las rhyolitas holocristalinas, que tienden á demostrar que este desarrollo cristalino y aun microcristalino de algunas de ellas, procede de acciones secundarias, entre otras, de fuerzas orogénicas obrando sobre rocas de magma vítreo ó microlítico. Esta aserción puede ser para nosotros en algunos casos verdadera, porque algunas rocas consideradas aquí como holocristalinas procedentes de regiones mineras, excluyen de sus magmas la segregación esferolítica, la que se produce con más ó menos frecuencia en el acto de la desvitrificación de un magma vítreo ó en partes microlítico, durante la segunda consolidación.

Muy parecida en lo tocante al aspecto y carácter del magma de la rhyolita antes mencionada, se encuentra una roca gris rosada en las canteras de rhyolitas esferolíticas de Cerezo, cerca de Pachuca (2), con sólo la diferencia que entre las partículas sin ningún indicio de ordenación fluidal, las partículas ferruginosas no existen, habiendo en cambio finísimas y muy numerosas secciones, algunas exagonales, de una biotita de color amarillo verdoso á la luz natural, y que dan amarillo á parduzco á la luz polarizada.

Entre los fenocristales, que no son muy abundantes, domina el cuarzo desprovisto de inclusiones; en menor cantidad el sanidino en pequeños cristales con algunos regueros de poros gaseosos; la biotita en láminas de color exactamente igual á la del magma, y raros cristales corroidos de andesina.

Es de notarse en las rocas anteriormente descritas, la ausencia completa de minerales accesorios, y para de una vez diremos que llama la atención la general pobreza ó rareza de los minerales accesorios en la mayoría de las rhyolitas mexicanas, quizá más raros que en las rocas silizosas neovolcánicas extranjeras. Sin embargo, entre algunas de las rhyolitas de la Sierra de Guanajuato (8) que ofrecen, por otra parte, mucha variedad de estructura, encontramos en la cima del cerro de Chichíndaro, arriba de rhyolitas muy esferolíticas, una de color blanco y compacta, que en su magma microcristalino se encuentran algunas diminutas agujas de apatita. Este mismo mineral se encuentra en muy finas agujas como inclusiones en cristales de sanidino, los únicos fenocristales, despedazados á veces, que tiene esta roca. En cuanto á su magma, á más de ser microcristalino, contiene lagunas granofíricas de cuarzo y feldespato. Una rhyolita rosada de Guadalcázar (S. L. P.) es tan semejante en el aspecto del magma á la roca de Chichíndaro, que sería ocioso repetir la descripción.

Rhyolitas de magma micro y criptocristalino.

Si el grado de cristalinidad del magma de las rhyolitas es el que nos viene sirviendo de base en nuestra descripción, es oportuno colocar á continuación aquellas rocas en cuyo magma no sólo existen partes bien cristalizadas y por lo tanto semejantes á las anteriores, sino también partes muy finas que muestran débil doble refracción y contornos vagos, lo que hace muy difícil precisar con claridad los individuos cristalinos que las forman. Un magma con

esa estructura se le designa como magma criptocristalino, el que no está exento de una pequeña cantidad de materia amorfa. Hay lugar igualmente aquí de indicar, que por regla general, el magma criptocristalino pasa, por insensible gradación, á una pasta de mucho más débil acción á la luz polarizada, y constituída, según la define Rosenbusch, de una substancia aparentemente isotrópica, pero en parte compuesta de partículas muy pequeñas alumbradas, más visibles cuando afectan las formas radiantes de las esferolitas. A este magma designado frecuentemente como *microfelsita*, término que hemos usado nosotros algunas veces, es conocido también por los autores franceses con el nombre de magma petrosilizoso.[1] Sobre su verdadera naturaleza y estructura hay en verdad diferencia de opiniones; algunos lo consideran como una pasta en parte amorfa con sílice individualizada (M. Levy). Para Rosenbusch[2] es una masa que tiene individualidad, es decir, un compuesto químico definido.

Nos permitimos aquí disentir de tan autorizadas opiniones y corroborar las hipótesis consignadas por Brögger y Teall[3] que han sido aceptadas por petrógrafos americanos como Iddings[4] y Cross,[5] para quienes la base llamada microfelsita no es más que un crecimiento simultáneo (intergrowth) submicroscópico de cuarzo y feldespato. Todos convienen en que esta masa suministra los elementos de las esferolitas, pues que es en su seno donde toman generalmente nacimiento, y aunque en las muy pequeñas segregaciones esféricas no es posible precisar su verdadera naturaleza, en las de mayores dimensiones ó en aquellas que han sufrido particulares modificaciones, alcanzan un grado mayor de desarrollo individual, y por eso más clara su estructura. Se puede reconocer entonces que hay de hecho frecuentemente la asociación de dos minerales principales: la sílice individualizada y el feldespato, cristalizados simultáneamente en muy variadas formas que han sido ya dadas á conocer, especialmente por Iddings.

Cuando se tiene á la vista un vasto material en donde percibir las varias y numerosas transiciones y observar los distintos grados de perfección en esta peculiar estructura, no hay lugar á vacilar en que la pasta que provee el material de las esferolitas y que llaman microfelsita, es una mezcla submicroscópica de cuarzo y feldespato en la que nunca falta un residuo de materia amorfa. Si bien es cierto que en esta masa no es posible distinguir con sus caracteres precisos cada uno de estos elementos, es simplemente por cuestión de pequeñez; y aún iríamos más lejos, suponiendo que es por efecto de las formas cristalinas que ellos toman de ordinario, pues que no dan secciones alargadas perceptibles como las que toman otros minerales en microlitas. El

1 M. Levy.—Estructures et clasification des roches éruptives, 1889.
2 Rosenbusch.—Mikroscopische Physiographie, etc.
3 Teall.—British Petrography, 1888.
4 J. P. Iddings.—Spherulitic crystalization.—Phil. Soc. of Washington, Vol. XI, 1891.
5 Wh. Cross.—Constitution and origin of spherulites.—Phil. Soc. of Washington, Vol. XI, 1891.

cuarzo microscópico se aparta poco de secciones circulares, el sanidino en microlitas da formas que se aproximan á cuadrados; y por qué no pensar que en sumo grado de pequeñez estos minerales vengan en formas irreconocibles segregados del seno de una pasta amorfa? Esta pasta, siempre cargada de impurezas en fina división, ponen obstáculos grandes al crecimiento individual de las partículas cristalizadas, á lo que contribuye también la no absoluta homogeneidad del magma que todos reconocen. Que condiciones particulares de este magma determinen un centro de cristalización como los que hacen nacer las esferolitas, y se verá que las partículas se interponen con alguna regularidad entre las partes cristalinas ó que repelidas en ciertas direcciones permiten que las dichas partes se asocien, dando individuos cristalinos mejor reconocibles, como en las esferolitas porosas ó como en las litofisas.

¿Qué puede ilustrar mejor la composición de un magma rhyolítico cuando está sobrecargado de sílice, que ciertas variedades de la estructura micropoikilítica?

Considerando desde luego las rhyolitas con magma holocristalino y con partes de magma criptocristalino, notaremos que tienen muy poco desarrollada la estructura fluidal y que son raras ó no existen las esferolitas.

Entre los buenos ejemplos mencionaremos una roca del cerro de Chichíndaro (8) relacionada con las rhyolitas casi holocristalinas que ya hemos citado antes y que vienen cerca de las rhyolitas esferolíticas que son allí las dominantes. Al microscopio y á la luz natural, el magma incoloro ó con partes ligeramente coloridas en amarillo, muestra finas puntuaciones opacas de óxido de fierro, secciones cuadradas de magnetita y raras microlitas aciculares de color parduzco y opacas. A la luz polarizada se ve que el magma en partes es un confuso agregado criptocristalino pero tiene también porciones de magma cristalino en el que es posible definir las secciones de cuarzo y feldespato que lo integran. Los espacios no ocupados por este magma están cubiertos por una pasta más obscura que viene realmente llenando los intersticios, y por gran cantidad de cuarzo secundario en secciones muy irregulares. En su origen esta roca parece haber retenido el producto de aguas de impregnación, que sólo tuvieron acceso en las partes menos compactas de su masa. Entre los elementos primarios domina el cuarzo, desprovisto de inclusiones, y de bordes corroídos; en menor cantidad el sanidino también límpido, y raros fragmentos de una plagioclasa.

Un magma semejante, aunque más uniforme, nos da una rhyolita gris clara de cerca de la mina de Cabrera, en la región de Real del Monte (2), cuyo color claro proviene de la ausencia de granulaciones opacas coloridas, viéndose sólo á la luz natural, granulaciones grises sin indicios de fluidalidad y finas laminitas de mica de color verde claro.

El cuarzo de primera consolidación es abundante y en secciones arredondeadas y corroídas, algunas de las cuales muestran regueros de cavidades gaseosas y un pequeño cristal que parece de apatita. Alrededor de una sección de cuarzo con penetraciones de magma en su interior, se ha formado una au-

réola de muy finas fibras radiantes y también partes de cristales macleados probablemente de sanidino, con cuarzo interpuesto. El sanidino poco abundante viene en secciones muy límpidas y parecidas á las de cuarzo en su tono gris de polarización, pero á veces en buenos macles de Carlsbad; por último, láminas de biotita de fuerte dicroismo completan la composición de la roca.

Un magma más criptocristalino pero sin ningún desarrollo esferolítico muestra una rhyolita del cerro del Nayal, cerca de Guanajuato (8), de color amarillo claro y con numerosas secciones de cuarzo y feldespato enclavadas. La opacita es muy abundante por la avanzada descomposición del feldespato de primera consolidación, pues cada sección de sanidino y algunas de plagioclasa, presentan en sus bordes una zona ancha turbia. La particularidad de esta roca consiste en la reacción muy fuerte del magma sobre los cristales de cuarzo, por esto desmembrados en sus bordes. Estos cristales de cuarzo tienen muchos poros de gas é inclusiones vítreas de forma cuadrada con burbujas de gas en su interior. A más de estos poros, se encuentran en las playas de cuarzo, inclusiones líquidas con burbuja móvil, lo que es raro en las rhyolitas. En muchas de las rhyolitas del paralelo 40, descritas por Zirkel,[1] el cuarzo primario ha mostrado con relativa abundancia las inclusiones vítreas y aun los poros de gas, pero las inclusiones líquidas y con burbuja móvil son tan raras, que sólo dos ejemplos muestra el autor aludido, únicos entre un vasto material; y para uno de ellos pone en duda la legitimidad del cuarzo como constituyente propio de la roca, suponiendo que este cuarzo esté sólo enclavado en la masa con fragmentos de otras rocas que también existen. El otro ejemplo, el de la roca de Hantz Peak en Elkhead Mountains, se aparta también un poco de la composición normal de las rhyolitas que él describe. Desde el estudio de Zirkel á la fecha, los ejemplos de cuarzo con inclusiones líquidas en las rhyolitas, han aumentado considerablemente, aunque el número de casos observados no sea tan grande para suponer que tales inclusiones son comunes en el cuarzo de estas rocas. Entre las rhyolitas mexicanas veremos adelante que se encuentran las inclusiones líquidas en cuarzos de algunas rhyolitas esferolíticas.

La rhyolita gris del río de Cardones, cerca de Guanajuato, es menos criptocristalina que la del Nayal; domina en ella el magma amorfo con numerosas partículas de cuarzo y feldespato y no manifiesta ni tendencias á la forma esferolítica; también el feldespato y el cuarzo en grandes partes granofíricas son menos abundantes que en las rocas anteriores; pero en cambio, los fenocristales son más numerosos; el cuarzo límpido sólo contiene algunos regueros de poros de gas, el sanidino viene en cristales pequeños, desgraciadamente alterados y con grietas rellenadas de kaolinita y sericita; la biotita es rara y alterada y el fierro negro sólo muy accidentalmente se encuentra en el magma. Como un hallazgo notable citaremos algunos cristales de apatita en el magma que, aunque muy pequeños, se ven en la forma de prismas con sus

1. Zirkel.—Microscop. Petrography.—Geol. Exp. 40th. Parallel.—V. 1876, págs. 197 y 201.

terminaciones piramidales características; el dicroismo relativamente sensible. Los cristalitos contienen en su medio muchas inclusiones vítreas.

Aquí cabe mencionar por su semejanza con la ya descrita, una rhyolita de Sultepec (7), de color gris claro, salpicada de cristales grises de cuarzo con sus formas piramidales y cristales de sanidino y pirita.

Rhyolitas de color blanco ó gris claro con muchos cristales de cuarzo primario, procedentes de la mina de Nevada, en Real del Monte, traen en el magma, parecido al anterior, pequeños cristales de jergón.

Rhyolitas grises claras procedentes de Curucupaceo (13), en el Estado de Michoacán, tienen un magma muy semejante, y en ellas el feldespato predomina sobre el cuarzo en los cristales primarios, siendo principalmente el sanidino en macles de Carlsbad, alterado en sericita en las grietas; hay también una oligoclasa en cristales en zonas de crecimiento con pequeñas diferencias en el ángulo de extinción. Unos y otros feldespatos tienen inclusiones vítreas á veces. Las pocas secciones de cuarzo están corroídas por el magma, dando algunas veces un tapiz de cuarzo granudo al rededor de las secciones. La biotita es escasa y alterada. En el magma de estas rocas se observa á veces una curiosa división en glóbulos esféricos al parecer producidos por la contracción del magma durante el enfriamiento. Estos glóbulos se ven aislados y no dan aspecto diferente de el del magma. Suele verse una corona al rededor de estos glóbulos, cubierta por cuarzo, y en el interior, coronas concéntricas del mismo cuarzo alternando con partes del magma.

Secciones de contornos irregulares pero que recuerdan secciones de cristales, se ven actualmente rellenadas por una materia que su color é indicios de crucero recuerda á la calcita, y dentro de ella y desparramados, granos y cristales de piroxena de fuerte relieve y vivos colores de polarización. Es probable que estas secciones fueron originalmente de mica ó de algún otro mineral ferromagnésico. Cerca de estas secciones hay cristales de apatita.

En las rocas de Curucupaceo no escasean lagunas, ya de producción primordial y otras probablemente secundarias, formadas las unas de granos de feldespato y cuarzo granofírico, y las otras de cuarzo alotrimorfo.

La mezcla de magmas microcristalino-granular hipidiomórfico y cripto ó microcriptocristalino, con ó sin estructura de escurrimiento, es muy frecuente en las rhyolitas esferolíticas. Mr. J. P. Iddings cita esta estructura en su excelente capítulo sobre las rhyolitas de Yellownstone Park,[1] cuyas descripciones convienen casi exactamente á veces con las que podríamos dar de algunas de nuestras rhyolitas.

En unos casos considera dicho autor aquella primera forma de estructura como primaria, es decir, como una cristalización producida durante la final consolidación de esas rocas, y en otras supone que tal agregado es de origen secundario, que, á decir verdad, no es allí el caso más frecuente, porque esas rhyolitas están muy poco alteradas.

1 Iddings.—Geology of the Yellowstone Nat. Park. Monog. XXXII, 1899. U. S. Geol. Surv

Una mezcla bien uniforme de magma obscuro á la luz polarizada, con partículas bien alumbradas y magma micro-criptocristalino, nos suministra ejemplares procedentes de las Cumbres de Barranca Grande, cerca del mineral de San José de Gracia en Sinaloa (18). Son estas rocas de color blanco rosado con pasta de aspecto litoídico pero con numerosos cristales de cuarzo y feldespato, unos de plagioclasa y otros de sanidino, difíciles de reconocer por su alteración muy avanzada. El magma con pocas granulaciones y algo manchado por óxidos de fierro, producto de la descomposición de un mineral ferromagnésico, está constituído de una masa microcristalina de pequeñas secciones ó playitas de cuarzo y feldespato y partes también cristalinas pero de contornos indefinidos. Lagunas de materia amorfa y granos alumbrados llenan los huecos y aparecen como un residuo de última consolidación.

