superficie obra como agente más enérgico el agua con su gran poder de disolución, cuando como es frecuente, viene saturada de ácido carbónico. Esta acción de las aguas que sustrae de las rocas ciertos elementos como la cal, puede hacer á las rocas sensiblemente más porosas y facilitar así las reacciones para la formación de ciertos minerales más bien que aceptar para su origen el transporte mecánico; pues se supone, por ejemplo, que la presencia de la epidota, que es tan frecuente en los feldespatos alterados, es debida á la reacción de los bisilicatos tales como la piroxena sobre dichos feldespatos, ó más bien de la clorita procedente de la alteración de la piroxena sobre feldespato cuya cal haya sido segregada bajo la forma de carbonato.

Los esfuerzos dinámicos para producir las grandes fracturas en esta roca abiertas, que obedecen á direcciones determinadas, se han hecho sentir hasta en los elementos componentes de las rocas, y las han preparado así por soluciones de continuidad á la penetración en su masa de aguas termales ó atmosféricas.

Hemos dicho que las aguas disuelven en parte los feldespatos, sustraen la cal y otros elementos y queda por último un residuo que bien podemos referir al kaolin. Esta transformación de las plagioclasas en productos arcillosos y calcita es muy frecuente en las rocas superficiales de Pachuca en lugares que reciben un gran contingente de aguas atmosféricas.

En las rocas profundas la calcita es un poco menos abundante cualquiera que sea su distancia á las vetas.

Para explicarnos la diseminación de la clorita en toda la masa de la roca bajo la forma de manchas irregulares ya en el magma ya en los cristales de feldespato, aceptando que la clorita procede exclusivamente de la alteración de la piroxena, seríanecesario suponer, con Becker,<sup>1</sup> que la clorita poseía una gran solubilidad.

En las rocas verdes de Pachuca el resultado de la alteración de la piroxena es la formación de la clorita, calcita y cuarzo, dominando la clorita, la que transforma completamente el mineral al grado de ser muy difícil su identifi-

<sup>1</sup> Geology of the Comstock Lode.

cación, pues es sólo reconocible por la forma octogonal de sus secciones basales observada en un pequeño número de casos.

El papel disolvente de las aguas atmosféricas queda comprobado á causa del ácido carbónico que siempre llevan, como lo demuestran los análisis que hemos hecho de las aguas extraídas de algunas de las minas de Pachuca.

Becker supone que para las rocas de Washoe ha entrado también como reactivo para la descomposición de las rocas el ácido sulfhídrico, el que ha intervenido á su vez en la formación de las piritas que vienen siempre en las rocas alteradas. En Pachuca, las piritas se presentan, como ya hemos dicho, en gran abundancia en rocas muy alteradas bajo la forma de pequeños cristales en la proximidad de las vetas, pirita cuyo origen parece más bien estar en relación con la formación de las vetas y es contemporánea de las piritas argentíferas de las mismas vetas.

La epidota es muy abundante en las rocas de la superficie del terreno y puede encontrarse lo mismo en los feldespatos que en las piroxenas, con ó sin cloritas; pero en general dominando en los feldespatos, en los que se ve bajo la forma de agujas ó pequeños granos agrupados en el centro de los cristales.

En algunos lugares de la superficie, como en las faldas del cerro de la Magdalena, cerca de la mina del Tulipán, encontramos andesitas verdosas con abundantes cristales muy pequeños de epidota en las superficies de juntura de las rocas, asociada á diminutos cristales de cuarzo. Esta asociación del cuarzo y la epidota es también frecuente en el seno de los cristales de feldespato en la masa de la roca.

La diferente coloración que presentan las rocas de Pachuca, está en relación con el diferente grado de alteración, pues que la oxidación aireal de ellas da lugar á rocas coloridas en violado, rojo y rosado, colores que dominan exclusivamente en la superficie. La descomposición de los bisilicatos en cloritas da lugar naturalmente á rocas verdosas que son las dominantes en las rocas del interior de las minas de los Distritos de Pachuca, el Chico y Real del Monte. Unas veces encontramos la piroxena alterada en óxido de fierro y otras en clorita; pero estos modos de alteración diferentes no proceden de que la piroxena sea parda ó verde como en otros casos sucede, sino del diverso grado de alteración para la misma piroxena verde que es la dominante. La descomposición aireal de la clorita daría lugar á la formación de cuarzo, carbonato de cal y óxidos ferruginosos, lo que permite á veces hacer una fácil distinción entre las rocas de la superficie y las de la profundidad. Es de notar que en rocas muy oxidadas de la superficie es muy raro encontrar la epidota como en las rocas violadas y rojas de cerca de Pachuca, como si la epidota sufriese á su vez una análoga descomposición.

En la proximidad de las vetas, en la región de Pachuca, las rocas en que se ha transformado parte de sus minerales en óxido rojo de fierro, pasan á óxidos hidratados que dan á la roca una coloración amarillenta. Esto es el resultado del agua que impregna á estas rocas, pues que las aguas meteóricas en su infiltración se detienen largo tiempo en contacto con los respaldos,

ó es en este lugar donde se acumulan para infiltrarse más fácilmente por las vetas. Por otro lado, contribuye á dar á la roca el color amarillento la piritita de los respaldos que sufre alteraciones.

Entre las acciones que han sufrido las rocas para cambiar su aspecto original tenemos que indicar la que proviene exclusivamente del relleno de las fracturas, y es la silicificación de dichas rocas durante la impregnación de las aguas calientes mineralizadoras que circulaban en las grietas. Es indudable que las rocas eran notablemente permeables á las aguas para permitir la penetración, durante la cual se precipitaba el cuarzo en pequeños granos en el magma, de pequeñez comparable á la de los elementos microlíticos. Así por ejemplo, hay rocas microlíticas en las que la presencia de una pasta de apariencia microfelsítica, formada á expensas de las aguas silizosas, adquieren una completa apariencia de dacitas. En otras casi toda la masa de la roca ha sido sustituida por el cuarzo que se encuentra entonces en grandes playas; en otras encontramos calcedonia y en más raros casos el ópalo.

En las pequeñas y numerosas grietas de las rocas, la circulación de las aguas ha dejado un depósito cuarzoso en venillas, y esto es lo que caracteriza á las rocas de la proximidad de las vetas.

En muchos casos, en las rocas profundas, la única diferencia que se encuentra entre las rocas distantes y las vecinas á las vetas, es una disminución paulatina y gradual de la sílice que impregna el magma, al partir de la roca misma del respaldo.

Esto, que se observa al microscopio, se puede comprobar á la simple vista en el terreno, pues la roca del respaldo se halla atravesada por numerosas venillas de cuarzo que se cruzan en todas direcciones, y las cuales van disminuyendo tanto en número como á veces también en espesor á medida que se aleja uno del respaldo.

En los trabajos de investigación en las minas se prevé la proximidad de las vetas por la silicificación de la roca, la abundancia de las venillas de cuarzo y la presencia de abundante piritita.

La transformación de las rocas en arcillas y esteatita es un fenómeno que depende en parte de las acciones dinamometamórficas de la región que han producido en las rocas una avanzada trituración. En efecto, dominan las rocas arcillosas en las regiones donde se han verificado movimientos y deslizamientos, como en la región de las minas de Barron y Santa Gertrudis, en donde se ha probado que existen movimientos susceptibles de producir gruesas guardas en las vetas y transformar las rocas en arcillas á distancia relativamente grande del filón.

Se comprende desde luego que las diferencias en dureza, aspecto, coloración, etc., de las rocas dependen de las alteraciones que en grado variable se manifiestan en ellas y de la importancia que ha tenido cada uno de los agentes que hemos considerado.

Dadas estas ideas generales, pasemos á dar la descripción de los tipos

principales de las rocas de Pachuca, que encabezamos con los términos siguientes:

- Diabasa andesítica.
- Andesitas de piroxena.
- Rhyolitas y obsidianas.
- Labradoritas y basaltos.

#### DIABASA ANDESÍTICA.

Son muy pocos los ejemplares que de este tipo encontramos en la Sierra de Pachuca y en muy limitada extensión. La diabasa menos alterada se presenta en el camino real de Omitlán á Real del Monte.

