

GRANATES, TURMALINAS, MICAS Y FELDESPATOS  
DEL DISTRITO NORTE DE LA PENINSULA  
DE LA BAJA CALIFORNIA.

POR EL INGENIERO TEODORO FLORES,  
JEFE DE LA SECCION DE GEOLOGIA GENERAL



# GRANATES, TURMALINAS, MICAS Y FELDESPATOS DEL DISTRITO NORTE DE LA PENINSULA DE LA BAJA CALIFORNIA.

POR EL INGENIERO TEODORO FLORES,  
JEFE DE LA SECCION DE GEOLOGIA GENERAL

En el Distrito Norte de la Península de la Baja California, existen algunas localidades en las cuales se encuentran silicatos notables, que en su mayoría, por la perfección de su cristalización, dimensiones de los cristales, naturaleza de su yacimiento y modo de formación, merecen, por consiguiente, una descripción y estudio especiales y que son dignos de figurar en los catálogos de las especies minerales mexicanas interesantes para nuestra Geografía Mineralógica.

Dichas localidades son los pequeños valles de Santa Rosa, Santo Tomás y San Ramón, que están situados casi en la cresta de la sierra de San Pedro Mártir, perteneciente a la Municipalidad de Ensenada, de dicho Distrito Norte. Los mencionados silicatos son granates, turmalinas, micas y feldespatos que se presentan en los terrenos metamórficos de esa porción de la península californiana.

Antes de entrar en la descripción y estudio mineralógico de estos silicatos, expondré algunos datos acerca de la fisiografía y geología de la región en que se encuentran, datos que son indispensables para comprender la naturaleza de su yacimiento y modo de formación.

## FISIOGRAFIA

La sierra de San Pedro Mártir, en el Distrito Norte de la Península de la Baja California, aparece como un macizo montañoso cuyas crestas principales corren con dirección general de

38° NW. (rumbo magnético) (1). La extensión longitudinal de este macizo montañoso, desde su extremidad boreal (cerro de San Matías), hasta su extremidad meridional (cerro Chato), puede estimarse aproximadamente en noventa kilómetros. Constituye esta sierra un importante elemento de relieve en el eje de la península, pues en ella se encuentra la cima más alta de la Baja California, el pico de Providencia, a 3,086 metros de altura sobre el nivel del mar. Se presenta este macizo como una especie de espinazo, en el que dominan picos y crestas, entre los cuales se forman los pequeños valles longitudinales (conocidos localmente con el nombre de "bajíos") de la Corona (2,610 metros), Vallecitos, La Grulla (2,140 metros), Encantada (2,480 metros), Santa Rosa, Santo Tomás (1,840 metros) y Santa Eulalia, que aunque son valles de corta extensión superficial, pues el más extenso de ellos (Santa Rosa) mide apenas diez kilómetros de longitud por cuatro de anchura, se prestan mucho a la cría de ganado por el pasto que crece en ellos y el agua permanente que los riega.

Las vertientes de la sierra de San Pedro Mártir contrastan notablemente, pues mientras que las pendientes del Pacífico son en lo general accesibles y algunas de ellas mueren gradualmente en los valles interiores de la península, las del lado del Golfo de California son fuertemente acantiladas, casi inaccesibles y presentan profundas escotaduras que forman cañones entre los cuales citaré como más importantes, de norte a sur, los siguientes: San Matías, Esperanza, El Copal, El Diablo, El Diablito, Providencia, Encantada o La Ventana, El Cajón, Santa Rosa o La Suerte, Agua Caliente, El Carrizo y El Parral.