Muchas de las secciones de cuarzo primario de esta roca ofrecen regueros de cavidades é inclusiones líquidas con burbujas movibles.

Esferolitas.

Vamos á entrar ahora á la descripción del grupo más numeroso, importante y sugestivo de rhyolitas propiamente dichas, que son aquellas en las que en un magma microcristalino, criptocristalino y microlítico tal como lo acabamos de definir, ó vítreo, los tres primeros, como estados distintos y aun sucesivos de crecimiento simultáneo de cuarzo y feldespato, se han segregado estos mismos minerales con cierta ordenación, que por la forma de su conjunto, en muchos casos esférica y con estructura interior radiante y concéntrica, se ha convenido en llamar esferolítica. La estructura de estos individuos y el estudio de su modo de formación, han dado materia para muchas descripciones y aun para discusiones que han nacido de la dificultad que se ha tenido para determinar la verdadera naturaleza de los elementos cristalinos que entran en la constitución de dichas esferolitas, elementos muchas veces no discernibles ni á los más fuertes aumentos.

Sin entrar nosotros en el terreno de la discusión, ni en la precisa definición de las esferolitas, que tanto han ilustrado los hermosos estudios de Iddings, de Cross, Rosenbusch y otros, diremos que en el excelente material de que disponemos, encontramos una gran variedad, no sólo de formas que muchas distan bastante de tener la forma esférica, sino también de estructura, y desde este punto de vista iguales ó muy semejantes á las que ha estudiado con detalle Iddings, del Yellowstone Park en los Estados Unidos.[1] En vista de dicho material, nos parece que hay pruebas suficientes para considerar tales formas radiantes como una cristalización simultánea de cuarzo y feldespato, que responde, como dicen Teall[2] y Broger, á la composición de la micropegmatita, hacia la que, como veremos, presenta las más finas gradaciones, re-

1 Iddings, op. cit.
2 Teall.—British Petrography, London, 1898.

vistiendo en sus pasos formas que por ser tan variadas como caprichosas llaman inmediatamente la atención en el campo del microscopio. Hay ciertamente en muchos casos agrupaciones esféricas de un solo mineral, como de feldespato, que hemos visto en algunas obsidianas desvitrificadas y en otras lavas rhyolíticas y que Rosenbusch designa con el nombre de esfero-cristales, pero es indudable que aun en ciertas esferolitas, como es muy frecuente, que no muestran por su pequeñez las partículas, una forma aparente cristalina definida, son también constituídas de un crecimiento simultáneo de cuarzo y feldespato (intergrowth).

Así consideradas las esferolitas, podemos distinguir tres tipos principales, en los que quedan comprendidas casi todas las variedades observadas por nosotros, á saber:

a. Esferolitas compactas generalmente pequeñas, radialmente fibrosas, cuyas fibras se ven á veces muy claras en la luz incidente. A la luz polarizada dan la cruz negra de brazos paralelos á los planos principales de los nicols; la forma individual de las partículas cristalinas de las fibras no es determinable.

b. Esferolitas constituídas de manojos de fibras radiantes con cruz negra incompleta y de brazos oblicuos. Frecuentemente se ven zonas concéntricas. Las esferolitas son de grandes dimensiones y no siempre radian de un centro. Afectan á veces la forma de husos, pinceles ó plumas. En parte de ellas se pueden distinguir las agujas de feldespato, y cuarzo entretejido.

c. Esferolitas compuestas de fibras ramificadas hechas de cristales muy pequeños de feldespato, entre los cuales hay escamas de tridymita, cavidades de gas y cuñitas de cuarzo.

Después siguen las esferolitas muy porosas ó las litofisas y las otras formas de crecimiento simultáneo ya más próximas á la forma perfecta micropegmatítica.

Análisis químicos cuidadosos han demostrado la semejante composición del magma amorfo de las rhyolitas, de la materia micro y criptocristalina y de las esferolitas; también se demuestra en las láminas, que las esferolitas se han formado en muchos casos al finalizar la consolidación del magma, pues han nacido cuando ya ha cesado de escurrir y por lo tanto en estado viscoso. Pero para la formación de la esferolita se ha necesitado de suficiente movilidad de las partículas para determinar su ordenación, movilidad que no ha tenido en todas sus partes el magma. Iddings[1] da una explicación muy plausible de la formación de las esferolitas, suponiendo que son el resultado de la acción del vapor de agua absorbido por un magma silizoso, que desde el momento en que dicha agua no entra en la composición de los minerales resultantes, su acción viene á ser casi exclusivamente física. El vapor de agua, según se demuestra, hace descender el punto de solidificación de los magmas, determinando en las partes de dicho magma cargadas de vapor y

1 J. P. Iddings.—Spherulitic Crystalization.—Phil. Soc. of Washington, Vol. XI, 1891.

á una temperatura dada, una mayor fluidez de esa parte que en el resto de la masa, permitiendo así la ordenación de las moléculas para dar un espacio más cristalino que el resto de la masa y producir también la ordenación de las partículas cristalinas.

Para dar á nuestra descripción una forma sistemática, debemos aquí de comenzar por aquellas rhyolitas propiamente dichas que presentan esferolitas en su forma más simple, que más bien afectan por su pequeñez y poca regularidad de sus contornos, la forma de rosetas, las que se tocan á veces mútuamente formando propiamente un magma microesferolítico. (Fig. 1, lám. VI). Este contacto mutuo es el que origina en la mayor parte de los casos su contorno irregular. De nuestros buenos ejemplares de rhyolitas con fino magma esferolítico, citaremos desde luego, las de la bajada al río Chico en el camino de Durango á Mazatlán, la roca del cerro de las Navajas á 20 leguas al S.W. de la ciudad de Durango (17) sobre la Sierra Madre occidental. Tienen un color gris rosado y son compactas, no dejando ver á la simple vista su carácter esferolítico que en el microscopio se descubre á la luz polarizada. A la luz natural puede observarse la estructura radial y muy finamente fibrosa de cada esferolita en un campo limpio, ó con escasas partículas opacas en regueros orientados según las fibras, á veces sólo se ven en los bordes de cada glóbulo esferolítico. A la luz polarizada, cada roseta muestra la cruz negra de brazos orientados según los planos principales de los nicols y teniendo cada brazo una penumbra en sector de círculo. Los sectores alumbrados dan un tinte uniforme de débil doble refracción. Aunque el carácter fibroso se conserva en los nicols cruzados, las fibras son tan finas que no es posible individualizarlas ni con muy fuertes aumentos. Espacios sin acción sobre la luz polarizada separan á grupos de esférulos, pareciendo por eso que tales espacios están cubiertos por materia amorfa en donde se aglomeran en mayor cantidad las partículas ferruginosas.

Algunas cavidades que quedaron vacías entre las esferolitas han sido llenadas por cuarzo alotrimorfo, en grandes y pequeñas playas con pequeños poros gaseosos. En el magma amorfo se encuentran con relativa abundancia agujitas y granos de color verde, que suponemos son de augita, desparramadas juntamente con las granulaciones triquíticas de óxido de fierro y pocos cristales de magnetita.

Aglomeraciones de esferolitas enteramente semejantes á las anteriores forman parte del magma de las rhyolitas de la Sierra de la Yesca (15) en el Territorio de Tepic, también sobre la Sierra Madre occidental. El carácter fibroso á la luz natural es muy claro y las partículas opacas se encuentran en los bordes de las esferolitas ó en los espacios entre ellas donde domina una materia amorfa y microcriptocristalina. Esta materia amorfa porlariza débilmente la luz y tiende á formar glóbulos ó esferoides como en los vidrios en tensión. En estas rocas es poco sensible la estructura fluidal y poco numerosos los cristales primarios de feldespato, que no se pueden determinar por su alteración avanzada. Otras partes del magma sin triquitas pero con

numerosos granos opacos, muestran la estructura criptocristalina en donde se dejan reconocer aquí y allá, playitas de cuarzo alotrimorfo y también agregación microlítica en forma radiante, de cuarzo y feldespato.

En muchas de las rosetas de que hablamos, los radios de la cruz negra son correspondientes á los planos principales de los nicols, pero hay algunos casos en que estas líneas de extinción no corresponden exactamente con aquellos planos, sino que son ligeramente oblicuas, lo que es debido seguramente, como en esferolitas más discernibles, á la diferente orientación de las fibras componentes de feldespato y de cuarzo.

En muchos otros lugares de la Sierra Madre occidental se encuentran rhyolitas con esta forma de agrupación radial, con caracteres iguales en todas sus partes, de modo que no es preciso hacer de ellas otra descripción. Trataremos ahora de aquellas rhyolitas que llevan cuerpos esferolíticos un poco más discernibles, es decir, que los elementos cristalinos de cuarzo y feldespato que los constituyen, sobre todo este último, están mejor individualizados.

De este segundo tipo de esferolitas citaremos las de las rhyolitas de los cerros próximos á Acámbaro (13), de color gris manchado de rojo; contienen muchos fenocristales de cuarzo y sanidino. Las esferolitas son opacas y formadas de haces de fibras alternativamente alumbradas y obscurecidas. Hay granos opacos formando triquitas que irradian como las fibras. Los manojos de fibras de estas esferolitas muestran la curiosa disposición de conos empotrados que indican que hubo varios puntos donde comenzó la cristalización. Se puede probar en muchos casos que las fibras individualmente son cónicas y puede explicarse su desarrollo de manera análoga á la sugerida por G. A. J. Cole.[1] Algunas veces las fibras cuando son vistas con fuertes aumentos, se pueden resolver en cristalitos aciculares de feldespato, seguramente de sanidino con extinción longitudinal. Partes de estas fibras ó de los manojos muestran tintes claros é intensos de polarización, suponiendo por este carácter la presencia del cuarzo. Las esferolitas generalmente agrupadas, están contenidas en un magma amorfo con partículas alumbradas pequeñas de cuarzo y feldespato y finas granulaciones en ordenación fluidal. Los cristales primarios de cuarzo son límpidos con corrosiones en su interior llenas de materia esferolítica; el sanidino viene en excelentes cristales con macles de Carlsbad, alargados según la clinodiagonal. La biotita ó mica ferrífera viene también en pequeñas laminitas.

Con este mismo aspecto se presentan las esferolitas que forman la casi totalidad de las rhyolitas del cerro de Chichíndaro, en Guanajuato. Llevan en su masa numerosas agujas triquíticas radiantes y penachos de materia ferruginosa. Estas rhyolitas tienen pocos fenocristales.

El análisis de una roca de esta localidad dió:

1 G. A. J. Cole.—On some examples of cone in cone structure. Geol. Mag. Vol. X, nº 46.

SiO^2	71.00
Al^2O^3	12.48
Fe^2O^3	3.48
K^2O	3.23
Na^2O	3.42

Casi la misma descripción le conviene á la rhyolita de cerca de la cascada de San Diego, en el Mineral del Chico (2), con sus esferolitas opacas por aglomeración de finas puntuaciones y con triquitas radiantes de materia ferruginosa. Las granulaciones se acumulan en capas concéntricas, dando á veces una serie de anillos alternativamente opacos y alumbrados á la luz polarizada. El magma de esta roca es más cristalino y con menos impurezas, pues se ve muy claro é incoloro á la luz natural, en el que se notan fácilmente las secciones opacas de las esferolitas (lám. VI, fig. 2). Lo único que sobresale en el magma son algunas triquitas con la forma de simples barritas negras. El cuarzo como el sanidino de esta roca contienen hileras de finas cavidades; se ven muy corroídos por el magma y están cruzadas las secciones por grietas llenas de cuarzo que también atraviesa en venillas al magma. Estas grietas á veces son muy anchas y aislan á partes de la roca.

Un excelente ejemplar de la Sierra de la Parida (15), entre los límites del Estado de Zacatecas y Territorio de Tepic (15), deja ver el mismo tipo de esferolitas de la roca anterior, es decir, resolubles en haces de fibras con extinción irregular; rosarios radiantes de triquitas separan los manojos fibrosos de estas esferolitas, las que están en un magma amorfo con finas partículas alumbradas. La roca contiene diseminados numerosos cristalitos de primera consolidación, entre los cuales domina el sanidino en pedazos de cristales con el gemelo de Carlsbad, límpidos y desprovistos de inclusiones; después en cantidad sigue el cuarzo, y por último, una plagioclasa en macles sucesivos que muestran el ángulo de extinción pequeño de la andesina. El despedazamiento de estos cristales le dan á la roca el aspecto de una brecha. Como mineral accesorio, citaremos algunas secciones de hornblenda ferrífera reabsorbida que sirve á veces de núcleo á los grupos de esferolitas.

Es muy común en algunas rhyolitas, que las esferolitas finamente fibrosas sólo sean visibles á la luz polarizada y que á la luz natural se observe la estructura fluidal de la roca indicada por hileras de partículas y triquitas, que pasan á través de los glóbulos esferolíticos sin modificarse en nada las bandas de fluidalidad. Una rhyolita roja litoidica de la Sierra Pinta, en el Distrito del Altar, en Sonora (22), muestra este doble aspecto de magma esferolítico y estructura fluidal; y presenta el caso muy instructivo de una muy lenta transición de las esferolitas al magma microlítico ó criptocristalino, es decir, que en parte el contorno de las esferolitas no es marcado. Así por ejemplo; cada esferolita al partir del centro, está formada de manojos apretados de fibras que se van subdividiendo poco á poco hacia la periferia como si tendiesen á aislarse unas de otras las fibras, dejando espacios llenos de materia

amorfa. Más lejos del centro, el carácter fibroso es menos marcado, la longitud de las fibras es menor hasta llegar á confundirse en tamaño con las partículas pequeñísimas alumbradas contenidas en la pasta amorfa, demostrándose así la igualdad de naturaleza del magma de las rhyolitas y de la materia esferolítica. Esta roca tiene cristalitos primarios de sanidino diseminados ó agrupados, dejando entre sí espacios ocupados por una masa finamente granuda de cuarzo y feldespato.

En la región rhyolítica del Tejocote, cerca de Huayacocotla (6), en el Cantón de Chicontepec (Veracruz), hay rocas con magma constituído en su mayor parte de finas esferolitas con cruz negra bien orientada. Las fibras muy finas son reconocibles á la luz natural; también se ven partículas y triquitas ordenadas fluidalmente pasando por encima de las esferolitas. No escasean aquí los glóbulos de vidrio que polarizan por tensión.

Pocas rocas rhyolíticas mexicanas nos dan un estado esferolítico tan bien desarrollado como el de algunas rocas de Azoyatla, al S. del Mineral de Pachuca, no lejos de las Navajas (1). Son rocas macizas, de color rosado muy claro y muy frescas. El magma no es más que una agregación de esferolitas circulares de límites muy marcados, pues según sus contornos tuvo lugar una división de la masa por contracción que mucho se asemeja á una división perlítica; las grietas están tapizadas de la característica asociación de cuarzo y feldespato, con materia amorfa escasa.