La roca en masa es de color verde oscuro. Al microscopio se resuelve en un agregado cristalino de plagioclasa en secciones irregulares y algunos cristales microlíticos con ausencia completa de materia amorfa. La piroxena es muy abundante en secciones, en general muy alteradas y transformadas en clorita; unas secciones conservan la forma del cristal y otras están en manchas irregulares. Las plagioclasas son difíciles de determinar á causa de su alteración, pues ofrecen una polarización de agregado. La roca tiene también grandes cristales de feldespato que la dan apariencia porfiroide, y son de labrador, macleados algunos de ellos según la ley de la albita y la periclina; los cristales microlíticos también son de labrador. La piroxena es sólo reconocible por la forma de las secciones, pues su transformación en clorita es completa; frecuentemente asociada á la calcita. Manchas de este mineral se ven igualmente en el agregado cristalino del magma y en el interior de los grandes cristales de labrador. Estos, que definen la primera consolidación, lo mismo que los de la piroxena, ofrecen una avanzada corrosión por el magma de segunda consolidación, y á expensas de cuya corrosión se originaron las secciones irregulares cristalinas que forman la mayor parte de la roca.

La magnetita se encuentra en pequeñas secciones en el magma granudo, ó bien en inclusiones en los cristales de piroxena, en los que está en granos pequeños, que parecen provenir como residuo de la transformación en clorita.

De la mina de La Cabaña, en el primer cañón, hemos colectado una roca de color verde oscuro de grano fino, que se encuentra en lajas cruzadas en todos sentidos por delgadas venillas de cuarzo y calcita. Se halla cerca de la veta de Cabaña.

Al microscopio se resuelve en un agregado cristalino de feldespato, en general sumamente alterado, de piroxena alterada en clorita y amoldando á los cristales de feldespato. Se encuentran también diseminadas agujas negras que parecen ser de piroxena alterada en productos ferruginosos, pues que vienen con frecuencia asociadas con cristales de piroxena alterada en sustancia verde.

Accidentalmente, y en espacios muy limitados, encontramos una modificación de la estructura normal de las andesitas, que producen rocas de estruc-

tura ofítica con muy escasa materia intersticial. Esta forma de estructura debe considerarse como la intermediaria entre la granítica, que vemos en un reducido número de casos en las rocas de Pachuca, y la estructura microlítica de todas las andesitas, por más que aquellos dos primeros grupos igualmente designados como diabasas no estén directamente subordinados y no abarquen muy grandes extensiones.

Quizá no hubiéramos hecho la separación de diabasas ofíticas por su semejanza á las andesitas muy cristalinas ó de magma completamente microlítico, si no fuera por el gran desarrollo que adquiere la piroxena de segunda consolidación en cristales de magnitud semejante á la de los cristales feldespáticos de aspecto microlítico que forman la pasta de la roca.

Desgraciadamente la grande alteración de estas rocas no permite, ni para la piroxena ni para los feldespatos, su exacta determinación, pues la transformación en clorita ó en producto verde, como la viridita, de composición nó exactamente determinada, es completa; y el cuarzo y calcita son sumamente abundantes como producto de descomposición.

La mayor parte de este cuarzo libre parece ser exclusivamente un producto obtenido á expensas de la descomposición de los minerales constituyentes, pues en efecto, lo vemos en pequeñas secciones rodeado de una envoltura de feldespato nó alterado, ó como formando un núcleo en los cristales de piroxena ya alterada en productos verdes.

La proporción de sílice que contienen estas rocas es por término medio de 63 por ciento.

Los puntos donde se presentan estas rocas son: En el Mineral del Chico, en el camino de la población á la mina de La Aurora, pasa insensiblemente á las andesitas verdes de la región. En la barranca del Rosario cerca del tiro de La Palma, de color verde á la simple vista; en la mina de Barron en un crucero en el cañón 320; al lado de las andesitas viene un tipo muy cristalino comparable á las diabasas ofíticas; es una roca de color negro muy compacta. En algunos otros puntos de Pachuca se presentan estas rocas siempre como una transición hacia las verdaderas andesitas.

#### ANDESITAS.

*Andesitas de Piroxena*—Es de gran interés el estudio de las andesitas del Mineral de Pachuca y de la sierra en general, no sólo por las amplias variaciones que en la estructura microlítica se presentan, sino aun por los distintos aspectos que á las rocas imprimen y la manera como se ha verificado la alteración de los minerales.

En otra parte de este trabajo hemos hecho notar ya la importancia que este grupo de rocas ofrece en la región por la vasta extensión de terreno que cubren y hemos establecido una subdivisión fundada en los distintos aspectos macroscópicos que ofrecen dichas rocas. Veremos como estos aspectos responden naturalmente á fenómenos dependientes de estructura y alteración.



Entre las andesitas menos alteradas y que podrán dar idea del tipo genuino de las rocas de Pachuca, mencionaremos desde luego aquella que domina en la barranca del Rosario, que presenta además la particularidad de ser casi holocristalina, microlítica, y la que podría confundirse con una roca de estructura ofítica; tanto así se ha desarrollado la estructura microlítica, pues apenas puede decirse que contiene pequeños espacios de magma amorfo.

Es de color verde, porfiroide por la presencia de grandes cristales feldespáticos diseminados en la pasta que alcanzan hasta 0<sup>m</sup>01 de longitud. Al microscopio se define como un agregado microlítico de oligoclasa en macles simples según la ley del macle de la albita, con extinciones vecinas á la de su longitud. Existen también cristales microlíticos de labrador que referimos á la primera consolidación, por más que debido á la alteración que comienza á presentarse en la roca, no se pueda hacer clara la distinción.

Vense también cristales microlíticos y granos de augita de color amarillo á la luz natural, con policroismo sensible y conteniendo inclusiones de óxido negro de hierro. La alteración en algunos cristales, sobre todo en los de grandes dimensiones y de primera consolidación, ha consistido en la formación de granulaciones opacas agrupadas, que conservan imperfectamente la forma del cristal. En el magma se observa cierta polarización de agregado que dificulta bastante la determinación precisa de las microlitas. Muy raras secciones de cuarzo de primera consolidación se ven también diseminadas. Los grandes cristales feldespáticos han sufrido en parte un cambio en espato calizo, así como un estado de fracturamiento debido á acciones mecánicas. Estos cristales son probablemente de labrador.

La proporción media de sílice en estas rocas es de 63,8 por ciento.

Las andesitas que parecen tener una distribución mayor en la sierra de Pachuca son las que presentan una coloración verde oscura característica, que han sido designadas desde hace mucho tiempo con el nombre de rocas verdes ó de pórfidos verdes, nombre que se ha aplicado á rocas semejantes pero que no presentan el color verde bien marcado.

Estas andesitas verdes se caracterizan muy bien por la escasez de óxido negro de hierro en el magma, por la naturaleza de la alteración de las piroxenas y por la presencia de la epidota como producto secundario en el seno de los feldespatos. Todas estas rocas son compactas, más ó menos porfiroides y no afectan en el terreno una estructura particular, si no es en grandes bancos separados por grietas generalmente orientadas paralelamente á los grandes planos de fractura de la región. En Real del Monte estas rocas verdes adquieren su mayor extensión abarcando casi todo el distrito.

Láminas de rocas procedentes de varios puntos de aquel Mineral, nos dan uniformemente al microscopio un magma microlítico, con finas microlitas que á veces acusan una estructura fluidal, no siempre visible á causa de la profunda alteración del magma que pasa á un agregado confusamente polarizado, en el que se destacan por su fuerte coloración granos y cristalitas de piroxena de segunda consolidación alterados las más veces en un producto verde á la

luz natural. Los granos se hallan profusamente distribuídos en el magma como fragmentos que resultan de la desagregación de la piroxena; otra parte se presenta en cristales que conservan aún su forma y los vivos colores de polarización que les son propios, y por último, granos y agrupaciones de granos de epidota en las manchas verdes, como procediendo de ellas por una alteración más avanzada. Las finas microlitas del magma, ya simples, ya macleadas, presentan generalmente la extinción casi recta de la oligoclasa.

La más profunda alteración reside en los elementos de primera consolidación que dan á estas rocas el aspecto porfiroide á causa de sus grandes dimensiones. Los feldespatos han sufrido intensas acciones mecánicas que se traducen en infinidad de finas grietas transversales, en general, al alargamiento de los cristales y en fuertes dislocaciones. Estos cristales de labrador á veces presentan los macles de la albita y de Carlsbad combinados. En su mayoría se hallan transformados en calcita, en manchas irregulares dentro del cristal y granos de epidota; haciendo notar que este mineral existe aun en cristales que no contienen ni calcita ni clorita procedente de la piroxena. Los grandes cristales de piroxena se hallan completamente alterados en clorita, espato calizo y epidota, y se observan en ellos inclusiones opacas de óxido de fierro. Raras veces se encuentran en esta roca cristales de cuarzo de primera consolidación y cuando existen se hallan con ella en gran parte corroídos por el magma.