Las aguas que corren por los cañones que acabo de citar son, en su mayor parte, de régimen torrencial y al perderse en el desierto arenoso del E., forman, casi siempre, conos de deyección; en cambio, las aguas que pertenecen a la vertiente opuesta (la del Pacífico), son de carácter más permanente y originan las corrientes de San Pedro Mártir, Alcatraz, La Grulla, La Zanja, Santa Clara y Valladares, que reunidas forman el importante río de Santo Domingo, el cual va a desembocar en la bahía de San Ramón. Mencionaré también como aguas igualmente impor-

---

(1) La declinación magnética en esta porción N. de la Península es de 14° al E.

tañes pertenecientes a la vertiente del Pacífico y que nacen en la sierra de San Pedro Mártir, los arroyos de San José, San Rafael y San Antonio del Mar, conocido éste último también con el nombre de arroyo de La Calentura. Varias de estas corrientes son alimentadas, en cierta época del año, por el agua procedente de la fusión de la nieve que cae con frecuencia durante los meses de invierno en las partes altas de la sierra de San Pedro Mártir y que llega a formar, en algunos inviernos crueles, una capa de un metro de espesor.

El clima de la sierra de San Pedro Mártir es sano y frío, siendo las variaciones diurnas de temperatura muy amplias, pues llegan a tener oscilaciones comprendidas entre 12° C. y 32° C., oscilaciones que producen una enérgica desintegración de las rocas graníticas de que están formados principalmente los picos y crestas que he mencionado. Esta enérgica desintegración divide las masas graníticas en bloques de grandes dimensiones que aparecen como si estuviesen irregularmente amontonados.

En la sierra de San Pedro Mártir crece una abundante vegetación arbórea, compuesta en su mayor parte de pinos de diversas clases que llegan a alcanzar dimensiones considerables, tanto en altura como en espesor. Esta vegetación ayuda a la influencia bien conocida que sobre las condensaciones y precipitaciones atmosféricas ejerce la altitud y relieve del terreno y a ella se debe, en parte, que las lluvias en esta porción norte de la península, no sean tan escasas como lo son en el centro del Territorio.

## GEOLOGIA

Las rocas dominantes en la sierra de San Pedro Mártir son rocas graníticas que ocupan extensiones superficiales más o menos grandes y que aparecen, casi siempre, atravesando pizarras metamórficas (gnéises y mica-pizarras). Estas rocas metamórficas son probablemente las más antiguas de la región y se presentan en algunos lugares muy plegadas y trastornadas, y en otros como girones dejados por la erosión.

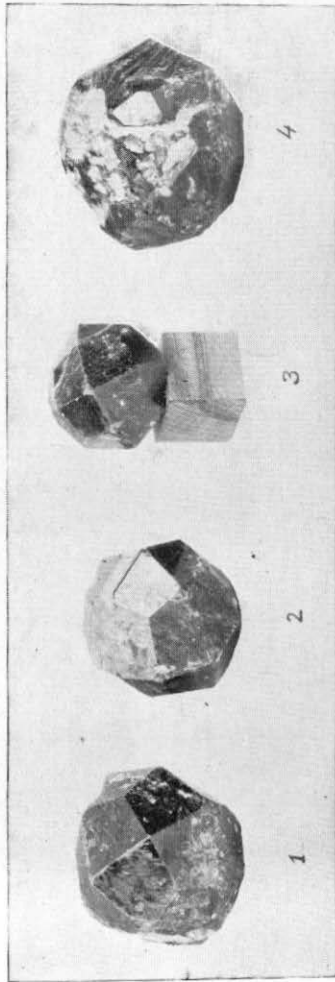
Los granitos de la sierra de San Pedro Mártir son rocas intrusivas post-cámbricas y que ofrecen una gran variedad de estructuras y composición mineralógica; se encuentran allí el granito porfiroide con fenocristales de feldespato ortosa rojizo, el

granito de grano grueso, el granito de grano fino, el granito gné- sico, el granito de mica blanca, el granito de mica negra, el gra- nito hornbléndico, en el cual la anfíbola hornblenda es a veces tan abundante, que reemplaza casi a la mica; y, por último, se presentan también diversos tipos de pegmatita, diques aplíti- cos e intrusiones dioríticas. Ya he dicho antes que todas estas rocas aparecen agrietadas y desintegradas en las partes altas de la sierra y que esta desintegración es debida principalmente a las alternativas de calor y frío producidas por los cambios bruscos de temperatura que se observan allí.