A la luz natural las esferolitas dan un campo limpio, en el que destacan triquitas radiantes ferruginosas que representamos en la fig. 3, lám. VI, únicas que coloran á la roca casi desprovista de otras granulaciones opacas. Con fuertes aumentos, y mejor con la luz convergente, se puede apreciar con suma claridad la estructura fibrosa de cada esferolita y en partes muy finamente granular y no radiante, como sucede regularmente en el centro de cada glóbulo. A la luz polarizada se muestran un poco diferentes de las esferolitas antes descritas. En efecto, la mayor parte se resuelven en manojos de fibras obscuras y alumbradas, tendiendo á dar una cruz negra con brazos ligeramente oblicuos á la orientación de los planos principales de los nicols; las partes alumbradas dan porciones de débil doble refracción y partes fuertemente alumbradas que corresponden á las regiones finamente granulosas que se ven á la luz natural y que parecen formadas de partículas sumamente pequeñas de cuarzo. En las partes radiantes ó en los manojos de fibras, el feldespato es el que domina. El cuarzo granular es muy fácil de identificarlo porque en el corazón de los glóbulos se ven en mayores dimensiones las playitas de cuarzo granudo, las que disminuyen poco á poco en tamaño hacia la periferia hasta formar el tapiz fino y bien alumbrado de que acabamos de hablar. El mismo fenómeno se observa en el borde de algunas esferolitas, en donde claramente se observa el paso de las porciones granudas finas de las esferolitas á playas grandes de cuarzo, en las que se puede hacer una exacta determinación de su naturaleza. Otras veces el cuarzo granudo de los bordes de las esferolitas, adquiere en el magma la característica estructura *micropoi-*

kilítica[1] llevada á la más grande pequeñez á que es posible observarla. Tal cemento, que podemos considerar interesferolítico, es igual y se presenta á veces en condiciones análogas al ya descrito por Iddings en la página 421 de su último trabajo sobre las rhyolitas del Yellowstone Park.[2]

Los elementos porfiríticos de estas rhyolitas esferolíticas son principalmente el sanidino, en sus formas comunes macleadas; playas muy limpias de cuarzo corroído y una plagioclasa del tipo de las andesinas, que accidentalmente se encuentra. Muy notable es en esta roca una sección grande de cuarzo idiomórfico que cristalizó simultáneamente con una plagioclasa en la forma micrográfica. Las partes de uno y otro mineral se distinguen claramente; el cuarzo por su limpidez y la plagioclasa porque muestra los macles sucesivos. Contienen éstos, pequeñas partículas opacas incluídas y diminutos glóbulos gaseosos. Accesoriamente se encuentran en esta roca, láminas de biotita, alterada en productos ferruginosos en el borde de las secciones.

Esta descripción podría aplicarse á otras rhyolitas con una estructura esferolítica muy semejante; por ejemplo, para una roca de las márgenes del río de Santiago, cerca del Paso de los Bueyes, en el Territorio de Tepic (15), que se resuelve al microscopio, como la anterior, en un magma esferolítico muy cargado de partículas opacas y triquitas radiantes que constrastan con partes muy limpias interesferolíticas, constituídas de cuarzo micropoikilítico en un magma criptocristalino. Las esferolitas no son circulares, sino que afectan de ordinario la forma de plumas y se aislan claramente del magma por una zona límpida desprovista de granulaciones. En este caso las esferolitas son de contornos más irregulares, con formas pedunculadas parecidas á las de la liparita de Kremnizcka figuradas por Rosenbusch.[3] Lám. VI, fig. 4.

A despecho de la poca luz que puede pasar á causa de las impurezas, á través de las esferolitas, se pueden observar los manojos de fibras de feldespato débilmente polarizados y las partes granudas finas de cuarzo que se ven con mayor claridad en los bordes, en los intersticios en las esferolitas, ó en lagunas en el campo criptocristalino.

El cuarzo de primera consolidación abunda, muy corroido y desprovisto de inclusiones, el sanidino y á veces la plagioclasa están muy alterados, dando como productos de la descomposición, la kaolinita, la calcita y la epidota desarrollada en agujas prismáticas agrupadas en rosetas, con sus vivos colores de polarización. Las mismas agujas microscópicas se encuentran diseminadas en el magma así como en el interior de secciones de una biotita de fuerte dicroismo. La apatita se encuentra en pequeñas agujas en el magma.

Las rhyolitas de esta región del río de Santiago son muy interesantes porque se prestan á un estudio muy completo de la estructura esferolítica. Las

1 Una descripción sucinta de esta estructura se encontrará más adelante.

2 J. P. Iddings.—Geology of the Yellowstone Nat. Park.—Monog. XXXII. U. S. Geol. Survey.

3 Mikroscopische Physiographie, etc. Stuttgart, 1896.

mismas preparaciones suelen mostrar los tres aspectos muy característicos representados en las figuras 5 y 6 de la lám. VI y fig. 1 de la lám. VII.

Las esferolitas de la figura 5 están al rededor de un fragmento de feldespato cortado por la superficie de la preparación en la orientación casi del braquipinacoide, con extinción vecina de la andesina. Estas esferolitas retienen en su masa gran cantidad de partículas coloridas, lo mismo que el magma que las rodea. Tienen también triquitas radiantes. En los nicols cruzados estas esferolitas están formadas de manojos de fibras alternativamente alumbradas y obscuras sin corresponder exactamente su extinción á la forma de la cruz de brazos orientados. El magma que rodea á estas esferolitas es también fibroso y radiante pero sin forma definida de contornos. Está compuesto de grupos de fibras de feldespato con intercalaciones de granitos de cuarzo en agregación alotrimorfa.

Este magma puede dar, como en la figura 6, esferolitas francas, excéntricas, en forma de abanicos, con manchas muy alumbradas formadas de granitos de cuarzo aglomerados. Las esferolitas se dividen en conchas ó capas concéntricas separadas por fajitas angostas obscuras como si fueran de materia amorfa. Por último, la figura 1, lámina VII, muestra penachos radiantes en forma de pincel, constituídos de fibras de feldespato con intercalaciones de cuñitas de cuarzo. Estas tres variedades de esferolitas no parecen haberse formado en el mismo tiempo, pues los penachos de la figura 1 son restos de grandes esferolitas á expensas de las cuales se ha formado el tapiz fibroso y micropoikilítico que las rodea. En fin; la esferolita, adherida al fragmento de plagioclasa, parece ser la de última formación.

En las preparaciones microscópicas que nos han servido para presentar estos variados aspectos de esferolitas, persisten las alteraciones citadas antes, y que han dado lugar á la formación de la epidota y de la materia opaca en el interior de los cristales de feldespato.

Muy diferentes de los anteriores son los cuerpos esferolíticos que se encuentran en algunas rhyolitas, especialmente de las Sierras de Villanueva y de Jerez (14), pues que en lugar de mostrar su carácter fibroso fino, y formados de cuarzo y feldespato, aparecen constituídos de simples aglomeraciones radiantes de cristales microlíticos de feldespato, pudiendo á veces reconocer la forma cristalina individual de dichas microlitas. Así, vemos la asociación de los individuos macleados según la ley de Carlsbad ó cristales simples, alargados según la cara clinodiagonal con extinción paralela á su alargamiento. Partículas opacas y algunas triquitas se ordenan también radialmente. Algunas esferolitas tienen en su interior grandes playas de cuarzo, probablemente secundario. Estas esferolitas están rodeadas de materia amorfa con huellas de escurrimiento, en cuya masa se ven también esferolitas pequeñas finamente radiantes y de cruz negra del tipo de las primeras que hemos descrito. Mientras que las esferolitas de feldespato (felso–esferolitas) están rodeadas de una auréola de granulaciones que indica que dicho magma fluidal las envuelve y las contornea, en las esferolitas de cruz negra el magma pasa sobre ellas sin

modificar su orientación, pues se ven á la luz natural las hileras de triquitas opacas sobre las esferolitas pequeñas aglomeradas, mostrando que han nacido después del escurrimiento. Las rocas muestran algunas esferolitas huecas y lagunas cubiertas de cristalitos de feldespato idiomórfico, de feldespato y de cuarzo, ó de feldespato y tridymita con vesículas gaseosas y cristalitos de fayalita ligeramenta verdosos. De los cristalitos feldespáticos, unos están en gemelos según la ley de Carlsbad y otros simples, se extinguen longitudinalmente.

Los fenocristales son poco abundantes generalmente en estas rocas, habiendo secciones límpidas de cuarzo y sanidino.

Las mismas aglomeraciones esferolíticas y formas arborescentes de feldespato, presenta una rhyolita en la parte superior de las montañas inmediatas al Mezquital del Oro, en las Sierras que se extienden al Sur de la de Villanueva (14). Se hallan en un magma sin estructura de escurrimiento con muchas playitas de cuarzo y feldespato. En esta roca, además del sanidino y del cuarzo de primera consolidación, se encuentran algunas láminas de biotita algo alterada. Esta forma esferolítica de crecimiento de cristales microscópicos, es enteramente semejante á la descrita por Iddings en la ya muchas veces citada obra, solamente que lo poco definido de los contornos de las microlitas nos impide á veces hacer la exacta determinación del feldespato por su orientación cristalográfica. Nuestra figura 6, lámina VII, da una idea de esta clase de esferolitas feldespáticas, las microlitas de feldespato ligadas por sus extremos, relativamente anchas para su longitud, están sin embargo alargadas en el sentido del eje vertical.

En las partes de la preparación, en las que las microlitas están cortadas transversalmente, se ven los cortes en la forma de rueditas y muchas de rombos, pudiendo apreciar á veces la soldadura de dos individuos. Dentro de esta aglomeración radiante de microlitas suelen hallarse playitas de cuarzo como materia intersticial y lagunitas de tridymita que empastan á veces á las microlitas. Como los individuos microlíticos no están muy unidos, las esferolitas son algo porosas. Los cuerpos esferolíticos se limitan ó distinguen muy claramente del resto del magma por una zona más obscura, donde se han aglomerado las partículas opacas. Nada de particular presenta el magma que sirve de cemento á las esferolitas, pues consta de materia amorfa con partículas de cuarzo bien alumbradas y microlitas de feldespato, pero suelen presentarse partes en las que estas últimas se hallan como verdaderas inclusiones dentro de grandes playas de cuarzo que ocupa espacios originalmente vacíos, cuarzo que quizá pueda ser de origen secundario. La roca tiene numerosos fenocristales de sanidino, algunos de cuarzo también primario y laminitas de biotita alterada.

Esferolitas compuestas de fibras de feldespato de muy pequeña dimensión, muy semejantes á las anteriores, nos suministra una roca de Boquillas de Corral de Piedra, en el Parral, Chihuahua (19). El cuarzo abunda las más veces en la forma micropoikilítica y es de formación posterior á las microlitas feldespáticas, sirviendo como de una masa interesferolítica.

Algunos casos especiales que presentan las esferolitas en sus relaciones con el magma, necesitan particular descripción. Uno muy interesante ofrece una rhyolita de la cima del cerro de la Castellana, prefectura de Ahuacatlán, Tepic (15), un macizo que á manera de Bufa corona á la montaña andesítica que aloja filones metalíferos. La rhyolita maciza de color rosado, tiene excelentes esferolitas megascópicas, que á la simple vista se ven radiantes y con capas concéntricas de diferente coloración.

El microscopio revela que la constitución principal de las esferolitas es en fibras muy finas radiantes, visibles aun á la luz natural, alumbradas en manojos de fibras con tendencia á definir la cruz negra pero de rayos oblicuos. El centro de algunas de las más grandes esferolitas está ocupado por un cristal, fig. 3, lám. VII, ó grupo de cristales de sanidino transformados en kaolinita y con inclusiones de playitas de cuarzo secundario que tapizan también las finas partiduras que cortan la materia fibrosa de la esferolita. En los bordes de cada esferolita se acumulan las partículas opacas que se disponen tanto en hileras radiantes como en capitas concéntricas, y poco á poco el extremo de las fibras se va transformando en pequeñas playitas que pasan en definitiva á una masa interesferolítica constituída de una asociación granofírica de cuarzo y feldespato, enteramente igual á la de nuestras microgranulitas terciarias. Fig. 4, Lám. VII.

Otras veces las fibras ya en los bordes de las esferolitas, pierden su ordenación regular radiante y se encorvan en un sentido obedeciendo el escurrimiento fluídico del magma acusado por el movimiento de las partículas opacas que entran en dicho magma microcristalino y criptocristalino.

Algunas esferolitas muestran, al partir del extremo de las fibras, una zona formada de cristales microlíticos de feldespato aglomerados radialmente.

Sucede frecuentemente que la pasta granofírica ocupa el centro del esférulo, Fig. 5, ó una zona intermedia, ó bien ese núcleo está constituído de un magma microcriptocristalino sin ninguna ordenación fibrosa ni radial.

No podemos desgraciadamente probar en qué momento se ha formado la pasta granofírica alrededor ó en el interior de las esferolitas y que se ha inyectado en las grietas que ellas tienen y en dónde se encuentran pequeños granos de un mineral verdoso que recuerda por sus caracteres la epidota. Sea que se suponga cristalizado el cuarzo y feldespato antes de la completa consolidación de la roca, ó posteriormente, como parece ser lo más probable, el caso es muy interesante, pues que no cabe duda que á expensas de la materia esferolítica se ha formado el cemento granofírico; entre las playitas de cuarzo y feldespato se encuentran restos de esferolitas y de magma criptocristalino con materia que cubrió los intersticios. Igual fenómeno se encuentra en las rhyolitas rosadas que forman la caja de vetas argentíferas en la mina de Cabrera, no muy lejos del cerro de la Castellana, en las orillas del río de Santiago.

Como casos especiales que muestran una individualización perfecta de los elementos de las esferolitas, citaremos el de una rhyolita parda del cerro de

la Mojonera, cerca de Durango (17), que tiene un magma muy vítreo con escurrimiento fluidal y pequeños cristales de sanidino y de cuarzo corroído. Las esferolitas tienen un principio de porosidad á juzgar por la separación individual de las fibras y rayos independientes, formado cada uno de cristales de feldespato unidos los unos á los otros por sus extremos. Tales cristalitos están alargados según el eje vertical y son ya positivos ó negativos en su doble refracción. En algunos se ve claramente el gemelo de Carlsbad. Una esferolita de tan clara estructura está representada en la lámina VII, figura 6; los sectores obscuros ó las partes que separan á los cristalitos feldespáticos están constituídos de aglomeraciones de láminas imbricadas de tridymita claramente visibles por sus formas comunes cristalográficas discernibles á los fuertes aumentos. Aglomeraciones de partículas opacas en curvas concéntricas impiden el paso de la luz en partes de estas esferolitas.

Muy semejantes son las esferolitas que tiene una roca gris rojiza de las orillas del río Nazas, en el Estado de Durango (17); las microlitas son de mayores dimensiones, la tridymita entra siempre cubriendo los intersticios entre ellas. El magma de las dos rocas aquí estudiadas no ofrece nada notable; la materia amorfa abunda, las partículas en ella diseminadas de cuarzo y feldespato, se distinguen en el campo obscuro á veces alineadas dichas partículas según las hileras fluidales que definen los granos opacos de óxido de fierro.

Axiolitas.

Las segregaciones radiales esferolíticas frecuentemente ofrecen formas que se apartan bastante de la original forma esférica que afectan las partes cristalinas que las constituyen, y estas desviaciones provienen, según hemos visto hasta aquí, bien de los obstáculos que han opuesto al completo desarrollo de la esferolita partes enteramente sólidas enclavadas en el magma, como los fenocristales, bien resistencias opuestas por densidad de la masa ó grados de enfriamiento de la misma, y al fin, por movimientos posteriores á la formación de las esferolitas que han determinado su ruptura ó su desagregación, presentándose entonces como partes de esferas, sectores, etc., ejemplos de los cuales hemos figurado en nuestras láminas. Pero hay otro género de agregación esferolítica muy interesante y que ocurre en México como en otras regiones rhyolíticas, con bastante profusión; queremos hablar de las "axiolitas" (Zirkel) ó sea agregados fibrosos que en lugar de radiar de un solo punto, radian según líneas rectas ó más ó menos sinuosas y constituídos de fibras en manojos radiantes y formando sectores ó conos encontrados; otras veces estas fibras se ordenan entre sí paralelas y normales á la línea central. Los caracteres de estructura, la apariencia al microscopio y las determinaciones ópticas que es posible hacer en las pequeñas partes cristalinas que las constituyen, son enteramente análogas á las de las esferolitas propiamente dichas, y deben por lo tanto considerarse como productos de la misma naturaleza, pero variando un poco las condiciones de su formación.