Junto á la población de Real del Monte cerca del paraje llamado "El Hiloche" se encuentran tipos de rocas como las que acabamos de describir. Cuando la transformación de la piroxena en clorita es completa, se ve este mineral con un color azul obscuro intenso, con los nicols cruzados. Los raros cristales de cuarzo corroído por el magma presentan una auréola ó una franja de polarización de agregado, indicando la reacción del magma sobre el cuarzo. Algunos de los grandes cristales de feldespato, algo más frescos aunque sumamente agrietados, dan en las secciones normales á  $g_1$  la extinción característica de un feldespato labrador básico.

Una alteración más profunda cambia estas rocas verdes en rocas de color verde amarillento, como la del Rosario que hemos descrito antes, ó como en la roca de cerca de la mina de La Blanca en la región de Santa Gertrudis. El magma microlítico se carga de abundante cuarzo en pequeñas secciones, la piroxena de color amarillento á la luz natural, da en los bordes de las secciones un producto ferruginoso casi opaco, y los grandes cristales de piroxena y feldespato de primera consolidación se hallan más completamente transformados en cuarzo, calcita y epidota.

Las rocas verdes que dominan en el Distrito Minero del Chico, y que forman la caja de las vetas de aquella región, tienen un aspecto poco diferente de las del Real del Monte y solamente se distinguen por ser menos porfiroides y de grano generalmente más fino. Buenos tipos de esta roca se encuentran en el camino que va de la población del Chico á la mina de la Aurora, en contacto con la diabasa ofítica citada.

Cuando las rocas verdes del Chico se aproximan á los crestones de las vetas pasa lo que ya hemos dicho en general para las andesitas de otros lugares de la sierra de Pachuca: pierden compacidad, aumentan en su masa los cristales de pirita, el magma se silicifica y los feldespatos tienen una tendencia marcada á transformarse en arcilla. En este caso se encuentran también las andesitas verdes que se cortan en la vereda de San Julio á Pachuca, cerca de la veta de los Analcos, en las que además de presentarse abundantes secciones de cuarzo de primera consolidación, viene la epidota en gran cantidad en la masa de la roca y en pequeños cristales tapizando los planos de juntura.

En el camino que va de Pachuca á la mina del Rosario, en los acantilados que están próximos á la veta de los Analcos, encontramos una roca rojiza bastante porfiroide, caracterizada por la gran cantidad de epidota formada tanto en la piroxena como en el interior de los cristales de feldespato. En el camino á la mina de San Pedro encontramos rocas muy cargadas de epidota con transformación avanzada á espato calizo y clorita en la piroxena.

Otro grupo de andesitas de piroxena se caracteriza macroscópicamente por una coloración gris, que varía del gris verdoso hasta el violado y rojizo, y que al microscopio revela que la procedencia del color es debida al género de alteración de la piroxena, que es el de la transformación en óxidos negros y rojos de fierro; en el primer caso, el óxido negro de fierro, poco diseminado y concretado al cristal que conserva en gran parte su forma, y en el segundo, diseminado más ó menos en el magma, y proveniente de la desintegración de los cristales.

Estas rocas son muy abundantes al N. de la veta Vizcaina, formando los cerros que se levantan más allá de las minas de San Rafael, Camelia y Sto. Tomás, hasta las peñas de Buenavista, y se prolongan hacia el N.W. hasta las montañas de los Órganos de Actopan en los minerales de Sta. Rosa y Tepenené. Son muy porfiroides, con cristales feldespáticos, hasta de 0<sup>m</sup>.01 de longitud, diseminados en la pasta. Los cristales de piroxena, que resaltan igualmente en la pasta por su color negro ó pardusco, tienen á veces una longitud de 0<sup>m</sup>.01 á 0<sup>m</sup>.012. Por otra parte, el grano y la superficie más ó menos áspera, recuerdan el aspecto de las traquitas.

Habríamos separado estas rocas de las anteriormente descritas, como formando parte de otra erupción ó de otro período de erupción, si no hubiéramos encontrado con frecuencia pasos insensibles de éstas á las rocas verdes, no sólo en la coloración macroscópica, ciertamente de escaso valor, sino en la transición visible al microscopio de la alteración de productos verdes á la de óxidos ferruginosos. Ya hemos indicado también en otro lugar que las rocas de color gris y violado conservan este aspecto hasta muy corta profundidad.

La roca procedente de cerca del nacimiento de la barranca del Rosario, de color gris ligeramente violado, presenta al microscopio un magma de polarización confusa, formado en su mayor parte de finos granos de cuarzo y de

microlitas de feldespato casi completamente alteradas en cuarzo y calcita, lo que impide determinar con exactitud su naturaleza.

Del cuarzo del magma, parte es proveniente por la alteración del magma y de los feldespatos, y parte debe ser considerado como de penetración; es decir, depositado por aguas silizosas que impregnaron á la roca, lo que se comprueba por la existencia de nidos y venillas de cuarzo en secciones más grandes. Los grandes cristales de plagioclasa se hallan también casi totalmente transformados en cuarzo y en calcita, y muchos cristales de piroxena han sido más ó menos reabsorbidos (fig. 5, lám. V). Este último mineral solamente es reconocible por la forma octogonal de sus secciones basales y por los crucesos que en porciones muy pequeñas se han salvado de la alteración.

Una roca de la barranca llamada de Texinca, al pie de la mina de San Pedro, es semejante á la anterior; contiene grandes secciones de cuarzo de primera consolidación corroídos por el magma, y la transformación de los cristales feldespáticos en calcita es muy completa y la roca se halla atravesada por venillas de este mineral. En esta roca, granos microlíticos de piroxena están completamente alterados en óxidos ferruginosos bajo la forma de agujas, que durante la desintegración de los cristales se diseminan en el magma.

*Dacitas*.—En muchas de las andesitas violadas del N. del Distrito, la abundancia de cuarzo de primera consolidación y la existencia de un magma microfeldsítico, á la vez que microlítico, obliga á hacer la separación de una variedad ácida de andesitas ó sea *dacitas*, bien características en los cerros inmediatos al pueblo de Cerezo, en los cerros de Santa Úrsula, al N. de la mina de San Rafael, en las peñas de Buenavista, etc., en donde llama desde luego la atención la gran cantidad de cuarzo en cristales que macroscópicamente se observan.

La pasta de estas rocas, más resistente á la desintegración que el grupo de andesitas no cuarcíferas, da lugar á peñas salientes y á acantilados, como por ejemplo, la de Buenavista, pequeños acantilados en el cerro de Sta. Úrsula, en Tepenené y Órganos de Actopan.

Hay que hacer notar que estas rocas dacíticas se hallan á veces inmediatas á las rhyolitas, como cerca del pueblo de Cerezo, ó como en el cerro de San Cristóbal y cerro de los Cubitos, inmediatas á las labradoritas. En el primer caso, parece que con las erupciones de rhyolita vinieron aguas silizosas que han impregnado de sílice estas rocas.

Además de la piroxena vienen algunos cristales de biotita de color pardo con igual grado de alteración que la piroxena. En lo que respecta á la naturaleza de los feldespatos, es enteramente igual á la de los feldespatos de las no cuarcíferas antes mencionadas.

En una andesita cuarcífera del cerro en donde está la mina de Soledad, se pueden observar claramente microlitas feldespáticas con extinción recta, macleadas, que referimos á la oligoclasa. Los grandes cristales están casi completamente alterados en calcita. La del Puerto de la Palma, en Tepenené, presenta una estructura fluidal bien marcada y se caracteriza, como la de las

peñas de Los Frailes en los Órganos de Actopan, por traer además de la piroxena abundantes secciones de biotita muy alterada, cristales de labrador de primera consolidación y cuarzo muy abundante (fig. 2, lám. V).

Andesitas cuarcíferas, casi dacitas, muy semejantes á las anteriores, encontramos también arriba de la mina de San Manuel. En las faldas de la Sierra, cerca del Chico, casi en la barranca del río de Velasco, se ven rocas con menos cantidad de cuarzo y de biotita volviendo casi al tipo normal de andesitas violadas.