Las pegmatitas se encuentran con frecuencia en el macizo granítico de la sierra de San Pedro Mártir, bajo la forma de in- trusiones o capas intercaladas entre los bancos del granito gné- sico o bien como diques en el granito. En capas intercaladas se encuentran el granito gné sico del cerro de Huimiyac (cerro Acostado), situado al SE. del valle de La Trinidad cerca de la extremidad NW. de la sierra. Los estratos de granito gné- sico tienen allí un rumbo de  $15^{\circ}$  NW., con  $20^{\circ}$  de inclinación al NE. y las capas intercaladas de pegmatita alcanzan cerca de dos metros de espesor. De la misma manera aparecen en los acantilados al NW. del Pico de Providencia y en los alrededores del vallecito de La Encantada; pero en este último lugar los bancos son más delgados. Como diques e intrusiones se encuen- tran en el valle de La Corona y en las cercanías de los agujajes de San Ramón y Santo Tomás. En los alrededores de San Ra- món, los diques tienen una dirección general de  $70^{\circ}$  NE. con inclinación de  $60^{\circ}$  al NW. Se presenta también a veces la va- riedad de pegmatita llamada "gráfica," en la cual el cuarzo aparece entre los cruceros del feldespato ortoclasa, formando fi- guras cuneiformes angulares con cierta orientación, que recuer- dan los caracteres hebráicos.

La ausencia de sedimentos fosilíferos marinos en las partes altas de la sierra de San Pedro Mártir, parece indicar que esta porción de la Península de la Baja California no fué cubierta por el mar, como lo fué el resto de ella en diversas épocas geológicas y que esta porción del macizo granítico de la sierra no participó (o al menos no fueron tan marcadas en él) de las oscilaciones que experimentó gran parte de la península du- rante el Cretácico Superior y el Terciario, oscilaciones que se

LAMINA I.

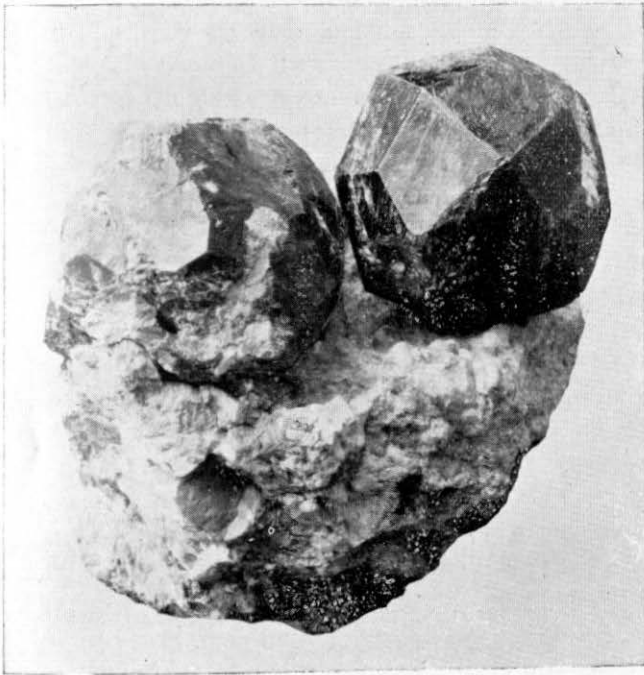


Granates.





LAMINA II.



Granates.



continuaron durante el Cuaternario y que parecen manifestarse todavía actualmente (1) en su parte meridional.