En efecto, para la formación de las esferolitas comunes, ya hemos visto como Iddings supone una cierta movilidad del magma para determinar en muchos casos la agrupación de las partículas cristalinas, mientras que en muchas de las rocas con axiolitas, se puede observar que el magma debió haber estado próximo á su completa consolidación ó en un estado de tal manera viscoso que determinó partiduras en la roca originadas por contracción de la masa rápidamente enfriada y llenadas después de materia cristalina en forma análoga á la esferolítica. Iddings relaciona muchas formas axiolíticas á partiduras perlíticas del magma, puesto que encuentra en tales divisiones caracteres semejantes á los de la propia estructura perlítica, y tal es el caso para muchas de nuestras axiolitas. Otros casos tenemos, que también considera el mismo autor, en los que la cristalización esferolítica se ha verificado á lo largo de las líneas que separan á fragmentos de lavas rhyolíticas y que forman una verdadera soldadura. En tales casos, las axiolitas frecuentemente ofrecen ensanchamientos de forma triangular, resultando del poco ajuste de los fragmentos entre sí. Parece difícil explicar á veces tal condición de fragmentos soldados y no ser más que una apariencia lo que en realidad sería el resultado de la cristalización esferolítica en grietas irregulares producidas por la contracción de una masa ó en grietas más ó menos circulares que corresponden exactamente á la división perlítica tan frecuente en los vidrios ácidos. Lo que hay de particular en las rocas con axiolitas es que éstas no siempre vienen en lavas poco cristalizadas como parecería ser el caso general, sino que también existen en magmas bastante cristalizados y á veces en magmas casi holocristalinos.

Digamos de paso que en la estructura de las axiolitas hay como en la de las esferolitas propiamente dichas, todas las transiciones posibles ya observadas en estas últimas; desde un estado finamente fibroso irresoluble á los más fuertes aumentos, hasta un estado en que se pueden percibir los elementos microlíticos que las integran y su manera de unión, como en las felsoesferolitas y hasta la agregación granofírica del cuarzo y feldespato como en algunas partes interesferolíticas y que rellenan las partes centrales de algunas axiolitas.

Haríamos muy larga nuestra descripción si quisiésemos citar todas las localidades que dan rhyolitas axiolíticas con formas enteramente semejantes; nos contentamos con mencionar las principales y más típicas.

Desde luego tenemos una roca blanco agrisada de la región del Mezquital del Oro, en el Distrito de Juchipila, del Estado de Zacatecas (15), localidad que ya hemos mencionado hablando de otros aspectos de rhyolitas. Esta roca se caracteriza por un magma amorfo y microcriptocristalino que sirve de cemento á numerosas playitas de cuarzo y feldespato, que aunque de contornos irregulares son reconocibles fácilmente como partes bien individualizadas del magma de segunda consolidación. En este magma se aislan los cuerpos axiolíticos claramente visibles á la luz natural y afectando diferentes formas, entre otras las de semicírculos, barras, figuras en S ó partes esqui-

nadas triangulares, todas de color ligeramente amarillo. Aglomeraciones de partículas según la línea central y muy finas fibras normales á los contornos completan la estructura. La polarización de las fibras radiantes es débil como la de ciertas esferolitas incipientes, pero á los fuertes aumentos es posible apreciar la naturaleza cristalina de las partículas que componen las fibras. Sin embargo, una materia ligeramente colorida como el ópalo, no parece ser extraña en estos cuerpos, llenando de preferencia el medio de la cavidad donde se aglomeran también las partículas opacas. La apariencia á la luz natural es semejante á la de la roca con axiolitas de Mopung Hills al W. de Humboldt Ranges (Zirkel).[1]

Partículas negras de óxido de fierro bordean también á las axiolitas y se distribuyen irregularmente en el magma al lado de secciones cuadradas poco abundantes de magnetita y algunas microlitas opacas probablemente de augita. La roca es pobre en fenocristales pudiendo ver solamente restos de cristales de sanidino y laminitas muy dicroicas de mica parda.

Antes de seguir adelante nos permitiremos llamar la atención sobre el hecho de que el diferente grado de cristalinidad de ciertas partes del magma de algunas rhyolitas, (criptocristalino con playitas de cuarzo y feldespato) puede provenir de una especie de silicificación por acciones muy posteriores á su consosolidación, y si esto se puede demostrar, se probaría también que los cuerpos axiolíticos de estas rocas se han formado en este tiempo. Pongamos el ejemplo de rhyolitas axiolíticas violadas del N.W. de Guanaceví, en el Partido de Santiago Papasquiaro, Durango (17), de magma muy cargado de sílice; las axiolitas aparecen como cubriendo espacios antes vacíos. Las partículas cristalinas que forman las axiolitas, pasan á microlitas feldespáticas reconocibles ópticamente.

Aquí los fenocristales son más abundantes no sólo de sanidino y mica, sino también de cuarzo con inclusiones vítreas y burbujas de gas. Hemos visto en esta roca un cristal de feldespato con plâyas de cuarzo en cristalización simultánea.

Con el mismo aspecto del magma encontramos la roca gris rosada de la Sierra del Oso, en el Partido de Indé, Durango (17). Las axiolitas se distinguen en mayor abundancia en ciertas partes muy porosas de la roca y á veces en formas casi circulares formadas de partes fibrosas y de cuarzo y otras de microlitas de feldespato con sus extremos muy claros hacia el interior de las axiolitas en donde hay un espacio hueco ó lleno de una masa holocristalina de cuarzo indudablemente de origen secundario. Lo mismo que en la roca anteriormente citada, el sanidino límpido viene en la roca como cristales primarios. Como se ve por lo expuesto, es indispensable distinguir en las rhyolitas, las axiolitas que proceden de una cristalización posterior á su consolidación y como una materia de relleno intersticial quizá únicamente debida á la infiltración de aguas calientes y vapores sobrecalentados circulando

1 Microscopical Petrographie Geol. Expl. Fortieth parallel.

en los intersticios de estas rocas, pues nótese bien que las rocas anteriormente descritas proceden de localidades reconocidas como mineras. Otra cosa que llama la atención de estas axiolitas es la ausencia de la trydimita en los productos del último relleno que siempre ha sido el cuarzo, como se ve muy claro en las axiolitas de la rhyolita gris de Boquillas del Muerto, cerca de Durango (17), que como las rocas de Indé, muestra las playitas de cuarzo secundario cubriendo la cavidad que dejan los extremos fibrosos esferolíticos que tapizan á las cavidades alargadas.

Son mucbo más numerosas las rhyolitas con axiolitas formadas antes de la consolidación completa de la roca y nacidas al mismo tiempo que las esferolitas perfectas; por ejemplo, las de una roca de la margen del río de Santiago, al pie de la Sierra de Alica (15). Al lado de agrupaciones de esferolitas, se observan cintas de materia fibrosa adherida á un magma con materia amorfa y pequeñas partículas alumbradas de cuarzo y feldespato. Los fenocristales que tiene esta roca son el cuarzo en playas corroídas y sin inclusiones, y el sanidino. Algunas partes esferolíticas y el feldespato del magma han sufrido alteraciones metasomáticas importantes como en las rocas propylíticas, tales son por ejemplo la producción de epidota en pequeñas agujas. Un mineral ferromagnésico que no es posible reconocer, se ha transformado en masas radiales de clorita, de epidota y granos de un mineral de intenso color azul, probablemente arfvesonita.

En no pocos casos las formas axiolíticas han tomado nacimiento en las bandas fluidales de la roca, definidas desde luego á la luz natural por los regueros de partículas opacas ferruginosas. La materia muy finamente fibrosa de las axiolitas presenta sus fibras normales á los bordes de las lagunas estiradas, y por lo tanto normales á las bandas de fluidalidad. Algunas formas triangulares y semicirculares distribuídas al acaso, tapizadas de fibras, presumen una división perlítica que acaeció al finalizar el escurrimiento de la roca, pues muchas de estas curvas cortan las bandas de fluidalidad. Lám. VIII, fig. 1. La roca de que hablamos, de magma, bastante vítreo, procede del arroyo de las Canteras, en el Valle de Allende (19), Distrito del mismo nombre en el Estado de Chihuahua, roca porosa de color rojo intenso.

Un aspecto enteramente análogo é idénticas condiciones de formación de las axiolitas, nos da una rhyolita roja de las cumbres entre Texcaltitlán y Temascaltepec (7), en el Estado de México; roca de aspecto de toba que tiene la particularidad de traer grandes pilas exagonales hasta de 2½ centímetros de diámetro de mica ferrífera alterada.

En las mismas muestras se encuentran algunos cuerpos cristalizados que se resuelven en una aglomeración de cristalitos radiantes de feldespato y cuñitas de cuarzo interpuestas. La viva polarización de este mineral contrasta con el color gris de las fibras feldespáticas que han cristalizado á veces con mucha regularidad. El magma amorfo obscuro permite ver con mucha claridad estas axiolitas. Existe también una agregación particular de cristalitos de cuarzo que dan idea desde luego por su aspecto, de las agrupaciones descri-

tas por Iddings en la página 414 de su último estudio del Yellowstone Park.[1] Agujas delgadas de feldespato, muy alargadas según la clinodiagonal, se adhieren por sus extremos; y en posición normal, cristalitos y agujitas muy finas de feldespato con extinción también longitudinal. Algunas agujas se ven macleadas, no pudiendo nosotros comprobar que este macle sea el de Manebach, como en los grupos de cristalitos descritos por Iddings.

Una rhyolita de pasta litoide, de color gris violado, procedente de Comanjillas, en las faldas occidentales de la Sierra de Guanajuato, presenta en su magma un excelente desarrollo axiolítico frecuentemente en la forma de barras bifurcadas con estructura radiante. En el medio de cada una de ellas se ven aglomeraciones de partículas pardas que nadan en la masa de ópalo que forma este relleno. En ciertos lugares, la roca parece formada de partes soldadas, y abundan en ella los nidos tapizados de cuarzo y tridymita con la parte central cubierta de ópalo.

En resumen, en algunas de las formas axiolíticas que acabamos de pasar en revista, se ve que la pasta fibrosa esferolítica sólo forma una cubierta en la cavidad, y que el interior, ó está hueco, ó lleno de playitas de cuarzo y feldespato que hemos considerado como de depósito secundario. Esto parece indicar que la materia fibrosa esferolítica, no cubrió enteramente el espacio que tapiza, ó que habiéndolo cubierto, ha sufrido la masa una recristalización después de una redisolución determinada por la acción de vapores sobrecalentados. También es indudable que en algunos casos, como lo indicamos al principio, la masa cristalina, esencialmente el cuarzo que llena el centro de las cavidades, ha sido traída del exterior por estas mismas aguas que llenaron las cavidades. Fenómenos de esta clase pueden ser en casos semejantes de aplicación más general, pues como tal lo prueban las indicaciones de Bonney[2] y las de Cole,[3] sobre todo este último en su interesante estudio sobre "Lythophyses and Hollow spherulites in alterad rocks."

Litofisas.

Hemos hablado, al hacer la descripción de algunas rhyolitas, de ciertas esferolitas cuyo tejido fibroso no es unido, sino que dichas fibras se individualizan lo bastante para reconocer su naturaleza por sus propiedades cristalográficas. Estas esferolitas son por lo tanto porosas, los espacios que dejan entre sí los cristales microlíticos radiantes, están cubiertos de un delicado tapiz de trydimita, de granos de cuarzo, ó bien quedan cavidades pequeñas. Puede llegar el caso en que la mayor parte de la masa de las esferolitas se substraiga, conservándose solamente las partes más densas ó resistentes, como

1 Iddings.—Monog. XXXII. U. S. Geol. Survey.

2 Nodular felsites in the Bala Group of North Wales. Q. J. G. S.—Vol. XXXVIII.—1882.

3 Q. J. G. S.—Vol. XLVIII, 1892.

algunas de las capas concéntricas que con frecuencia se muestran, y que este residuo, así como las paredes de la roca que envuelve á las esferolitas, se transforme en una aglomeración toscamente radiante de cristales microscópicos. Las esferolitas que han sufrido tan curiosas modificaciones, suficientemente características para una especificación, han sido denominadas por Richthofen[1] *litofisas;* estudiadas por primera vez en Hungría y mencionadas posteriormente por muchos de los que han tenido oportunidad de hacer estudios especiales sobre las rhyolitas, indicando así la relativa grande distribución en las regiones rhyolíticas del globo. Ciertamente que entre las esferolitas comunes y las litofisas perfectas hay diferencias aparentemente muy marcadas, pero entre unas y otras existe la más fina transición; deben de tener un origen análogo como se prueba por el estudio detenido al microsopio y el análisis, que revelan una semejante composición mineralógica y química.

En la producción de las litofisas han concurrido acciones más complexas y prolongadas, pero de la misma índole que en las esferolitas, como lo han demostrado los acabados estudios de J. P. Iddings, á quien se deben los mejores trabajos monográficos sobre esta materia. Él funda la teoría más aceptable de su modo de formación, las particularidades notables de su estructura, la composición mineralógica, etc., especulación que ha sido posible en presencia del excelente material que suministran las obsidianas y las litoiditas de la clásica región del National Park.[2] El número de localidades americanas de rhyolitas con litofisas ha aumentado en estos últimos años. Zirkel las había mencionado ya en sus estudios de las rocas del Paralelo 40; y en Europa, después de la memoria de v. Richthofen sobre las rocas de Hungría publicada en 1860, han seguido los estudios de Szabó, de von Hauer, Roth, etc., y posteriormente los de Cole, Butler, Bonney y otros, la mayor parte con miras algo diversas de las indicadas por Iddings en su estudio ya citado, y que corrobora de alguna manera en su último trabajo sobre las rhyolitas de la misma localidad ya tantas veces mencionada. Con el material colectado por von Humboldt, C. A. Tenne,[3] estudió las litofisas que vienen en las obsidianas del cerro de las Navajas en la Sierra de Pachuca.

Teniendo á la vista este pequeño arsenal bibliográfico, especialmente los estudios de Iddings, nos proponemos estudiar algunas aunque pocas rhyolitas mexicanas con litofisas, sólo de aquellas localidades de las que contamos con buenos ejemplares, pues nunca al número de las que hablamos aquí, se limitan los hallazgos hechos hasta hoy, de litofisas en rocas mexicanas.

1 Studien aus den ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen. — Jahrb. K. K. geol. Reichs. Vol. 11, 1860.

2 Obsidian Cliff-Yellowstone Nat. Park. J. P. Iddings Seventh An. Rep. U. S. G. S. 1888 The Nature and Origin of Lithophises and the lamination of acid lavas. Am. Jr. of Sc. Vol. XXXIII, Jan. 1887.

3 C. A. Tenne.—Ueber gesteine des Cerro de las Navajas in Mexico. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesells. Berlin, 1885.