Roca notablemente silizosa es la que se encuentra en la Peña del Zumate en Real del Monte formando brechas. El magma microlítico se halla notablemente penetrado de cuarzo y subdividido en lagunas por venillas de cuarzo. Existen en esta roca grandes cristales zonados de feldespato y abundante piroxena en secciones opacas. La roca se halla vecina á las rhyolitas que abundan en las grandes alturas de Real del Monte.

En los contrafuertes occidentales del cerro de San Cristóbal, enfrente del pueblo de San Bartolo, encontramos también rocas cargadas de sílice de aspecto análogo á las anteriores, solamente que sus feldespatos de primera consolidación están sumamente agrietados por acciones mecánicas. La piroxena viene en pequeños cristales, reabsorbida, y en agujas diseminadas en el magma, y por último, el magma es una mezcla confusa de magma amorfo, microlitas macleadas de extinción casi recta y cuarzo en pequeñas secciones, á veces como magma feldsítico.

En la parte alta de las montañas del Chico, casi en la base de las Monjas, se encuentran andesitas violadas formadas de finas microlitas de oligoclasa en un magma más ó menos impregnado de sílice. La piroxena se halla transformada en un producto ferruginoso, ligeramente transparente y de color rojo pardusco. Los feldespatos de primera consolidación se hallan agrietados y con estructura zonada, unos de labrador y en menor número de oligoclasa. El magma contiene finas microlitas de piroxena relativamente poco alteradas.

*Andesíticas augíticas de piroxena.*—Un tercer grupo de andesitas de piroxena vamos á considerar ahora, y son aquellas que presentan á la simple vista un aspecto basáltico bien claro. Son en general, de color negro que varía al rojizo ó al violado en aquellos casos en que se hace sensible su paso á los tipos anteriormente descritos. Se caracterizan estas rocas negras por presentar en el magma gran cantidad de óxido negro de fierro en pequeños puntos diseminados, y más ó menos abundancia de piroxena en finas microlitas. Las microlitas del feldespato de segunda consolidación pertenecen en muchos casos á oligoclasa básica y no á oligoclasa de extinción recta, como en las rocas anteriores. Son igualmente notables por presentar á veces en cantidad relativamente abundante, cristales de primera consolidación de una piroxena rómbica, la bronzita, con su habitual alteración en bastita; y es de notar que aquellas rocas andesíticas que traen la augita en el magma bajo la forma de cristales microlíticos, son las que más frecuentemente traen entre los ele-

mentos de primera consolidación la piroxena rómbica. Son rocas menos porfiroides macroscópicamente, muy compactas, de grano fino, forman grandes acantilados y se dividen en lajas delgadas con planos de separación paralelos á la dirección de las vetas metalíferas y en direcciones transversales, aunque con menos claridad, de manera que la roca se divide en blocks paralelipépicos. Ocupa una extensión considerable en el Distrito de Pachuca, y en el cerro de San Cristóbal forma los hermosos acantilados y rocas desprendidas de esta elevada montaña. Se encuentra también en los cerros de Rejona, Sta. Polonia, etc. El grabado puesto al principio de este trabajo, que representa una vista de la ciudad de Pachuca, tomada por el Sr. Celestino Alvarez, da una idea de los acantilados que forman la barranca de San Cristóbal.

En la parte N. de Pachuca existen también barrancas escarpadas formadas por esta roca, como la del Pabellón y la que se extiende entre las minas del Pabellón y de El Bordo que une los contrafuertes del cerro de San Cristóbal con el cerro de Rejona.

Una roca procedente de los acantilados del lado oriental del cerro de San Cristóbal es de color negro agrisado, porfiroide, con cristales feldespáticos grandes, coloridos en verde claro. Al microscopio se resuelve en un magma amorfo, en partes polarizado confusamente, con el aspecto que tienen los magmas de ciertas lavas. En esta parte, se hallan diseminadas microlitas muy finas de piroxena, ligeramente coloridas en verde á la luz natural, y muy finos puntos de magnetita. Abundan microlitas muy finas cuyo conjunto afecta á veces una estructura fluidal, y de estas microlitas solamente una parte se extingue en dirección vecina á su longitud. Unas y otras microlitas vienen generalmente macleadas y alargadas según  $p g_1$ .

La augita es abundante en cristales de primera consolidación, alargados según  $h_1 g_1$ , de color verde amarillento á la luz natural, y frecuentemente alterada en clorita, lo que la ha hecho perder en gran parte sus cruceros. Una parte de la augita, muy ferrífera, sufre en estas rocas una alteración por la cual pasa á un agregado de puntos ferruginosos como la augita que se presenta en las rocas andesíticas violadas. La augita verde se halla en parte reabsorbida y contiene inclusiones vítreas y otras de una materia opaca.

El feldespato de primera consolidación, que es oligoclasa, está sumamente agrietado y ha sufrido una especie de schillerización; pues contiene abundantes inclusiones regularmente distribuídas en las secciones á más de que las grietas irregulares unas veces ó transversales á su alargamiento otras, se hallan llenadas por una materia verdosa que parece ser de epidota ó de clorita, pues es muy análoga á estos minerales que á veces se encuentran en el interior de las secciones en granos irregulares ó como la materia verde cloritosa que forma los cristales de augita. Las secciones paralelas á  $g_1$  de estos cristales (fig. 1, lam. V.) ofrecen muy claras zonas de crecimiento, con ángulos de extinción que varían en límites muy reducidos, con la extinción en los bordes característica de una andesina.

La roca de los acantilados que forman las paredes de la barranca del Cris-

to, abajo de la mina de San Buenaventura, presenta un aspecto semejante á la anterior pero con la alteración llevada á un grado más avanzado. En efecto, el magma amorfo y microlítico polariza más confusamente y no deja descubrir la forma de las microlitas, y aun parece que el magma amorfo fué dominante; las microlitas de piroxena son muy finas, llegando hasta formas cristalíticas en gran abundancia; en las manchas se observan partes en las cuales una alteración del magma en una materia ferruginosa opaca ó de una coloración parda oscura á la luz natural, contrastan con partes más límpidas de la preparación y explican las manchas rojizas que se observan en la masa de la roca á la simple vista.

La piroxena de primera consolidación se halla más transformada en clorita y aun puede ser en viridita, es decir, un producto de serpentización. Los feldespatos de igual tiempo aparecen transformados en un producto arcilloso con manchas verdes de clorita y es de notar que tanto en el feldespato como en la piroxena, hay ausencia completa de calcita y de epidota. En lugares próximos á las vetas estas rocas más alteradas se ven atravesadas en todos sentidos por venillas de cuarzo.

Algunas de las rocas de esta región contienen cristales de andesina muy corroídos por el magma (fig. 3, lam. V.)

Rocas de la barranca entre las minas del Pabellón y del Cristo ofrecen una ligera variación de color, pues son negro violadas, manchadas de rojo, y constituyen una simple variedad de la anterior, como lo revela el examen al microscopio. En efecto, la única distinción consiste en que la augita, tanto en microlitas como en cristales, se halla en parte alterada en óxidos ferruginosos opacos. Algunos cristales de primera consolidación, de color verde á la luz natural, ligeramente policróicos, presentan un reborde negro opaco que avanza más ó menos en el interior del cristal. En estas rocas es sensible la transición de las rocas augíticas negras á las rocas verdes que hemos descrito al principio.

Algunas veces se encuentran agrupaciones de cristales de piroxena en nidos, en la masa de la roca, cristales en general muy alargados en el sentido de la zona  $h_1 g_1$  y con tendencia á formar macles en cruz como los de la hiperstena. Un ejemplo de esto damos en la lam. V., fig. 4, tomado de una roca de los acantilados que quedan frente á la mina del Pabellón. En la piroxena de las rocas de este grupo, que se halla más transformada en cloritas y que presenta una estructura en fibras regularmente paralelas á la longitud de los cristales prismáticos, aunque no da una extinción uniforme, hay cierta tendencia á extinguirse bajo ángulos de  $5^\circ$  á  $12^\circ$ . Rocas procedentes de cerca del Pabellón y del corte natural entre dicha mina y la de El Bordo, cerca de las vetas que cruzan esta región, contienen cuarzo de penetración en el magma y aún algunos cristales de cuarzo de primera consolidación que están atacados por dicho magma.

Junto á la veta de Luz de la Compuerta, la roca en lajas que ahí se presenta es de color violado claro y procede de la alteración de las rocas negras

de la región, también en lajas. Se diferencia tan sólo en la completa descoloración de los cristales de piroxena y en su casi completa transformación en óxido negro de hierro en finos puntos que agrupados conservan la forma del cristal, demostrando que la producción de óxidos de hierro es un estado avanzado de la descomposición de la piroxena verde y que dichos óxidos de hierro pueden provenir de la descomposición de la clorita.

Es notable en todas estas rocas negras la pequeña cantidad de calcita como producto de descomposición y esto hace su principal distinción con las rocas verdes y violadas.

En la prolongación N. W. del cerro de San Cristóbal se encuentran acantilados formados de rocas del mismo aspecto, así como las que se extienden más allá de la barranca de los Leones y en los cerros vecinos al socavón del Zembo, al N. W. del Distrito de Pachuca.

En una gran parte de la barranca del Rosario y en un buen tramo de la barranca de Texinca, se presentan igualmente las rocas augíticas negras con estructura en lajas delgadas y formando acantilados que en general no alcanzan la altura ni la importancia de los del cerro de San Cristóbal; las rocas estudiadas al microscopio presentan caracteres muy semejantes. Sin embargo, una roca de la parte superior de un salto cerca de la Presa de San Nicolás, en lámina delgada deja ver con débiles aumentos una mezcla irregular de dos magmas bastante vítreos, y como en grandes bandas fluidales; el uno, claro, sembrado de microlitas muy finas de plagioclasa de extinción casi recta y cristalitas de piroxena; y el otro, de color ligeramente pardo, más denso, muy cargado de microlitas de piroxena y de una aglomeración de finas globulitas que lo hacen aparecer aún más opaco. Esta mezcla de magmas se nota en la roca aun á la simple vista, pues en la pasta negra que es la dominante, se perciben bandas angostas de color rojo pardusco. Por otra parte, los feldespatos de primera consolidación, bastante frescos, se hallan notablemente agrietados, con las grietas rellenas de hematita roja por transparencia. Estos feldespatos son de labrador en macles múltiples de la albita.

Abajo del tiro de Precavida, en lugar próximo al anterior, la roca es menos vítrea, con un fino tapiz de microlitas simples ó macleadas, con extinción recta. Los feldespatos y la piroxena de primera consolidación son escasos; aquellos están sumamente corroídos por el magma que lleva finas secciones de magnetita.

Una roca negra sumamente augítica se encuentra inmediata á la mina de Texinca; es de grano fino y notablemente fresca en apariencia, los cristales de piroxena y de feldespato se hallan muy alterados en epidota con algo de calcita.

De las múltiples variedades y aspectos que ofrecen las andesitas de piroxena en la superficie del terreno, una sola variedad se encuentra al partir de un cierto límite abajo de la superficie, límite generalmente variable para diferentes puntos de la sierra pero que en general no excede de 50 á 60 metros. En efecto, en los extensos trabajos interiores de las minas las alteraciones que



ofrecen las rocas por la influencia de los agentes superficiales, tales como la oxidación de los compuestos ferro-magnesianos y del fierro del magma, que también se hidrata, van desapareciendo poco á poco; las rocas de color violado ó pardo pasan insensiblemente al verde claro. Entonces los feldespatos siempre aparecen transformados en productos arcillosos y en epidota como en las rocas verdes superficiales; las piroxenas, en clorita y epidota, y el magma, en un producto, tal vez simplemente arcilloso, sin más caracteres microscópicos que una fina polarización de agregado, que se cómplica por el fino cuarzo de penetración que caracteriza en muchos casos á las rocas de la proximidad de las vetas, así como por la presencia de piritita más ó menos abundante y casi sin alteración. En el magma de las rocas verdes profundas, sobre todo cuando no están muy impregnadas de sílice, tanto el feldespato como la piroxena conservan los contornos de sus cristales; en el primero, las láminas hemitrópicas se perciben, aunque no muy claramente, cuando la transformación en epidota ó calcita no ha sido completa. Respecto á la transformación del feldespato en calcita es, por regla general, menos frecuente en estas rocas de la profundidad que en las de la superficie. Tenemos un buen ejemplo de rocas verdes en la mina de Dificultad del Real del Monte á los 386 metros de profundidad.

En Pachuca, en el tiro de Cristóbal Colón, á cosa de 80 metros de profundidad, la alteración del magma de la roca no es muy avanzada y se descubren en partes las microlitas de labrador muy finas, la piroxena no indica transformación en epidota y los feldespatos están en su mayor parte bien conservados ó con pequeñas manchas de calcita. Igual aspecto presenta la roca del inmediato tiro de Quintanilla de casi la misma profundidad. En la mina del Pabellón la roca tiene un aspecto brechiforme porque la silicificación del magma no es completa y quedan espacios ó lagunas de magma casi no alterado.

Poco diferentes en aspecto de las ya citadas son las rocas del interior de la mina del Porvenir, las del socavón de Calderona de junto á la veta del Cristo, con magma microlítico bien conservado; y con la piroxena transformada en óxido de fierro y epidota, en la roca de los respaldos de la veta del Encino. La roca que forma los respaldos de la veta de Calicanto es en general indeterminable á causa de su avanzada alteración, y á unos cuantos metros de distancia, en un crucero para comunicar las vetas de Calicanto y Guadalupe, la roca es extraordinariamente fresca, con hermosas playas de oligoclasa, microlitas con extinción recta del mismo feldespato agrupadas en bandas fluidales y granos de cuarzo sumamente corroídos, lo mismo que algunos de feldespato.

En el tercer cañón de la mina La Zorra los respaldos de la veta son de una brecha andesítica con los fragmentos cementados por cuarzo; en el tiro de Rejona la roca contiene, como en algunas de las anteriormente citadas, numerosas venillas de cuarzo en todas direcciones.

Rocas procedentes de los respaldos de la veta Vizcaina no ofrecen en gene-

ral ninguna peculiaridad que las distinga de las anteriores. Solamente hay lugar aquí á mencionar la presencia de la bronzita en algunas de las rocas superficiales, que como un elemento accesorio acompaña á la augita y que sólo se observa en los ejemplares menos alterados.

La frescura excepcional de una roca tomada en la mina de Sto. Tomás de cerca de 100 metros de profundidad, permite ver una augita, de mil vivos colores de polarización y algunos cristales de bronzita alterados en un producto verde análogo á la bastita.

En la mina de Barron, en el cañón 320, se encuentra una roca verde muy semejante á la de la mina de Sto. Tomás, notable también por la abundancia de la bronzita en cristales delgados y alargados, con extinción longitudinal y compuestas las cristalitas de fibras paralelas á los lados prismáticos interrumpidas por grietas transversales. El color de este mineral á la luz natural es verde claro ó amarillento con policroísmo poco sensible. El estado fibroso de los cristales demuestra el cambio de este mineral á la bastita. Tanto en esta roca como en la de Sto. Tomás se encuentran abundantes microlitas y granos de piroxena en el magma.

Podríamos citar y describir suscitadamente rocas de muchas otras minas, y aun de una sola mina á distintas profundidades, pero no lo creemos necesario por tener absoluta identidad con las que ya hemos mencionado, y por otra parte no hay cambio ó modificación sensible en el aspecto de las rocas á las diversas profundidades de donde hemos adquirido muestras.

#### RHYOLITAS Y OBSIDIANAS.

Cuando hubo terminado la época durante la cual se sucedieron con gran actividad las repetidas erupciones andesíticas que determinaron la formación de la parte principal del relieve de la sierra de Pachuca, y que se hubo también iniciado la poderosa erosión que tuvo por efecto el desgaste de la cima y el principio de la forma topográfica de este macizo, nuevas conmociones del suelo tienen lugar, se abren de nuevo comunicaciones con el interior que dan paso á corrientes numerosas de lavas caracterizadas por su naturaleza notablemente silizosa. Es claramente perceptible en estas rocas su disposición en corrientes quizá más acentuada por la estructura cintada que en muchos lugares se percibe.

Tres zonas principales consideraremos donde las rhyolitas se presentan con extensión considerable y con caracteres algo diversos: la zona rhyolítica comprendida entre los Distritos de Pachuca y El Chico, la de Real del Monte, y la más extensa, la que ocupa el extremo S.E. de la sierra de Pachuca.