Por la perfección y belleza de las litofisas, las primeras que mencionamos son las de las colinas de Analco en las orillas de la ciudad de Durango (15), que vienen en una rhyolita litoide gris violada, de aspecto poroso por el número de grandes y pequeñas cavidades, elípticas ó circulares, hasta de tres centímetros de diámetro, rodeadas de una auréola blanca cristalina. En el interior se ven una multitud de finas hojitas concéntricas, comparables por su delicadeza á los pétalos de una rosa, y tan frágiles que caen al simple contacto de los dedos. La superficie de tan finas hojas, de color blanco, revela á la simple vista el carácter cristalino, y pronto se descubre que están formadas de una aglomeración de cristalitos blancos, ó transparentes é incoloros; laminitas negras de lustre casi metálico se encuentran adheridas en la superficie de las hojas y las mejor desarrolladas se ven en las cavidades más profundas. La delicadeza de las hojas que componen las litofisas impide hacer preparaciones microscópicas, pero fragmentos pequeños desprendidos de esas hojas nos han permitido estudiar al microscopio ó con una simple lente los minerales que las constituyen; los que por orden de dimensión, son: el cuarzo, en cristales aciculares prismáticos con la transparencia del vidrio, de longitud hasta de tres y cuatro milímetros, terminados en sus dos extremos por el doble romboedro. Estos cristales se agrupan en varios lugares en racimos, y se encuentran preferentemente en el centro de las cavidades de las litofisas, en donde hubo espacio bastante para desarrollarse en el sentido del prisma. Entre las hojas de las litofisas hay cristalitos de cuarzo generalmente de 1 á 2 milímetros, con las caras prismáticas tan poco desarrolladas que á veces desaparecen, quedando solamente la aparente doble pirámide exagonal. Los cristales prismáticos presentan el común crucero muy claro; los cristales piramidales son menos transparentes, y unos y otros tienen numerosas vesículas gaseosas en su interior. Estos cristales no forman propiamente parte de la masa de las hojas, sino que están adheridos en su superficie indicando que se han formado al último. La masa de las hojas consiste de una agregación de partículas cristalinas sin forma regular visible, mezcladas á pequeñas y muy delgadas laminitas de tridymita fácilmente reconocibles por sus contornos ordinarios de seis lados. Contienen muchas burbujas gaseosas. Por último, se distinguen diminutos cristales de feldespato, tan pequeños, que no siempre se puede hacer sobre ellos una buena determinación, pues muchos sólo tienen 0.5 mm. de longitud. Vienen en la forma de tablitas alargadas, cuyas caras de aplastamiento presumimos que son las de la base del prisma, y las alargadas las del clinopinacoide, apareciendo las del prisma como finas truncaduras en los extremos de las tablitas, limitadas por los ortodomas. La forma de estos cristales mucho se asemeja á los de las litofisas descritos por Iddings, pues la hemos comparado con la de los cristalitos desprendidos de las hojitas de las litofisas de una obsidiana del Yellowstone Park, que adquirimos bondadosamente del Museo Nacional de Washington, por intermedio del Prof. Geo P. Merrill. Si existen en las litofisas de Durango, las formas de la adularia, nosotros no lo hemos demostrado con seguridad, aunque he-

mos observado confusamente algunas caritas rómbicas, con la particularidad de tener un lustre nacarado. Contienen las tablitas, como el cuarzo y la tridymita, muchas vesículas gaseosas.

En cuanto á los cristalitos tabulares de 1 á 1.5 milímetros, con lustre metálico, que se encuentran diseminados en las superficies cristalinas de las litofisas, reconocemos las mismas formas de la fayalita de las Navajas y de Obsidian Cliff; es decir, la cara del macropinacoide (100), según la cual están aplastados, limitadas esas caras por las rudimentales del prisma (120), braquipinacoide (010), las de la pirámide y los domas. Las laminitas son enteramente opacas, en raros casos dejan pasar débilmente la luz con un color amarillo. La superficie negra brillante y á veces iridescente, tiene muchos granitos cristalinos adheridos y aun cristalitos prismáticos de cuarzo. Como se ve, la composición y estructura de nuestras litofisas de Durango conviene exactamente con las de Obsidian Cliff.

La roca litoide violada acribillada de las litofisas, presenta al microscopio un magma vítreo con finas triquitas opacas en forma de agujas con marcado alineamiento fluidal. En este magma vítreo se ven distribuídas partículas cristalinas que polarizan débilmente. Partes hay de magma criptomicrocristalino con rosetas y manchas irregulares fuertemente alumbradas que tienen la estructura micropoikilítica. El cuarzo es el constituyente principal, de aspecto esponjoso. Parece haber adquirido esa forma particular al mismo tiempo que las litofisas, con las que está en íntima conexión, como lo habremos de estudiar adelante especialmente.

En nuestro primer estudio (Bol. núm. 14) hemos hablado de la grande extensión que ocupan las rhyolitas en el Bajío y en las comarcas vecinas en los Estados de Querétaro y Guanajuato (4, 8). También hemos dicho que en la parte superior de muchas corrientes, estas lavas son ampollosas, con cavidades alargadas que siguen las bandas de escurrimiento y con espacios esféricos tapizados ó llenos de películas cristalinas, que son por lo tanto litofisas de aspecto, color y estructura enteramente igual á las de Durango. Las rocas del Distrito de San Juan del Río, en la región de Tequixquiápam (4), son las que suministran mejores ejemplares, especialmente en la parte superior de las corrientes, pero tienen la particularidad de haber sido cubiertas y en parte destruídas las litofisas, por un depósito concrecionado de ópalo fino, de ópalo rojo de fuego, de hialita y de calcedonia.

La explotación del ópalo fino en aquella localidad que ha dado los ópalos más renombrados de México, nos ha permitido obtener un excelente material muy fresco en donde seguir muy de cerca el modo según el cual se ha verificado el depósito de la sílice hidratada.

La simple inspección de las muestras da inmediatamente la convicción de que tal depósito ha tenido lugar mucho tiempo después de la completa consolidación de la roca y por el curso lento de aguas calientes conteniendo la sílice en disolución, que no sólo cubrió de ópalo las cavidades de la roca, sino que ha penetrado en su masa transformándola en partes hasta en verda-

dero semi-ópalo. En efecto; las lavas son generalmente de color rojo claro, violado ó pardas; presentan á la simple vista una superficie compacta y unida, unas veces mate, otras ligeramente brillante y lisa como la porcelana, y en ambos casos litoidica. Se encuentran también rocas que conservan la textura propia, con algunos fenocristales de cuarzo y feldespato y un mineral ferromagnésico muy alterado.

El carácter común de todas estas lavas es la estructura de escurrimiento, reconocida por las bandas delgadas y sinuosas, de color que varía del blanco al pardo obscuro. Siguiendo las sinuosidades de las bandas, hay series de cavidades de tamaños que varían desde 5 cm. hasta pequeñas hoquedades circulares y líneas de juntura de un milímetro ó menos de abertura. Para muchas de estas cavidades, sobre todo las de mediana dimensión, se palpa su origen esferolítico, es decir, que muchas de ellas son verdaderas litofisas ó esferolitas ahuecadas. En efecto; las cavidades se aproximan á la forma esférica; su interior está algunas veces cubierto de una serie de hojitas concéntricas; pero en lugar de presentar cada hojita una superficie de finos y delicados cristalitos aglomerados, esas hojitas, aunque delgadas, son más resistentes, su superficie aunque desigual no es cristalina, sino cubierta de una delgada y casi uniforme costra de ópalo blanco ó de hialita, esta última botroidal ó arriñonada y de color blanco sucio. A veces las cavidades de las litofisas no presentan las hojas sucesivas y concéntricas, la cavidad esférica está hueca, vacía, con las paredes cubiertas de la sílice hidratada en capitas muy finas concrecionadas y fuertemente adheridas. Algunas veces la costra pegada á la pared de la cavidad, envuelve á un nódulo de ópalo ó de calcedonia llenándola completamente, pero con la superficie mate desigual como con la impresión de otros esférulos, y enteramente semejante á esos cocos de calcedonia que se encuentran aislados en las arenas de los ríos. Muchos cocos de ópalo muy fino se han encontrado en estas cavidades, sirviéndoles de envoltura el ópalo amarillo de miel, el ópalo de fuego ó el ópalo blanco también con visos. El ópalo noble no sólo viene en las cavidades de las litofisas, viene con frecuencia en venillas y en masas irregulares que siguen las sinuosidades de las bandas fluidales de las rocas, sobre todo en aquellas cuyo magma está más impregnado de sílice. En ciertos planos de separación de la roca, en grietas quizá formadas por la contracción al enfriarse, hemos visto el ópalo de fuego embutido en una masa algo arcillosa y de hidrofana blanco lechosa. Un semi-ópalo rojo y el ópalo amarillo son los que se encuentran en más abundancia; y el rojo de fuego, es igual al de Zimapam. El ópalo noble y el ópalo blanco tienen la tendencia á separarse en capitas muy delgadas curvas y concéntricas, propiedad perjudicial á los lapidarios que les obliga á reducir mucho el tamaño de las piezas pulidas. Los ópalos finos que rellenan las litofisas tienen en más alto grado la propiedad de esfoliarse.

En fragmentos que tienen á la vez el ópalo y la roca en la que se depositó, se observa que el ópalo ha producido una disolución de partes del magma de dicha roca. El ópalo aparece inyectado en la masa, envolviendo como residuo,

á una materia ferruginosa en curiosas arborizaciones que se distinguen como inclusiones al través de la masa transparente del ópalo. Tal residuo representa las partículas opacas ó granulaciones del magma de estas lavas. También procede de la alteración de minerales ferromagnésicos primarios de la roca, como la hornblenda, que suele verse en cristales muy alterados pero conservando su forma prismática ó la sección exagonal de los cortes según la base. Envueltos por el ópalo se ven también grupos de agujas de rutilo empañadas, y cristalitos de cuarzo; y cuando la costra de sílice no es gruesa, estas agujas y cristalitos sobresalen, cubiertas de una delgada película de calcedonia ó de ópalo. Partes del magma criptocristalino no atacadas y con su propio color, existen también en la masa del ópalo y también en arborizaciones. Las preparaciones hechas, de las diferentes variedades de ópalo de las rhyolitas de Tequixquiápam,[1] muestran bajo el microscopio una absoluta semejanza entre sí. Son enteramente obscuros á la luz polarizada, rarísimos puntos al acaso dejan pasar la luz. Si es á la luz natural, aparecen incoloros, amarillentos ó anaranjados, según la variedad que se examine, con una superficie rugosa ó granulada. Las preparaciones vistas con lentes de mayor potencia, se resuelven en una red de muy finas partiduras ligeramente arredondeadas ó de contornos poligonales. Ni inclusiones ni cavidades gaseosas pueden reconocerse, y las finas partiduras se observan tanto en el ópalo muy fino, de brillantes visos coloridos, como en el ópalo de fuego, aunque en el primero son casi siempre más acentuadas y más finas. Si esa especie de laminación es un carácter común para todas las variedades del ópalo, no es sin duda la que da nacimiento á los visos del ópalo noble. Al atribuir Behrens tal fenómeno á una laminación, ésta deberá ser submicroscópica. Las partiduras suelen dejar un espacio hueco indudablemente lleno de algún gas.

Volvamos ahora al estudio de las cavidades de las litofisas y observemos aquellas que aun conservan las hojas petaloides en su interior. En muchas se advierte al microscopio una delgada película de sílice que no hace perder el aspecto cristalino de las hojas, pero vistas con aumentos poderosos, aparecen los pequeños cristales y la masa en general cristalina, cubierta de aglomeraciones arriñonadas ó botroidales de pequeñísimos glóbulos de ópalo hialita. Los cristales de cuarzo bipiramidales originalmente hialinos y transparentes, se empañan con este depósito, lo mismo que las laminitas exagonales de tridymita, que rotas y en los cantos muestran la capita de concreción. A despecho de la pequeñez de los cristales hemos podido ver también claras pseudomórfosis, sustitución de las laminitas de feldespato por hialita ó calcedonia. De la superficie así cubierta de las hojitas de las litofisas, sobresalen algunas veces alambritos de rutilo encorvados, cubiertos de hialita ó de una costrita de óxido de fierro.

1 Una descripción sucinta de los ópalos de Querétaro, se encuentra en "La Naturaleza," Tom. II, 1873.—M. Bárcena, "Los Opalos de México," y Dr. Burkart, "Ueber neue mexicanische Fundorte einiger Mineralien.—Neues Jahrbuch–Stuttgart, 1874.

Este es el aspecto general de las litofisas con concreciones, de todas las localidades opalíferas de Tequixquiapam y Cadereyta, especialmente de la Trinidad y de la hacienda de la Esperanza. Ocasionalmente en estos mismos puntos, encontramos litofisas más frescas y en las que se pueden estudiar mejor el carácter y naturaleza de las cubiertas cristalinas. Por ejemplo, en la región de la Trinidad, encontramos rocas con litofisas concrecionadas por ópalo, y en el mismo ejemplar partes con litofisas bien conservadas cubiertas de un finísimo tapiz cristalino y blanco como la azúcar, ó de un delicado color de rosa pálido. Los cristalitos tienen generalmente un tercio de milímetro de tamaño y es muy difícil precisar su forma cristalina por estar muy aglomerados. Sin embargo, entre esos diminutos cristalitos, reconocemos desde luego las laminitas de tridymita agrupadas, á veces formando el característico gemelo de tres individuos penetrados, el feldespato en tablitas transparentes como la tridymita, pero de forma rectangular con las esquinas truncadas, como la de los cristalitos de las litofisas de Obsidian Cliff (Iddings y Penfield); es decir, el desarrollo de la cara de la base según la cual están tabulados los cristales, limitada por los clinopinacoides y el prisma. No hemos podido precisar la existencia de los domas y por lo tanto si hay ó no el macle de Manebach. Suelen encontrarse en estas litofisas, aunque raras veces, las tablitas de fayalita, de lustre algo metálico y de color negro, con la forma común ya descrita, en otras litofisas.

Algunas rocas de la Trinidad son particularmente interesantes por la transparencia, tamaño y forma cristalina del cuarzo que viene en las cavidades, las que unas son esferolitas huecas con delicadas láminas petaloides, y otras cavidades irregulares de la misma época y modo de formación.

En estos espacios huecos se puede ver la cubierta secundaria del ópalo, la que no reviste sino parte de la cavidad; en el resto se encuentran partículas y masas arriñonadas de hialita, tan clara y transparente como el agua, en largas fibritas formadas de un rosario de glóbulos; ni la tridymita ni el feldespato pudimos observar, pero en cambio bellísimos cristalitos de cuarzo de un color ligeramente rosado, muy transparentes, de 1 mm. de longitud, con las formas raras del cuarzo descrito por Iddings y Penfield, de las cavidades y litofisas de las rhyolitas de Glade Creek.[1] En efecto, nuestros cristalitos tienen la pirámide terminal aguda formada por los dos romboedros (r y z), los romboedros más agudos (j y σ), y entre éstos las caras trapezoidales (N. L) angostas y apenas perceptibles. Hemos visto asociados á éstos, cristalitos mucho más pequeños, aciculares, con la combinación simple del doble romboedro y el prisma.

La fayalita es muy rara, en las cavidades con estos cristales de cuarzo; encontrando allí, con relativa abundancia, agujitas muy delgadas, opacas, ferruginosas, y un mineral oxidado, ó mejor, como enmohecido, sin forma cristalina

1 The minerals in hollow spherulites of rhyolite from Glade Creek, Wyoming. Am. Jr. of Sc. Vol. XLII, July 1891.

precisa ó cubiertas de una costra de hialita. Este mineral así alterado es probablemente la hornblenda, la misma que contiene la roca en fenocristales.

Aún más interesantes son las rhyolitas grises con abundantes fenocristales y con litofisas de las colinas que se hallan en el centro del valle de Tequixquiápam, no lejos y al E. de la hacienda de Santillán, en donde se ve parte de una corriente de rhyolita con estructura imperfectamente columnar, en cuyos pequeños acantilados se observa que las cavidades de las rocas y las esferolitas huecas son muy numerosas en la parte superior de la corriente. Las simples cavidades no esferolíticas son más numerosas que éstas, pero están unas y otras tapizadas de finos cristales tabulares muy transparentes, reconocibles con la lente, pues tienen un milímetro y á veces un poco más de longitud. Sobresaliendo de este tapiz cristalino se perciben inmediatamente cristales hasta de cinco milímetros de longitud, de cuarzo de color rosado, que pasa hasta el color de la ametista y en los que se reconocen fácilmente las caras estriadas del prisma (m), la pirámide aguda de los romboedros (j $^{\sigma}$) y el apuntamiento terminal de los romboedros (r y z). Estos cristales son muy transparentes y parecen desprovistos de inclusiones.