Al hablar de las rhyolitas tenemos que hacer la misma observación que para las andesitas en lo referente á su estructura: es decir, que varía desde un estado muy avanzado de cristalinidad, con una estructura semejante á la de las *nevaditas* norte-americanas, hasta un estado enteramente vítreo, el de las obsidias que son tan comunes en la última región de rhyolitas que hemos

designado. Pero mientras que en las andesitas la estructura ha sido definida quizá con la intervención de causas profundas, la variación en las rhyolitas parece ser la consecuencia exclusiva de las condiciones de enfriamiento y de la forma de la erupción, realizada en un caso lentamente por anchas grietas (Volcanic Fissures) á la manera de las andesitas, y en el otro por verdaderas chimeneas como en nuestros volcanes actuales, con paroxismos violentos, abundantes proyecciones de cenizas y grandes bombas volcánicas que enfriadas bruscamente nos proveen ahora de masas de obsidiana empotradas en los bancos de rhyolitas ó de tobas; pues en efecto, bajo la forma de masas arredondadas y dispersas como las encontramos en la región comprendida entre las haciendas del Guajolote y Cuyamaloya en el extremo de la sierra, donde las sucesivas corrientes de lava rhyolítica viscosa han dado lugar á la formación de mamelones y domas que caracterizan á los lugares llamados Peñas del Xacal, del Aguila, etc., y las domas del Chililete y otros de notable belleza, cuando son observados á distancia.

Las rhyolitas más próximas á la ciudad de Pachuca, se extienden no muy lejos al N. de la veta Vizcaina y sobre ellas descansa el pueblo de Cerezo. La área ocupada por estas rocas no es muy extensa, pues abarca en la dirección N. S. sólo unos 1,500 metros, y de E. á W. 2,000 metros formando la totalidad de la montaña que se levanta al N. de las minas de El Bordo y Sta. Ana. Hacia este lado, en el arroyo, se ve á las rhyolitas cubrir á las andesitas en que arman las vetas, y del lado N., cerca de la cresta de la sierra, están en contacto en algunos lugares con las brechas andesíticas de Las Monjas y de La Sabanilla. En la vertiente opuesta de la sierra, enfrente del Mineral del Chico, vuelven á encontrarse las rhyolitas en no grandes extensiones y cubriendo de igual manera á las andesitas verdes en que arman las vetas de este Distrito.

Las rhyolitas de esta región son generalmente de color rosado, con abundantes cristales de cuarzo y feldespato diseminados, que alcanzan hasta 0<sup>m</sup>008 de longitud. El microscopio revela un magma petrosilizoso claro, con abundantes inclusiones opacas agrupadas definiendo bandas sinuosas; el cuarzo está notablemente corroído por el magma lo mismo que el feldespato, que presenta abundantes inclusiones vítreas. Existen también numerosas secciones de augita en gran parte reabsorbida.

A la vez que la augita, se encuentran en las rocas pequeñas laminillas de mica biotita igualmente reabsorbidas. En la roca de las canteras de Cerezo, de color un poco más claro, de grano fino, de aspecto traquítico, con abundante mica biotita, y más alteradas, pues que muchos de los cristales de feldespato, que son en su mayor parte de sanidino, se hallan transformados en espatocalizo y cuarzo; en estas rocas además del magma petrosilizoso se encuentran lagunas cubiertas de cuarzo granudo. Finas y abundantes esferolitas radiantes de cruz negra se agrupan en regueros fluidales y la presencia de esferolitas es lo que distingue á la roca de las canteras de Cerezo de las rhyolitas de la parte superior del cerro cerca de la mina del Bordo. En la parte

del magma donde abundan las esferolitas se encuentran agujas opacas probablemente de augita alterada. Algunas rhyolitas de color gris de las canteras, no contienen feldespato de primera consolidación sino en muy pocas secciones, lo mismo que de cuarzo, pues domina en lo absoluto la segunda consolidación y son un poco más vítreas que las anteriores.

Una rhyolita de color rojo notablemente esferolítica se encuentra á media altura del cerro. Esta estructura domina sobre el magma petrosilizoso, pues las esferolitas se tocan mutuamente. Estas se componen de feldespato en fibras radiantes, de polarización que no siempre responde á su longitud, y la estructura radiante se hace más perceptible por llevar dichas esferolitas fibras ó finas arborizaciones. Algunas veces las esferolitas tienen como núcleo ó parte central un cristal de sanidino, ó bien un pequeño cristal de mica biotita, que á veces abunda en esta roca.

Cerca del contacto entre las rhyolitas y las andesitas en el cerro mencionado, y en su ladera S., las rhyolitas rosadas se ven á la simple vista con manchas más ó menos grandes é irregulares de color verde intenso. En estas rocas el microscopio deja ver la misma estructura rhyolítica, y en los pequeños intersticios de magma petrosilizoso que quedan entre los grupos de esferolitas, se pueden ver curiosas cristalitas, ya longulitas, ya triquititas, de formas variadas, y aun otras con cierta semejanza con las arborizaciones que radian del centro de las esferolitas. Parece probable que tanto las cristalitas como las arborizaciones sean de piroxena, pues puede reconocerse en las más grandes longulitas. Respecto á las manchas verdes que tiene la roca, al microscopio se resuelven en agregados cristalinos de fibras casi radiantes de color verde hierba y con muy ligero dicroísmo. Los cristales de piroxena de primera consolidación de esta roca presentan manchas en su interior del mismo color y del mismo aspecto como si se tratara del mismo mineral.

En el límite de las rhyolitas de esta región y en el contacto casi con las andesitas violadas que forman la base del cerro, se encuentran rhyolitas rosadas que se cargan gradualmente de una materia verdosa, ya incrustada en pequeñas cavidades sin forma cristalina aparente y con aspecto semejante al ópalo, ya formando parte de los cristales de piroxena como un producto de alteración y pareciendo una clorita. Cuando se presenta llenando cavidades y en venillas ó grietas de contracción presenta poca acción sobre la luz polarizada.

Junto con estas rhyolitas que cambian de color hasta llegar á ser enteramente verdes, aparecen rocas que tienen la estructura de brechas rhyolíticas por el estado fragmentario de los cristales de primera consolidación y el aspecto de agregación del magma. En el cerro que queda enfrente de la mina de San Rafael, entre esta mina y el pueblo de Cerezo, se encuentran igualmente brechas y tobas rhyolíticas semejantes á las ya citadas, las que ocupan muy limitado espacio; son de color verde y presentan una estructura en masa en delgados bancos sobrepuestos, ó en lajas. Estas porciones ocupadas por brechas rhyolíticas y rodeadas, ya por rhyolitas, ya por andesitas, parecen ser los

restos de depósitos de tobas que han sido removidas por la avanzada erosión á que ha estado sometida la región, desgaste bien visible en otros lugares de la sierra de Pachuca, sobre material de desagregación relativamente fácil, tobas ya de naturaleza rhyolítica ó andesítica.

En el camino que conduce del pueblo de Cerezo á la Sabanilla y al Mineral del Chico, se encuentra, cruzando el camino, un dique de cerca de un metro de espesor que corta con dirección muy sinuosa á las rhyolitas que se extienden en dicha región. Este dique está formado en su mayor parte de una roca de color blanco verdoso, muy vítrea y con numerosos cristales de cuarzo profusamente diseminados y algunos pequeños cristales de sanidino, y á veces secciones de biotita alterada en clorita y epidota (fig. 6, lam. V). Su magma, micro-feldsítico, con finas granulaciones opacas, se extiende en bandas fluidales sinuosas. No hemos visto pasar este dique más allá del campo de rhyolitas, y algunos otros de menor importancia se observan también en diversas partes del camino.

En las vertientes opuestas de la sierra, enfrente del Chico, se encuentran también rhyolitas en la base de las Monjas, es decir, en contacto con las brechas andesíticas en la parte superior y con las andesitas en la parte inferior. Dichas rhyolitas son muy semejantes á las de Cerezo y abarcan menor extensión de terreno que éstas; ya son muy petrosilizosas, ya notablemente esferolíticas y son también de color rojo y rosado.

Cerca de la cima del cerro de San Cristóbal de Pachuca y enfrente del pueblo de San Bartolo, se encuentran, junto con dacitas, rhyolitas blancas compuestas de un magma feldsítico bien desarrollado que casi llega á tener la estructura de las nevaditas, abundantes cristales de cuarzo bipiramidado y numerosas pajillas de mica negra biotita. Esta roca es empleada en Pachuca como material de construcción de buena calidad á causa de su dureza y labrado fácil. Nevaditas de un aspecto enteramente análogo hemos visto en el cerro de los Cubitos, muy inmediatas, como en el cerro de San Cristóbal, á las labradoritas.