En el fino tapiz cristalino que reviste las cavidades encontramos la siguiente asociación: cristalitos muy delgados y alargados de cuarzo, incoloros, (con numerosas cavidades gaseosas) en grupos radiantes al lado de los cristales de ametista ya mencionados; numerosas tablitas de feldespato, de forma rómbica ó alargadas, incoloras y también con inclusiones. Las caras de aplastamiento son las del clinopinacoide (010), limitado por la traza de la cara de la base (001) del prisma, muy alargada, la traza del ortopinacoide y el ortodoma (001 $\wedge$ 101$=$50°50′ aproximadamente). Como se ve, esta forma difiere de la que tienen las tablitas feldespáticas de las litofisas de Obsidian Cliff, con las que no pueden confundirse por mostrar éstas una simetría aparente producida por la traza de las caras prismáticas que limitan á la de la base del prisma, según la cual se hace el aplastamiento.

Laminitas de tridymita también existen y se confunden fácilmente con las de feldespato. Tienen siempre unas y otras cavidades gaseosas.

Pequeñitos granos cristalinos opacos de color negro, metálicos, se ven diseminados en la superficie blanca y cristalina de las cavidades. Presumimos que tales granitos son de magnetita, aunque no ha sido posible determinar claramente la forma cristalina.

Es curioso que en estas cavidades y litofisas de Santillán, no haya sido posible encontrar sino muy raras veces y en muy pequeñas láminas, la fayalita. Como se habrá comprendido ya, en las litofisas y cavidades de las rocas de las lomas de Santillán, no existe el depósito secundario de ópalo que tanto dificultó en otros lugares de Tequixquiapam la determinación de los minerales cristalizados.

La misma asociación y distribución tienen los revestimientos cristalinos de las litofisas y cavidades de las rhyolitas que forman las colinas inmediatas á la ciudad de Cadereyta, puesto que estas rocas son de la misma edad y algu-

nas han formado parte de las mismas corrientes rhyolíticas de Tequixquiapam, en vista de su proximidad.

Sólo nos falta dar alguna idea sobre el aspecto general de las rocas que contienen las litofisas de la región de que acabamos de hablar.

Aquellas rocas que contienen ópalos, son frecuentemente litoidicas, con marcada estructura de escurrimiento, resolviéndose al microscopio en un magma esferolítico, con esferolitas de cruz negra rodeadas por un magma criptocristalino, en el cual se ha desarrollado secundariamente abundante cuarzo en la forma micropoikilítica. Grandes playas de cuarzo empastan á delicados cristales microlíticos de feldespato en la forma de tablitas como las que traen las litofisas. Un ejemplo de esta cristalización del feldespato en el cuarzo se muestra en la figura 2 de la lámina VIII. Estos pequeños cristales se supone que han sido formados ampliamente, primero en una cavidad que bien pudo ser una litofisa, llenada posteriormente por el cuarzo, que no ha producido sobre los cristalitos existentes ninguna corrosión. Este cuarzo muestra muchas veces la forma regular de las secciones de sus cristales. Los espacios que quedaron entre esos cristales están por último cubiertos de ópalo de color amarillo á la luz natural, enteramente obscuro en los nicols cruzados, pues no muestra ningún fenómeno á la luz polarizada que dependa de un estado de tensión. Excelentes secciones de sanidino primario se ven desparramadas en la masa de la roca, las que están desarrolladas como los cristales de las litofisas de que hablamos en la página anterior. Laminitas de biotita alterada se encuentran raras veces.

De las rocas con litofisas, como se comprende, no se conservan en las láminas más que aquellas cavidades bien tapizadas de cuarzo y ópalo con los cristalitos originales de las litofisas empastados por el cuarzo ó por el ópalo. También se descubren algunas esferolitas esponjosas que muestran la agrupación radial de los cristales microlíticos que las componen y el tapiz de tridymita que cubre los intersticios.

En algunos ejemplares de la Trinidad y de Cadereyta, el magma criptocristalino casi desaparece, mostrando puramente un magma esferolítico con glóbulos de color amarillo á la luz natural y compuestos de fibras radiantes y con la cruz negra á la luz polarizada, lo que da la apariencia de una red á causa de que los brazos de la cruz de cada esferolita se tocan mutuamente. Las esferolitas al tocarse muestran una sección poligonal. Una idea del tapiz esferolítico se da en la figura 2 lámina VII. Este mismo aspecto tiene el magma de las rocas con litofisas de cerca del pueblo de Bernal, en las que el depósito secundario de sílice que cubre sus intersticios, en lugar de ser ópalo, es de calcedonia con su aspecto fibroso radiante característico.

Muy interesante nos parece al microscopio la roca gris con cavidades y litofisas de la loma de Santillán, porque en ella se pueden percibir las modificaciones que experimentan las esferolitas para transformarse en propias litofisas. El magma esferolítico, con glóbulos de 1 hasta 4 milímetros, se ve sembrado por todas partes de lagunas muy alumbradas de secciones de cristales

idiomórficos de cuarzo ó de playas irregulares, algunas con numerosas burbujas gaseosas y con numerosas tablitas de feldespato incluídas, las que parten casi siempre de los extremos de los rayos de las esferolitas inmediatas que limitan las playas de cuarzo. Tales esferolitas, de núcleo finamente fibroso y de cruz negra, se van resolviendo poco á poco hacia la periferia en aglomeración de tablitas feldespáticas que á veces aparecen sobrepuestas unas á otras, y ya desprendidas de la masa de las esferolitas, aparecen nadando en el cuarzo. Al mismo tiempo la materia opaca, las granulaciones finas, radiantes ó no, de las esferolitas, se aglomeran y forman granos más grandes que se aislan entre los intersticios de las tablitas de feldespato. Pedazos de tablitas de fayalita se ven yacer también dentro del cuarzo. Los cristalitos de feldespato tienen, como el cuarzo que los aloja, burbujas gaseosas.

De lo anterior se desprende, que ciertas partes esferolíticas modificadas por las acciones ya señaladas que determinaron la producción de pequeños cristales desarrollados libremente en las cavidades (litofisas), fueron posteriormente llenadas por el cuarzo que debió cristalizar lentamente de una solución acuosa sin producir ningún ataque á los cristalitos feldespáticos. Ni en el núcleo ni en los bordes de estas esferolitas podemos encontrar la tridymita. El cuarzo en grandes playas que llena las cavidades, es posterior á la consolidación de la roca, una verdadera silicificación producida antes que el depósito del ópalo, que cubre en definitiva los intersticios. Es probable que la sílice disuelta en las aguas, no sólo provendría del exterior, sino también haya sido tomada de las esferolitas y redepositada inmediatamente en las oquedades vecinas. Como del núcleo fibroso de las esferolitas á las tablitas sobrepuestas feldespáticas del borde, hay muy fina transición, es seguro, al menos para cierta variedad de esferolitas, que la sobreposición de tablitas bien desarrolladas de feldespato con interposición regular de granos de cuarzo, sea la verdadera estructura original, resultando así la apariencia fibrosa y la complicación y dificultad en las determinaciones ópticas de los minerales.

Ya dijimos que no sólo en la región de Cadereyta y Tequixquiápam abundan las rhyolitas con litofisas como las que acabamos de describir, las litofisas existen en todas las lavas ácidas del Bajío, ó sea en las corrientes superiores de la extensa área comprendida entre Cadereyta y la ciudad de León, (3), en la Encarnación y en los lomeríos del Sur de Aguascalientes. No nos ocupamos con toda especialidad de nuevos puntos de esta región, porque los caracteres de las litofisas, asociación y naturaleza de los minerales, es semejante; siendo de sentirse que algunas veces la alteración superficial de las rocas tiñe de rojo la cubierta cristalina de las litofisas, destruye los cristalitos, las delicadas hojas de las cavidades caen, y se aprecian menos sus caracteres comunes. Esto pasa, por ejemplo, con las litofisas de las rocas del cerro del Calvario, cerca de León (8), que vienen en una rhyolita compacta pardo-rojiza, de pasta litoide con fenocristales de cuarzo y feldespato. Las cavidades más ó menos esféricas de las litofisas, sólo se ven con una superficie cariada y á veces en el interior existe un núcleo ó un cuerpo esférico compuesto de

cristalitos bien formados radiantes de cuarzo, tablitas de feldespato y laminitas de tridymita. Suelen conservarse algunas tablitas de fayalita, granitos octaédricos muy pequeños de magnetita y un mineral oxidado no determinable. Al microscopio y en lámina delgada, la roca es muy interesante, pues que el magma vítreo que en ella domina presenta en partes la estructura peculiar eutaxítica[1] tan frecuente en las rhyolitas[2] de muchas localidades americanas.

Con esta masa vítrea alternan bandas de esferolitas, algunas ahuecadas con tapiz de cristalitos de feldespato, de tridymita y con relativa abundancia laminitas de fayalita, la que suele presentarse también en más pequeñas secciones en el resto del magma como en las litoiditas ú obsidianas de otras localidades.

Excelentes rhyolitas rojo–violadas con litofisas se encuentran en los estribos de la Sierra de Guanajuato (8), particularmente en las lomas del Bajío inmediatas á la hacienda de Chichimequillas. Se caracterizan por la delicadeza de las hojas que tapizan á las cavidades y por la claridad y perfección de la forma de los pequeños cristales de cuarzo, de tridymita y sobre todo de feldespato, los que tienen la forma ya descrita; esto es, en tablitas según la cara (010), con desarrollo de las aristas de la base, el ortodoma y ortopinacoide; pocos granos opacos se distinguen, y más raras veces las laminitas de fayalita. La roca lleva fenocristales pequeños de feldespato con reflejo azul, de los que nos ocuparemos más adelante, y el magma al microscopio muestra el aspecto normal de una pasta con poco desarrollo cristalino, en la que las esferolitas, todas de grandes dimensiones, han sufrido casi en su totalidad la modificación característica de las litofisas. Algunas cavidades muestran en el interior, como en la roca de León, un cuerpo esférico con la estructura cristalina y radiante.

Así podríamos enumerar nuevas localidades de rhyolitas con litofisas y repetir á cada paso lo que ya hemos dicho tanto en cuanto á la naturaleza y forma de los minerales como en el aspecto y estructura de la roca que las contiene. Las rocas de las pequeñas áreas rhyolíticas del Este del país, algunas llevan litofisas, como las que tienen ópalos de cerca de Zimapam y Zacualtipam en Hidalgo, las de Huayacocotla en Veracruz (3), las del cerro del Huisteco igualmente en Tasco; por último, en muchos puntos de la Sierra Madre occidental.

Vamos á tratar, por último, de las litofisas de las Navajas que vienen en dos rocas distintas y formadas en condiciones diferentes. Unas se hallan en las litoiditas, las otras en las obsidianas. Aunque las litofisas de estas últimas han sido descritas en 1876,[3] nos permitimos aquí señalar algunas particularidades que en algo completan aquella buena descripción.

En la base de la Peña del Jacal, en las faldas del cerro de las Navajas, en

1 Véase más adelante la descripción de las rocas con estructura eutaxítica.

2 Buenos ejemplares, figura Iddings, de las rocas del Yellowstone Park. Monog. XXXII, 1899.

3 Tenne.—Op. cit.

las montañas inmediatas á la hacienda del Guajolote, y en muchos otros lugares de esa parte de la Sierra de Pachuca, se encuentra la obsidiana en la forma de grandes bolas y en pedazos envueltos por una costra blanco-amarillenta de una especie de toba y de una litoidita que se separa en hojas muy delgadas con bandas alternantes de hileras de esferolitas. Este modo de presentarse de la obsidiana, en bolas, con envoltura de tobas, es frecuente en algunas localidades extranjeras, por ejemplo, en Mono Lake, Cal; las obsidianas muy límpidas de Grass Cañon, Nev., etc., E. U. Las de las islas Lipari vienen íntimamente ligadas á la pómez.

Las capitas que forman conchas concéntricas alrededor de las bolas de obsidiana de las Navajas, alternan algunas veces con capitas de obsidiana descolorida, en cuya superficie se ven las impresiones esféricas que han dejado las esferolitas aglomeradas de las capitas que las cubren. Observadas con la lente las capitas, se ve que no están fuertemente adheridas las unas á las otras, sino que hojitas muy delicadas de superficie áspera, fibras y esferolitas huecas las ligan entre sí, mostrando por lo tanto la característica estructura de las litofisas. La laminación de la roca no se interrumpe con las esferolitas huecas, indicando que éstas se han formado posteriormente al escurrimiento de la roca. La obsidiana descolorida se ve en el interior de la parte porosa, no como capitas regulares, sino más bien como una trama ó tejido, que por su resistencia de vidrio, se conserva aún en laminitas muy delgadas. La litoidita porosa esferolítica no es más que una variedad de la litoidita maciza muy laminada y con el color gris azulado de todas las corrientes de las Navajas, la que ha sufrido, como la obsidiana, una avanzada desvitrificación, como acertadamente lo ha dicho Tenne. El tejido de obsidiana en las muestras más cargadas de litofisas, aparece entonces como un simple residuo.

El núcleo interior de las grandes bolas está constituído por la obsidiana pura, sin esferolitas y sin otra segregación que las finas triquitas y las vesículas gaseosas que son características de estas rocas vítreas. Entre la costra blanca en delgadas capitas y el núcleo de obsidiana, hay una parte intermedia, constituída de obsidiana muy cargada de esferolitas macizas y huecas (litofisas) que se destacan claramente por su color blanco-amarillento, de la masa negro-verdosa de la obsidiana.

Las masas generalmente arredondeadas de obsidiana que se encuentran por todas partes en la superficie del terreno, no conservan, como es natural, la envoltura de toba y litoidita; es preciso verlas en las antiguas excavaciones hechas por los indios para extraer el vidrio con el que fabricaron sus numerosos implementos, lugares conocidos de todos los viajeros que recorren la Sierra de Pachuca.

En cuanto á los glóbulos blanco-amarillentos esferolíticos contenidos en la masa de la obsidiana, son compactos, porosos ó huecos, con la superficie áspera terrosa. Vistos en cortes muestran la estructura radiante no muy clara y sí muy marcada una tendencia á dividirse en capitas concéntricas que marcan distintos grados de compacidad de la masa esferolítiea. Las conchitas con-

céntricas se separan algunas veces con facilidad, y cuando hay espacios huecos entre ellas, se ven los finos cristales de las litofisas. Como en Obsidian Cliff, entre la masa de la obsidiana y las litofisas hay la más completa separación, pues cuando un glóbulo se desprende ó se separan las hojitas de las litofisas, queda limpio el hueco con la impresión del lugar que ocupaba la esferolita en la masa de la obsidiana.

Los glóbulos esferolíticos y las litofisas de las Navajas, no son de grandes dimensiones pues generalmente tienen de tres á cinco mm. de diámetro, encontrándose raras veces hasta de 1 cm.

Por la descripción que antecede, de la forma y aspecto de las esferolitas y litofisas de las Navajas, al menos de los ejemplares que hemos podido recoger en aquella localidad, se ve que tienen una grande semejanza con las de las islas Lipari, especialmente con las de Forchia Vecchia, como parece de la concisa descripción de Iddings y Penfield.[1] En efecto, muchos de nuestros glóbulos esferolíticos se muestran compuestos de unas costras más ó menos cristalinas adheridas á las paredes de la cavidad en la obsidiana, separadas por un espacio vacío ó con delgadas hojas y un núcleo ó glóbulo esferolítico en el centro. Cuando este glóbulo se exfolia y se multiplican las capitas de la parte que se adhiere á la roca, aparecen entonces como litofisas verdaderas. Estudiados al microscopio los núcleos, se ven, como los de la obsidiana de Lipari, constituídos de una masa fibrosa y cristales aciculares radiantes y no radiantes de feldespato y laminitas y gemelos de tridymita.

A medida que el esférulo es más poroso, las fibras radiantes se resuelven en numerosos cristales, mostrándose así todos los pasos de esferolitas á litofisas. Cuando tales glóbulos han estado expuestos mucho tiempo á la intemperie, como sucede en muchos puntos de las faldas de los cerros del Oyamel y de las Navajas, el material que tapiza las cavidades de las litofisas, muestra en partes un aspecto terroso y aun parece que no han tenido un desarrollo cristalino original muy avanzado. Es muy posible que esta alteración reconozca una causa semejante á la que ha modificado las litofisas de las obsidianas de Lipari, que para Grenville Cole[2] sería un ataqne de vapores y de aguas calientes posterior á la desvitrificación original.

El estudio microscópico de la toba blanco-amarillenta revela la existencia de un producto blanco vítreo, en fibras que tienen la franca estructura de la pómez, igual al que resulta de la calcinación de una obsidiana en una mufla. Entre las fibras de pómez, ó en las masas de vidrio con numerosas ampollas aglomeradas perlíticamente, encontramos partes de esferolitas huecas con pedacitos de hojitas de tridymita y de feldespato mezcladas á las partículas de vidrio. En las partes más compactas se ven las esferolitas formadas de cristales individuales de feldespato, con laminitas de tridy-

1 Fayalite on the Obsidian of Lipari. Am. Jr. of Sc. Vol. XL, July 1890.

2 On lithophyses and hollow spherulites in altered rocks.—Q. J. G. S. Aug. 1892, Vol. XLVIII.

mita intercaladas y la litoidita, completamente desvitrificada, transformada en una aglomeración imperfectamente radiante de cristales microlíticos de feldespato, aspecto que se observa también en las capitas de litoidita intercaladas en la obsidiana negra. La película blanca adherida al vidrio en las cavidades esferolíticas parece estar formada en buena parte, de fibras cristalinas no aún disociadas y partículas de vidrio aglomeradas como en las costras ya mencionadas. Partículas cristalinas sin forma definida aparente forman la superficie rugosa de muchos de los glóbulos que llenan la cavidad esferolítica y que se ligan á veces con la costrita exterior por tenues fibras transparentes. Cuando se parten los glóbulos esferolíticos, se ve en el centro una cavidad rodeada de un tapiz de cristalitos muy frescos de feldespato, laminitas y gemelos de tridymita muy tenues, agujitas de color pardo y excelentes laminitas amarillas y transparentes de fayalita. Aquellas litofisas expuestas á la intemperie muestran la influencia de la alteración, los cristalitos no son transparentes sino blancos, amarillentos y opacos, á veces envueltos por una película de óxido de fierro. En las litofisas de mayores dimensiones se encuentran, además de laminitas de tridymita, el feldespato en tablitas aplanadas según la cara de la base y limitadas por el clinopinacoide, el prisma y un ortodoma. No escasea entre estas tablitas el macle de Manebach[1] que deja ver á veces muy clara la canaladura entre las caras muy alargadas b b′.

Por lo que dejamos expuesto se habrá notado que el estudio de las litofisas mexicanas no encierra ninguna novedad ni nada que pueda añadirse á las investigaciones ya hechas sobre esta materia en el Norte, solamente hay que notar las formas un poco diferentes de las tablitas de feldespato de algunas litofisas de Tequixquiapam y la frecuente destrucción de dichas litofisas por aguas silizosas de circulación, que han llenado las cavidades de ópalo, y han producido en raros casos pseudomórfosis. Estamos por el contrario convencidos de la identidad de aspecto, estructura y composición de las litofisas de todas partes (Estados Unidos, México, Islas Lipari, etc.), y las de la Gran Bretaña, como lo muestra Mr. John Parkinson en una reciente comunicación á la Sociedad Geológica de Londres.[2]

Asimismo se habrá comprendido que nuestras ideas sobre el origen y modo de formación de las litofisas, no se apartan de las propuestas por Iddings, y que nuestras descripciones, especialmente las de las litofisas de las Navajas, vienen de alguna manera á dar un fuerte apoyo á la teoría desarrollada por aquel sabio americano. Si se da como causa de producción de las esferolitas, la deliberación por efecto de la temperatura, del vapor de agua absorbido por el magma rhyolítico fundido, se debe de admitir que este vapor sobrecalentado, reaccionando sobre la masa esferolítica, produce las litofisas, pues la identidad de éstas con aquéllas está fuera de duda. Las litofisas no son

1 Iddings.—Seventh. An. Rep. pág. 267.

2 The hollow spherulites of the Yellowstone and Great Britain. Geol. Mag. Vol. VIII, May 1901.

más que esqueletos de esferolitas, la materia substraída de ellas se regenera en parte bien pronto, revistiendo formas cristalinas más perfectas de los mismos minerales constitutivos de las esferolitas, pues que persiste casi la misma composición química. Esta identidad de composición revela, pues, que el único agente posible de transformación ha sido el vapor de agua, como se comprueba también por experimentos de fusiones ígneo-acuosas. Para demostrar que el agente por excelencia es el vapor desprendido, Iddings funde un pedazo de obsidiana, éste se infla primero, se forman numerosas cavidades y acaba por transformarse en la pómez. Igual experimento repetimos nosotros con un pedazo de obsidiana sometido al calor de una mufla. De este modo conseguimos obtener una masa casi pumítica en fibras y partículas agregadas, como la que cubre las bolas de obsidiana de las Navajas. Menos tiempo en el calor de la mufla, un fragmento de obsidiana enteramente pura, sin ningunas inclusiones, se transformó en una masa descolorida con multitud de grandes vesículas huecas exactamente igual á la obsidiana esferolítica natural á la que se le hubieran arrancado los glóbulos esferolíticos y el tapiz cristalino de las litofisas. Obtenidas así las cavidades, queda sólo por demostrar la producción del material cristalino que las llena, para lo cual Iddings, fundándose en la igualdad de composición química de la obsidiana y de las litofisas y en la naturaleza de los minerales cristalizados enclavados en estas últimas, invoca las experiencias sintéticas, concediendo especial interés á las de Daubré y que menciona en las páginas 279-283 de su libro sobre Obsidian Cliff. Ahora, la formación de las esferolitas debe de considerarse como un fenómeno de desvitrificación, verificado de preferencia al rededor de un punto, tal como una cristalita, un grano, etc., cuando se verifica el desprendimiento del agua, y que tiene lugar durante el enfriamiento; entonces un magma más ó menos vítreo, pasa á silicatos anhidros bien definidos[1] en vía de cristalización. Aquellos vapores reaccionando, determinan en definitiva la cristalización muy perfecta de los minerales de las litofisas.

Antes de dar por terminado lo relativo á las litofisas mexicanas, vamos á considerar las rocas esferolíticas alteradas procedentes de la base de una corriente de litoiditas azuladas de cerca de la Peña del Jacal, en cuya masa blanca ó descolorida y terrosa se ven cavidades esféricas ó irregulares y esferolitas de grandes dimensiones, muy fibrosas, esponjosas ó ahuecadas, tapizadas generalmente de una materia terrosa blanca y de pequeños y numerosos cristalitos. Al hablar de estas rocas en nuestro primer estudio,[2] que supusimos inmediatas á un centro de erupción, emitimos la idea, fundándonos en la alteración de las mismas rocas, que estas cavidades y las de las esferolitas, no contenían en abundancia minerales cristalizados, y que habían sido producidas después de la consolidación de la lava por la corrosión engendrada por

1 J. Johnston-Lavis—Note on the Litophyses on Obsidian of the Roche Rosse, Lipari.—Geol. Mag., Vol. IX, 1892.

2 Primera parte, pág. 38.

vapores y gases de las fumarolas.[1] A la verdad, después de un estudio minucioso sobre muchos ejemplares de esa localidad, hemos podido confirmar aquella opinión por más que sea bastante difícil explicarse, cómo puede haber absoluta identidad entre productos formados antes y después de la consolidación de las lavas, pues nos hemos afiliado del lado de los que creen que las litofisas nacen antes de la completa consolidación. Sin embargo, este caso particular no es único, y no se opone completamente á la teoría hoy más aceptada.

El color de las rocas de que hablamos es el blanco, con cintas ó bandas muy sinuosas de escurrimiento y manchas de color gris; la parte blanca es de apariencia terrosa, las bandas y manchas grises, de superficie unida y compactas, recuerda la litoidita azulada original, aunque más silizosa. Las grandes cavidades están llenas de un producto arcilloso muy fino, blanco ó teñido en partes de amarillo por óxidos ferruginosos. La arcilla y el fierro proceden de las aguas de circulación.

Las manchas grises y blancas se asocian á veces como partes de una brecha, pero lo más general es que alternen en bandas muy sinuosas como resultado de un escurrimiento y en las que secciones circulares compactas ó porosas, también blancas, como cortes de esferolitas, se interponen desviando en apariencia el curso de la materia fluidal, fenómeno que sólo parece resultar de la descoloración que sufre la masa gris en el cuerpo mismo del esférulo blanco, pues en la superficie de algunas esferolitas completas pueden seguirse los surcos de fluidalidad á través de la masa de la esferolita. Las secciones circulares blancas son á veces compactas, otras veces porosas ó esponjosas; en su medio ó en los bordes se muestra la estructura radial fibrosa y en conchas concéntricas blancas, grises ó blanco–agrisadas. El núcleo de cada esferolita es blanco y algo más fibroso que el resto. Grandes cuerpos esféricos se separan de la masa de la roca y tienen una superficie tapizada de cristalitos lo mismo que las paredes de la cavidad. Delicadas hojitas petaloides como las de las litofisas de Obsidian Cliff, casi nunca se encuentran y por esto se asemejan más á las litofisas de la obsidiana de las Navajas. Las muchas paredes cóncavas de donde se han desprendido las esferolitas enseñan un tapiz de calcedonia azulada y de ópalo con estructura botroidal, cubriendo de una costra á los numerosos y pequeños cristalitos, produciendo á veces pseudomórfosis. Sobre este tapiz hemos visto grupos en racimos de cristalitos de cuarzo bipiramidados.

Cavidades irregulares y partes porosas en donde no hay esferolitas, tam-

1 Mucho sentimos no conocer en detalle el trabajo de Mr. John Parkinson presentado á la Geological Society of London, en el que se describe el efecto de la acción solfatárica sobre las rhyolitas del Yellowstone Park. El autor del estudio (The Hollow spherulites of the Yellowstone and Great Britain) se pronuncia como todos, en contra de la idea de que las esferolitas huecas proceden de la acción de los gases de las fumarolas sobre esferolitas originalmente sólidas. Así lo hemos entendido del extracto que hemos visto en el núm. V, Vol. VIII, Mayo de 1901 del Geological Magazine.

bién se tapizan de diminutos cristalitos y de delgadas películas que siguen las líneas de escurrimiento, indicando que las partes más duras resistieron á un ataque y sobre ellas se hizo el depósito cristalino. Observadas con atención las porciones cariadas y esponjosas de las esferolitas, se ven películas, que á través del glóbulo siguen las líneas fluidales; otras no tienen dirección determinada. Suelen encontrarse como restos de esferolitas, grupos de fibras radiantes con tabiques formando un tejido en el que se han depositado los pequeños cristales.

En las rocas blancas más terrosas el aspecto de esferolitas huecas ó con núcleo casi ha desaparecido, viéndose sólo cavidades irregulares en el interior de las cuales hay grupos de excelentes cristalitos aglomerados, y diseminados en menor abundancia en toda la superficie blanca terrosa de la roca. Como se ve, los cristalitos no sólo se encuentran en las paredes de las esferolitas ahuecadas, sino también y con profusión en esas cavidades alargadas tubuliformes de todas dimensiones, que hemos supuesto ser verdaderos canales de escape de vapores y en cuyas paredes la acción corrosiva debió ser mayor.

Algunos análisis hechos en el laboratorio del Instituto Geológico por el profesor J. D. Villarello, muestran pequeñas diferencias de composición entre la litoidita gris azulada y la roca blanca manchada de gris con grandes esferolitas macizas, huecas y porosas como las que acabamos de describir. Los análisis dan:

	Litoidita gris azulada.	Roca blanca esferolítica con litofisas.
SiO^2	70.46	72.10
Al^2O^3	11.18	10.88
Fe^2O^3. FeO	4.98	3.68
K^2O	4.28	2.80
Na^2O	4.60	4.10

Como se ve, hay un enriquecimiento de sílice en la roca esferolítica, una diminución muy sensible en la cantidad de potasa, poca en la de alumina y menos aún en la de sosa.

En la cubierta cristalina mezclada de productos terrosos ó en las paredes de las cavidades y litofisas encontramos los minerales en cantidades muy variables; por ejemplo, hay espacios tapizados casi exclusivamente de tridymita en excelentes laminitas exagonales, otros en que este mineral y el feldespato están en proporciones casi iguales. La forma dominante de los cristalitos de feldespato es la de tablitas de forma rectangular aplastadas según la cara de la base y alargadas según el clinopinacoide; las caras del prisma aparecen como pequeñas truncaduras. La fayalita es muy rara en estas litofisas y en tablitas extraordinariamente pequeñas. El cuarzo bipiramidado que viene sobre la calcedonia que cubre á algunas cavidades, lo consideramos de reciente formación, lo mismo que los cristalitos de ametista que se encuentran en algunas grietecitas de las litofisas de algunos puntos de la región de las Navajas.

Las rocas con grandes esferolitas y litofisas de que acabamos de hablar, reducidas á láminas delgadas presentan al microscopio un estado avanzado de desvitrificación de un magma micro-esferolítico. Bandas de escurrimiento fluidal muestran partes muy cargadas de finas triquitas, y envuelven ó rodean á grandes cuerpos circulares que se reconocen como esferolitas, pues se hallan constituídos de un agregado, las más veces en forma de plumas ó arborescente, de microlitas feldespáticas. Suelen algunas traer playas intercaladas de cuarzo. Otras veces estos cuerpos esferolíticos, con estructura radiante exéntrica, muestran la agregación arborescente, enteramente igual á la de la masa interesferolítica de algunas rhyolitas del National Park (Iddings).

Rhyolitas con sanidino de reflejo azul.