En las montañas vecinas á la hacienda de Chicavasco, región ya del grupo de montañas de los Organos de Actopan, se encuentran rhyolitas rojizas muy esferolíticas, con bandas de semiópalo.

Ya dijimos que en la región del Real del Monte son abundantes las rhyolitas en la parte alta de las montañas de aquella localidad, y son características por tener su pasta más cristalina que la de las rhyolitas antes citadas.

En efecto, cerca de la mina de Nevada, existe una roca de color blanco ligeramente verdoso, con abundantes cristales de cuarzo en un magma feldsítico bien desarrollado. Es de notar que en esta roca los cristales de feldespatos de primera consolidación no son abundantes.

Las andesitas metalíferas de este importante distrito minero así como el sistema de vetas S.-W., han sido cortadas por diques de rhyolita, de los cuales uno es bien visible cortando la veta de Escobar y dislocándola. La roca de este dique es de color blanco, semejjando en su aspecto una verdadera nevadi-

ta. En la peña del Aguila, rhyolitas de color gris traen numerosos cristales de cuarzo, sanidino, oligoclasa y laminillas de mica con penetraciones en el magma, de calcita.

En los cerros que quedan al frente del pueblo de Azoyatla, y que forman el límite del pequeño valle de ese nombre en la vertiente occidental de la sierra, se encuentran rhyolitas muy esferolíticas semejantes á algunas de las vecinas al pueblo de Cerezo. Dichas esferolitas se hallan empastadas por un magma muy cargado de cuarzo y esferolitas muy feldespáticas.

El cerro que separa el valle de Azoyatla del pequeño valle de Sta. Gertrudis, llamado cerro de Bartolomé de Medina, se halla formado, en su mayor parte, de rhyolitas relativamente vítreas, con abundantes cristales de sanidino; son rocas de color rosado como las rhyolitas de las canteras de Cerezo.

Las rhyolitas del extremo S. E. de la sierra se extienden en una grande superficie y forman, por sí solas, los altos cerros de las Navajas, de Los Ingleses y los grandes acantilados de Providencia, Peñas del Xacal y el Aguila. Son de color generalmente gris, afectan en el terreno una estructura á manera de corrientes, ó bien en lajas delgadas que les dan á veces una estructura columnar. Al microscopio se ven compuestas de un magma petrosilizoso en el cual nadan granos y finas microlitas de piroxena de color amarillo verdoso á la luz natural. En este magma, raras veces, se encuentran cristales de primera consolidación y playas pequeñas é irregulares de cuarzo y feldespato, que demuestran una enérgica reacción del magma sobre estos cristales primitivamente formados, pues, para el cuarzo se observa claramente cómo ha sido disuelto al rededor de cada playa de este mineral, dando una porción de magma más cargado de sílice, y cerca del feldespato á su vez, el magma menos silizoso y manchas de feldespato de aspecto rojizo indican una fuerte corrosión. Los cristales de feldespato conservados tienen los caracteres del sanidino.

Poco á poco estas rocas rhyolíticas, que aun á la simple vista dejan ver las bandas fluidales petrosilizosas, se van haciendo más vítreas, pierden compacidad y se convierten en tobas deleznable muy pomozas, que cubren ahora la base de los grandes acantilados y las pequeñas hondonadas; algunas veces dispuestas en capas delgadas y envolviendo grandes blocks arredondados de obsidiana de variados aspectos y matices, en los que dominan las obsidianas negras, translucientes en los bordes. Cada block de obsidiana se halla envuelto por numerosas capas, delgadas y concéntricas, de tobas y de pomez.

Esta roca vítrea ofrece, por otra parte, todas las fases de desvitrificación. Las hay enteramente vítreas, de estructura perfectamente concoidea, con abundantes cavidades y poros gaseosos, que dan á la obsidiana su hermoso lustre sedoso y semi-metálico, y otras con globulitas, longulitas y triquititas<sup>1</sup>. Las

<sup>1</sup> Para una descripción más completa de las obsidianas de esta región véase "Mem. de la Soc. Cient. A. Alzate" Tom. VI, pag. 33. E. Ordóñez. Algunas obsidianas de México.

fracturas de contracción en estas rocas les dan generalmente un viso plateado característico.

La obsidiana con triquitas y burbujas, citada por Rosenbusch en su *Microscopical Phisiography*, procede, probablemente, del cerro de las Navajas.

Según reza la tradición, y á juzgar por los vestigios que se encuentran en el cerro de las Navajas, los antiguos mexicanos tuvieron allí una activa fábrica de espejos, cuchillos y lanzas de obsidiana.

#### LABRADORITAS Y BASALTOS.

Las últimas rocas ígneas que aparecieron durante las erupciones de la sierra de Pachuca, han tenido por representantes á las labradoritas y basaltos, en corrientes muy numerosas, en general de poca extensión, y en diques de muy limitada longitud. Se encuentran los basaltos muy diseminados en dicha sierra, y en general son más abundantes en los flancos orientales. Estas erupciones se han propagado en grande escala en las regiones montañosas y llanuras inmediatas á la sierra, como ya lo hemos hecho notar al hablar de la mesa del Grande y de la barranca de Regla, en el capítulo consagrado á la Geología general de la región.

Nos proponemos ahora dar alguna idea de las rocas básicas que se abren paso á través de las andesitas metalíferas, constituyentes principales de la sierra de Pachuca, y mencionar como uno de los lugares más importantes bajo este punto de vista el cerro de San Cristóbal, enfrente de la ciudad de Pachuca, elevada montaña que se halla coronada por un pequeño casquete de labradoritas. Este afecta la forma de una V de brazos orientados, el uno casi de E.-W., el otro con dirección S.W.-N.E. y de mayor longitud. Descansa sobre rocas andesíticas muy cargadas de sílice, verdaderas dacitas, y aun en parte casi sobre rhyolitas, más ó menos alteradas en el contacto á causa de la temperatura de esta lava durante su escurrimiento, é impregnada de sílice la andesita bajo las acciones hidrotermales consiguientes á la erupción de las rocas básicas, como se demuestra, en efecto, por la presencia de la sílice en las labradoritas, ya bajo la forma de petrosílex en el magma, ya aislada bajo la forma de tridymita. Dichas labradoritas presentan en la superficie variadas coloraciones entre el negro agrisado y el rojizo, pasando de uno á otro de una manera insensible, y en cuanto á estructura y composición son notablemente semejantes.

La extensión de la corriente, sin dejar de haber sido muy pequeña y escurrir con lentitud, ha quedado muy reducida á consecuencia de la erosión sumamente activa que, por la posición de la roca coronando una montaña elevada de muy fuerte pendiente, ha facilitado el despedazamiento de la roca; además, las grietas de contracción han permitido la separación de los fragmentos diseminados en los taludes de la montaña.

Felizmente algunos trabajos mineros practicados en las faldas del cerro de San Cristóbal, han permitido apreciar la importancia de esta roca y estudiar

la diferencia que en la estructura hayan podido introducir las diferentes condiciones en que tuvo lugar el enfriamiento.

Las labradoritas de color negro agrisado de la cima del cerro que están generalmente en lajas delgadas, llevadas al campo del microscopio aparecen formadas de un magma amorfo incoloro con tendencias á la completa desvitrificación, sembrado de numerosas microlitas filiformes de piroxena, de color amarillento, y pequeñas y numerosas secciones cuadradas, ó granos irregulares de magnetita. En este magma se encuentran afectando algunas veces una estructura fluidea, numerosas microlitas igualmente filiformes de labrador, ya simples ó ya macleadas según la ley de la albita, y con extinción máxima de 30° en dos láminas hemitrópicas en la zona  $p g_1$ . Los dos tiempos de consolidación no son manifiestos sino por la presencia de la augita en cristales no muy bien desarrollados y de pequeña talla, raras secciones de hornblenda reabsorbida, y cristales de anortita de formas microlíticas, muy alargados y macleados, de extinción en  $p g_1$  de más de 50°, y extinción en la zona de simetría de más de 40°. Las labradoritas negras, como las que acabamos de describir, raras veces contienen tridymita y son rocas muy compactas. Los cristales de augita son muy frescos, con los cruceros prismáticos claros y con muy pocas inclusiones. El macle común de la piroxena (cara de unión según  $h_1$ ) se presenta algunas veces. En algunos ejemplares de estas labradoritas el mineral dominante de primera consolidación es la hornblenda en cristales en parte reabsorbidos, con núcleo central de color amarillo anaranjado á la luz natural y con dicroísmo bien marcado.