Desde que tuvimos ocasión de leer la descripción microscópica de las rocas del Paralelo 40,[1] nos llamó la atención ver en las páginas consagradas á las rhyolitas, varias citas de rocas conteniendo pequeños cristales de sanidino, que muestran en cierta posición, por reflexión, un hermoso color azul comparable al que dan algunas labradoritas. Con la idea de ver producido ese fenómeno en algunos fenocristales de nuestras rhyolitas, recorrimos nuestra vasta colección, habiendo tenido la fortuna de encontrar numerosos casos en rhyolitas de diversas localidades, principalmente de los Estados de Chihuahua, de Durango y de San Luis Potosí, rocas violadas y rojizas de pasta generalmente densa y litoidica. Los cristales de sanidino son por lo regular pequeños, sea de 2 á 4 mm. de longitud, que observados en la masa de la roca con una lente simple, se reconoce desde luego que aquellos que enseñan la coloración azul son casi siempre de sección rectangular, como si estuviesen cortados según el ortopinacoide, lo que á veces se comprueba por una soldadura según su longitud, que corresponde á la de los gemelos de Carlsbad, como se ha visto posteriormente en las láminas delgadas. Dicho reflejo azul, á veces tan intenso para llamar inmediatamente la atención en los ejemplares, ha sido observado en los sanidinos de la Nevadita de Chalk Mountain y en las de otras rhyolitas del Colorado, juntamente con un lustre satinado, sedoso ó nacarado, que se produce en las mismas superficies que dan el reflejo mencionado.[2]

Las secciones al microscopio de estos feldespatos, no muestran ningunas inclusiones capaces de poderse considerar como determinantes de esa reflexión, y hubo de buscarse la causa en un estado laminar que según cierta dirección presentan esos cristales, siendo entonces comparable el lustre, al producido por reflexión de delgadas láminas de vidrio apiladas. De este modo encuentra Whitman Cross[3] en las sanidinos de las localidades citadas, una partición,

1 Zirkel.—Microscopical Petrographie of the Fortieth Parallel.

2 Iddings encuentra el mismo reflejo azulado en los sanidinos de las litofisas de Obsidian Cliff.

3 Contributions to the Mineralogy of the Rocky Mountains. Bull. U. S. G. S. 1895. Nº 20.

digamos una laminación particular, como la de un crucero según Reusch, y que es paralela á un ortodoma; por lo tanto la reflexión de estas láminas se hace principalmente visible en los cristalitos cortados en la zona del ortopinacoide. Se podría demostrar la absoluta semejanza de posición y carácter de ese estado laminar, en nuestros sanidinos con reflejos y de un completo parecido también á los que sucintamente describe Ossan de las rhyolitas de Muerto Camp en Trans-Pecos, Texas.[1]

Nos ahorraremos por lo tanto la tarea de hacer la descripción de las rhyolitas con sanidino de reflejo azul, sólo citamos aquí especialmente una muy cargada de cristales de cuarzo, de plagioclasa y sanidino en un magma bastante cristalizado, del Santuario en la ciudad de Durango (17), una rhyolita axiolítica alterada de la Sierra del Oso, Partido de Indé (18). Las rocas alteradas de la Sierra del Pabellón (Ojinaga, Chih.) (20). Las rhyolitas pardas de la Sierra del Sacramento (Iturbide, Chihuahua) (20) no tienen más fenocristales que los de sanidino, y son de estos muchos los que tienen el reflejo pavonado. Las del Cerro Grande en el Zápuri, se caracterizan por la pureza y frescura de las secciones de sanidino en gemelos de Carlsbad y sin más inclusiones que pequeñísimas burbujas gaseosas.

Por último, una rhyolita gris violada bastante vítrea y con litofisas, de la Presa de Santa Isabel, en la hacienda de San Pedro (Mun. Reyes, San Luis Potosí) deja ver en su magma cristalitos rectangulares de sanidino con reflejo, en superficies escamadas, como si se tratase de un verdadero crucero.

Una mención muy especial debemos hacer de una hermosa rhyolita rojo-pardusca de la Sierra de Nancititla, entre Tejupilco y Huetamo (7), casi una felsonevadita, notable por la gran cantidad de cristales de cuarzo ahumados, diseminados en la pasta de la roca y casi con igual abundancia, cristalitos hasta de 5 mm. de longitud, de sanidino con magnífico reflejo sedoso ó satinado, tan intenso como el que puede dar la mica blanca, con la que al primer golpe de vista se confunde. Con una lente se observa que en las superficies que dan ese intenso lustre en cierta posición, muestran excesivamente claros los característicos cruceros. Es curioso que en láminas delgadas estos cruceros se vean muy claros y juntamente con ellos la delicada partición que observa Cross, según el ortodoma positivo. En fácil también observar que no sólo es una simple partición suceptible de compararse á un crucero, sino que también, según ella, existen hileras de numerosas y pequeñas cavidades gaseosas, algunas alargadas como líneas. Nosotros creemos que á esa especie de pseudo-crucero, como piensa Cross, se debe el lustre satinado, aumentado considerablemente por las pequeñas cavidades según aquellos planos. Quizá la abundancia excepcional de dichas cavidades en la roca de Nancititla, origina el lustre tan intenso, no comparable con el que muestran los sanidinos con reflejos que hemos visto descritos hasta ahora.

1 Report on the Rocks of Trans-Pecos, Texas. Fourth An. Rep. Geol. Surv. of Texas.

Rhyolitas con magma micropoikilítico.

Entre los variados aspectos de estructura que nos presenta el magma de las rocas ácidas microlíticas, debe señalarse específicamente el que ha sido designado por Williams con el nombre de estructura *micropoikilítica*, que ha sido reconocida ya en el magma de suficiente número de pórfidos cuarcíferos y de rhyolitas para poderse considerar como característica. En algunas de las descripciones que anteceden la hemos mencionado varias veces. La circunstancia de presentarse dicha estructura asociada frecuentemente á magmas esferolíticos en rhyolitas mexicanas y los numerosos pasos que existen entre ambas formas de cristalización simultánea, nos permiten considerar la estructura micropoikilítica con algunos otros autores, como una variante de la estructura esferolítica.

Mr. Williams[1] nos da una suficiente definición de esta estructura, que conviene justamente á la que nosotros hemos encontrado con más frecuencia. Sin embargo, ofrece aspectos un poco variados según resulta de otras descripciones que nos son conocidas. Esa definición se puede expresar como sigue: Areas constituídas de individuos comparativamente grandes de un mineral, dentro de las cuales se encuentran, en más ó menos abundancia, granos y cristales de otros minerales, pero en los que la orientación óptica no es uniforme para todos, ni tampoco corresponde á la de las grandes áreas cristalinas que los contienen. De esta manera dicha estructnra no se asemeja á la micrograníticа, ni tampoco á la pegmatítica, y de aquí le viene su especialidad. Nuestra forma más común, observada por ejemplo en las rhyolitas de Temascaltepec (5), en las del barrio de Analco y cerro del Mercado en Durango (17), y en muchos otros lugares, es la de playas irregulares de cuarzo, diseminadas en un magma más ó menos cripto ó microcristalino; dentro de cuyas playas, cuando están alumbradas á la luz polarizada, se ven playitas de forma irregular que dejan pasar menos luz, que se alumbran y se extinguen por grupos ó indistintamente al girar la platina del microscopio. Nuestra fig. 5 de la lám. VIII da una idea de estas playas que recuerdan, cuando son de pequeña dimensión, la estructura del cuarzo esponjoso de Mr. Fouqué, pues es de hecho una esponja de cuarzo la que envuelve á las playitas ó granos que á veces son fácilmente reconocibles como de feldespato. Este aspecto esponjoso es muy claro en las rhyolitas grises rosadas de la Bufa de Zacatecas (14) y en algunas rhyolitas de color claro de Curucupaseo en el Estado de Michoacán. Cuando las partículas incluídas son muy pequeñas, aunque se supone por analogía que son de feldespato, no es posible reconocerlo como

1 G. H. Williams. —On the use of the term poikilitic and micropoikilitic in Petrography, Journ. of Geol. Feb. March, Vol. I, 1893. Véase también: H. E. Gregory. Contribution to the Geology of Maine, Geology of the Aroostook volcanic area. Bull. U. S. Geol. Survey Nº 165, 1900.—J. P. Iddings. Eruptive rocks of Electric Peak and Sepulchre mountain. Twelve An Rep. U. S. Geol. Survey, 1891-92.

tal; entonces el cuarzo adquiere aun á fuertes aumentos una forma arborescente ó como de copos de hielo, muy parecida á la que encuentra R. D. Irving en los pórfidos felsíticos del Lago Superior.[1] Con frecuencia vemos también en las rhyolitas de cerca de la Peña del Zumate, Real del Monte (1), las áreas de cuarzo arredondeadas y formadas de partes con tosca estructura radiante, como rosetas del tipo del cuarzo globular.[2] En otra parte hemos hablado de cómo tales rosetas pasan á verdaderas esferolitas, compactas ó porosas, y cómo estas últimas se desagregan en sus bordes y se resuelven en finas laminitas de feldespato que aparecen incluídas dentro de grandes playas de cuarzo ó de lagunas irregulares de cuarzo micropoikilítico, lo mismo que en las rhyolitas del Yellowstone Park (Iddings).[3]

Un magma micropoikilítico como materia interesferolítica es muy característico en la rhyolita de San Miguel de Allende (8); el cuarzo está en la forma de barritas entrecruzadas y entretejidas con barritas de feldespato diferentemente orientadas, fig. 6 lám. VIII. Algo se aproxima esta forma á la que con mucha frecuencia se ve en los pórfidos cuarcíferos y en algunas rhyolitas como continuación del crecimiento de cristales de cuarzo de primera consolidación.[4]

Volviendo á las playas micropoikilíticas que pasan á esferolitas radiantes comunes, debemos insistir sobre la desagregación que sufren tales esferolitas dando cristales de feldespato en tablitas de forma rectangular, embutidas dentro de grandes playas de cuarzo. Playas micropoikilíticas de forma irregular pasan también insensiblemente al desarrollo perfecto de tablitas de feldespato en el cuarzo, especialmente características en rocas conteniendo litofisas. Este hecho parece interesante en cuanto al momento de formación de la estructura de que hablamos, pues es indudable que existe una relación entre la formación de las litofisas y la del magma micropoikilítico, más perfecto y más bien desarrollado en México, en las rocas con litofisas, que en rhyolitas menos esferolíticas ó litoidicas. La roca de la Loma de Santillán (4) en Tequixquiapam (con litofisas) y la rhyolita del cerro del Almagre (ciudad de Durango) (17) muestran pasos sucesivos bien reconocibles, de fino tapiz arborescente micropoikilítico, á grandes playas de cuarzo límpido y en contacto con esferolitas de bordes desagregados con bien individualizados cristales tabulares de feldespato.

Por último, en algunas de las rocas mencionadas arriba, entre las lagunas micropoikilíticas distribuídas en el magma microcristalino ó cubriendo espacios entre las esferolitas, vemos una forma muy curiosa de cuarzo que llama-

1 R. D. Irving.—The copper bearing rocks of Lake Superior. Monog. V. U. S. Geol. Survey, p. 99, 1883.

2 M. Levy.—Structure et classification des roches éruptives, pág. 21, 1889, Paris.

3 Monog. XXXII, pág. 421.

4 W. Clements.—Volcanics of the Michigamme District of Michigan. Journ. of Geol. Vol. III, 1895.—The Chrystal Falls Iron bearing Dist. of Michigan, Volcanics of Hemlock formation. Monog. XXXVI, 1899.

mos *vermiforme* y que consiste de cintitas angostas de este mineral muy sinuosas, contorneadas, de bordes finamente dentellados, que se extinguen uniformemente en toda su longitud y varias á un tiempo. Esta circunstancia y la de aparecer con frecuencia al rededor ó en el medio de las playas micropoikilíticas, sugieren inmediatamente la idea de que este cuarzo vermiforme es el resultado de la soldadura de varias partes de la esponja de cuarzo. En ciertas preparaciones se ve este cuarzo tan íntimamente asociado al magma micropoikilítico, que excluye toda tentativa de considerarlo como un producto secundario en relación á aquella estructura.

La fig. 1 lám. IX es una representación de esta forma de cuarzo, que tiene la rhyolita de la falda Sur del cerrito del Almagre (Durango).

En resumen; la asociación de la estructura micropoikilítica á la esferolítica es casi constante; en nuestro concepto se debe considerar la formación micropoikilítica del cuarzo y feldespato como un caso particular de la estructura esferolítica con la que la ligan tan grandes afinidades como acabamos de ver, y que sin duda reconocen la mayor parte de los que han descrito y figurado la estructura micropoikilítica de Williams.

Es de notar que en las muestras con la estructura de que hablamos es muy común la estructura fluídea, y que dentro de las áreas micropoikilíticas se encuentran con frecuencia triquitas y granos de óxido negro de fierro, restos de láminas de biotita y aun productos verdes ó pardos de descomposición.

Si en muchos casos suponemos que la estructura micropoikilítica se relaciona con las litofisas, el momento de su formación es por lo tanto anterior al de la completa consolidación de las lavas y aun contemporánea de la formación esferolítica. En raros casos es posible suponer que es un producto secundario, pues una penetración de cuarzo en una masa poco densa ó poco consistente rhyolítica, podrá revestir una forma esponjosa ó micropoikilítica como en el ejemplo que damos de la Bufa de Zacatecas.

La micropegmatita.

Varias veces hemos citado accidentalmente fenocristales de feldespato probablemente de sanidino, que llevan en su interior, distribuídas con más ó menos regularidad pero siempre con uniforme orientación, playitas de cuarzo, reproduciendo la forma micrográfica qne ofrecen frecuentemente las rocas graníticas. Que este desarrollo simultáneo de cuarzo y feldespato se ha efectuado en las rhyolitas durante la primera consolidación, se comprende fácilmente, porque casi siempre se conservan los contornos del cristal principal, que es generalmente el feldespato, el que suele llevar las mismas inclusiones que los fenocristales simples. No es muy raro sin embargo encontrar ejemplos en que la forma del cristal es menos clara, y este es el caso para la roca esferolítica del cerro de Azoyatla (fig. 2 lám. IX), cerca de Pachuca, en la que el tamaño comparativamente grande de las playas de cuarzo, no deja ver

claros los contornos del cristal. También hemos visto la plagioclasa con cuarzo en la forma micrográfica entre los fenocristales de una roca de Zacatecas.

Pero no sorprenden tanto estos casos de cristalización simultánea de fenocristales, cuanto el hallazgo de la micropegmatita en el magma de última consolidación, en condiciones que en sumo grado favorecen la idea del parentezco de estructura que se supone existe entre ésta, las esferolitas y el magma micropoikilítico. Una sola roca, la de la hacienda de Chicavasco, cerca de Actopam, de color blanco manchada de rojo anaranjado, presenta al microscopio, entre un magma criptocristalino con estructura de escurrimiento, granulaciones amarillentas y triquitas, lagunas circulares, incoloras, finamente granulares en el centro y delicadamente fibrosas en los bordes, que bien pronto se reconocen entre los nicols cruzados como esferolitas que conservan en la periferia la estructura finamente radiante y la cruz negra, pero en cuyo centro el carácter fibroso se sustituye por un agregado granuloso microcriptocristalino y por lo tanto de muy débil doble refracción, en cuyo seno se ven manchas arredondeadas de cuarzo y feldespato en preciosa estructura micropegmatítica, de la que damos el ejemplo en la fig. 3 lám. IX tomada de una excelente fotografía. El cuarzo se halla en la forma de pequeñitas cuñas que, unidas á veces por sus ángulos, dan una forma muy curiosa arborescente y radiando de un centro como esferolita.

En el núcleo y cerca de los bordes de las esferolitas se ven playitas de cuarzo límpidas, y en el magma de la roca laminitas alteradas de biotita y agujitas de hornblenda.

Alrededor de algunos cristales primarios de cuarzo con penetraciones del magma, se ve una auréola ancha de la misma micropegmatita. En las esferolitas más pequeñas que trae la roca, sólo un pequeño núcleo en el centro muestra el estado granuloso, y el resto, la estructura finamente radiante común, con partículas opacas ordenadas también radialmente.

Litoiditas.

Casi el simple aspecto macroscópico de algunas rhyolitas permite distinguir y considerar con cierta independencia esta variedad, pues como es bien sabido se caracteriza en las rocas ácidas, simplemente por la rareza ó ausencia de elementos de primera consolidación. Esto coincide naturalmente con un aspecto homogéneo y uniforme de la masa de la roca, con una estructura más común en lajas, con una división columnar más ó menos perfecta en el terreno, y por último, en algunos casos, con un ligero lustre y textura imperfectamente conchoide que sería el que correspondiese á las verdaderas litoiditas. Su asociación con las rhyolitas propiamente dichas es tan constante, que no ha habido lugar á separarlas formando un grupo aparte, sino simplemente como una variedad de ellas. Así las consideran Hague é Iddings[1]

1 Hague é Iddings.—Notes on the volcanic rocks of the Great Basin. Amr. Jr. of Sc., Vol. XXVII, June, 1884.