Las labradoritas de color rosado manchado de negro, de la cima del cerro de San Cristóbal, no afectan en general estructura particular en el terreno y contienen numerosas cavidades tapizadas de láminas de tridymita apiladas ó entrecruzadas, y en más raros casos de cristobalita en cristales octaédricos muy raras veces macleados. En estas geodas también se encuentran á veces laminillas muy finas de hematita y agujas probablemente de hornblenda.

Las diferencias de color con la roca gris de la misma localidad provienen de que el magma transparente está en parte manchado de amarillo sucio, y á que ésta tiene gran cantidad de augita en granos y cristalitas de color amarillo y aun amarillo rojizo un poco más intenso; el fierro es un poco más abundante. Numerosas porciones de la roca están tapizadas de tridymita, y aun en partes parece ser el único constituyente del magma de la roca; sin embargo, su procedencia como un producto de formación inmediata no puede ponerse en duda, aunque es probable que la producción de este mineral comenzó antes de la completa consolidación de la roca. La tridymita aparece formando un tapiz con secciones exagonales, ó casi circulares, debidas al contacto mutuo de las laminillas y con débil polarización.

En esta roca se encuentran á menudo nidos de piroxena en cristales agrupados, y los feldspatos de primera consolidación son escasos y generalmente corroídos.

Algunos de los cristales de feldespato de primera consolidación, apenas



distinguibles por las láminas hemitrópicas, presentan una polarización peculiar y una subdivisión en secciones semejantes á la de la tridymita, lo que da lugar á pensar en una transformación por alteración del feldespató en tridymita; pues á veces es difícil distinguir el feldespató así subdividido en secciones de forma casi exagonal, de las lagunas cubiertas de tridymita. Probablemente se trata de un caso análogo al de la andesita de augita de Grad-Jakau en Java, citado por Rosenbusch (Microsc. Phis. pág. 174), en la que la tridymita se presenta probablemente, dice, como producto de la descomposición del feldespató.

Es indudable que las labradoritas del cerro de San Cristóbal, habiéndose presentado bajo la forma de una corriente, han sufrido un enfriamiento relativamente rápido atestiguado por la pequeñez de los elementos de segunda consolidación, no trayendo aún la roca ni muchos, ni bien desarrollados elementos de una primera consolidación, dada la forma microlítica de los cristales feldespáticos. Pero en la misma roca que no alcanzó á desparramarse, por decirlo así, en la superficie, se consolidaron en un solo tiempo todos los feldespatos, siempre bajo formas alargadas microlíticas que vinieron á ser posteriormente empastados por la piroxena en el último momento de la consolidación, no quedando más que muy escaso residuo de materia intersticial en la cual se encontró una pequeña cantidad de sílice bajo la forma de tridymita. En efecto, la roca básica encontrada en un gran tramo del túnel de Prosperidad, abierto en la falda occidental de dicho cerro de San Cristóbal, revela esta modificación de una misma roca bajo diferentes condiciones de enfriamiento. La roca tiende hacia una estructura claramente ofítica, á un *hábitus* dolerítico, bien marcado; la designación de dolerita le convendría muy bien si este término lo aplicamos á un estado más avanzado de cristalinidad de las rocas del tipo común de los basaltos y labradoritas, á cuya composición química responde propiamente.

Por otra parte, la situación del túnel y el aspecto de la roca demuestran hasta la evidencia que la dolerita y la labradorita son una misma roca, evidencia que se hace absolutamente completa con la presencia de la tridymita en condiciones enteramente análogas de formación y á título siquiera sea en parte de desvitrificación de un magma relativamente ácido.

Una diferencia perceptible tanto microscópicamente como en los análisis químicos es la proporción de fierro en las rocas, pues la del túnel exhibe al microscopio grandes secciones de hematita á la vez que se ven diseminados cristales alterados de olivino que no vienen, ó son muy raros, en las labradoritas de la cima.

La proporción de sílice en estas rocas es:

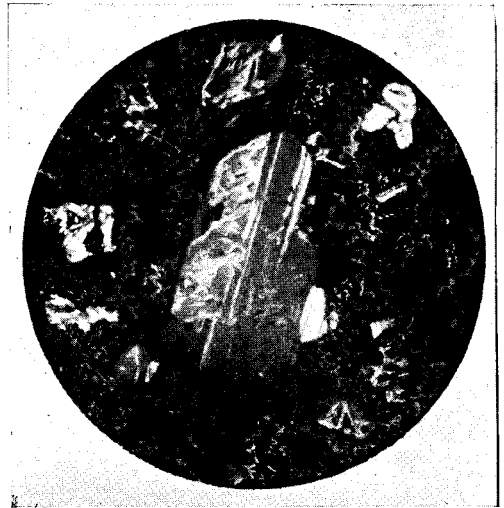
<i>Túnel de Prosperidad.</i>	<i>Cima de San Cristóbal.</i>
Sílice ..... 55.63	Sílice ..... 55.67

LAMINA VI

1



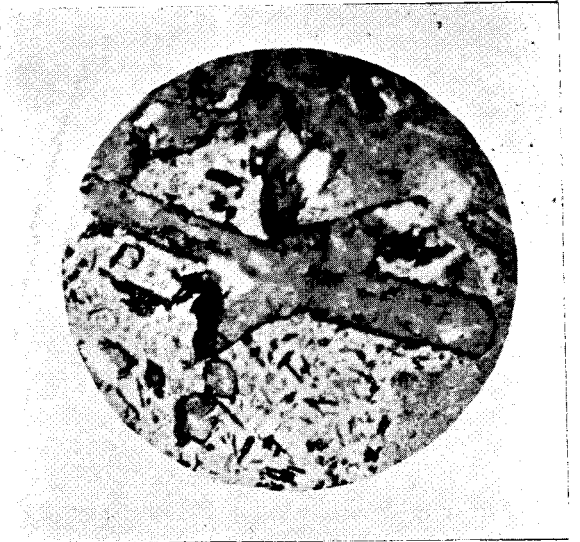
2



3



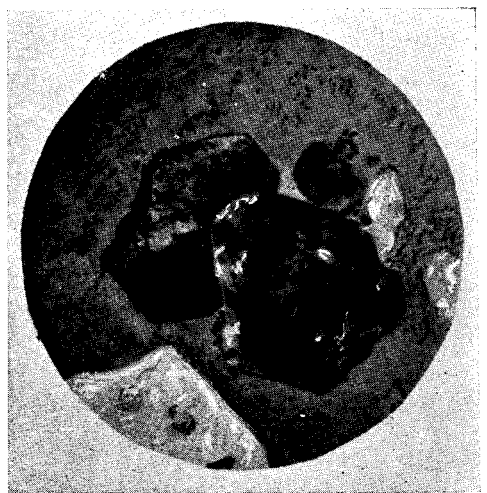
4



5



6



1

2

## LÁMINA V.

- Figura 1.*—Sección  $g_1$  de un cristal de oligoclasa.—Luz pol. nicols cruz.—12 diám.—Andesita augítica de piroxena.—Falda oriental del cerro de San Cristóbal.—Pachuca.
- Figura 2.*—Cristal de labrador.—Luz pol. nicols cruz.—15 diám.—Dacita de los Organos de Actopan.
- Figura 3.*—Cristales de andesina corroídos.—Luz pol. nicols cruz.—20 diám.—Andesita de piroxena.—Barranca del Cristo.—Pachuca,
- Figura 4.*—Cristales de augita. (Macle en cruz semejante al de la hiperstena.)—Luz nat.—15 diám.—Andesita augítica.—Acantilados frente á la mina del Pabellón.—Pachuca.
- Figura 5.*—Cristales de augita alterados y reabsorbidos.—Luz nat.—15 diám.—Andesita de augita.—Barranca del Rosario.—Pachuca.
- Figura 6.*—Secciones  $p$  de biotita alterada en clorita con inclusiones de pequeños cristales y agujas de epidota.—Luz nat.—20 diám.—Rhyolita en diques cerca del pueblo de Cerezo.