## DESCRIPCION Y ESTUDIO MINERALOGICO DE LOS SILICATOS

*Granates.*— Los ejemplares de granate son seis: cuatro han sido desmontados de su matriz y están por esto aislados (Lám. I) y dos se encuentran aún empotrados en ella (Lám. II); la matriz es pegmatítica. Todos proceden del vallecito de Santa Rosa y están cristalizados en trapezoides, a veces muy perfectos (véanse las figs. 1 y 3 de la Lám. I). Esta forma cristalográfica no es frecuente en los granates mexicanos que he tenido oportunidad de conocer, los cuales se encuentran casi siempre cristalizados en dodecaedros rombales, bien en su forma simple o en combinación con el cubo, octaedro y rara vez con el trapezoido.

El color de los cristales es de un rojo vinoso, su lustre es de vidrio, su dureza de 7 y su densidad de 4.237 a 14° C.; algunos cristales son ligeramente traslucientes en los bordes y otros presentan en sus caras grietas muy finas que están rellenas por feldespatos ortosa y se destacan por eso como hilos blancos en el fondo rojo del cristal (N° 4 de la Lám. I.) En algunas formas cristalinas se presentan, además de las caras muy bien desarrolladas del trapezoido (211), unas pequeñas caras que corresponden al dodecaedro (110).

Las dimensiones y peso de los cristales son como sigue:

	mm.	Peso gms.
Número 1. Dimensión del eje cuaternario.....	42	106.965
Número 2.     "     "     "     "     .....	57	224.445
Número 3.     "     "     "     "     .....	61	324.320
Número 4.     "     "     "     "     .....	67½	407.787

En la fotografía (Lám. I) se ha puesto, para apreciar por comparación el tamaño de los cristales, un cubo de 25 milímetros de arista.

---

(1) Contribuciones a la geología de la región meridional de la Baja California, por el doctor E. Wittich. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo VI. (Primera parte.) Págs. 5 a 14.

Un análisis practicado en el Laboratorio de Química del Instituto de Geología, por el señor H. Larios (1) dió los siguientes resultados:

			Proporción molecular
SiO <sub>2</sub> . . . . .	36.15% . . . . .	0.6015	0.6030 — SiO <sub>2</sub>
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.12 „ . . . . .	0.0015	
FeO . . . . .	25.06 „ . . . . .	0.3485	0.5991 — R O.
MnO . . . . .	14.54 „ . . . . .	0.2057	
MgO . . . . .	1.21 „ . . . . .	0.0300	
CaO . . . . .	0.87 „ . . . . .	0.0155	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	19.78 „ . . . . .	0.1935	0.2071 — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.18 „ . . . . .	0.0136	
<hr/>			
99.91			

Larios dice que la muestra que analizó, la tomó seleccionando los pedacitos más rojos y transparentes, los que pulverizó después e hizo pasar por un tamiz del número 8; pero advierte que a pesar del cuidado que tuvo, no pudo lograr que la muestra fuera enteramente pura y llega a clasificar dicho granate como una almandita, aunque hace notar que algunos autores clasifican como espesartitas a individuos que contienen 10% de MnO. Encuentra sus resultados bastante de acuerdo con la fórmula que asigna Clarke (2) a los granates, y atribuye las muy cortas diferencias que obtuvo a la pequeña cantidad de impurezas que no pudo separar. Hace, además, la consideración de que los granates son casi siempre mezclas isomorfas de especies distintas que se encuentran con frecuencia, en ese estado, en el mismo individuo y considera representada la composición mineralógica de estos granates, como sigue:

Piropo (Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> ) . . . . .	4.04%
Almandita (Fe <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> ) . . . . .	57.94 „
Spessartita (Mn <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> ) . . . . .	33.92 „
Andradita (Ca <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> ) . . . . .	2.63 „
Suma . . . . .	<hr/> 98.53% <hr/>

(1) Análisis de un granate de la Baja California. Bol. Soc. Geol. Méx. Tomo VIII. (Segunda parte.)

(2) F. W. Clarke. Bull. of the U. S. Geol. Survey No. 125.

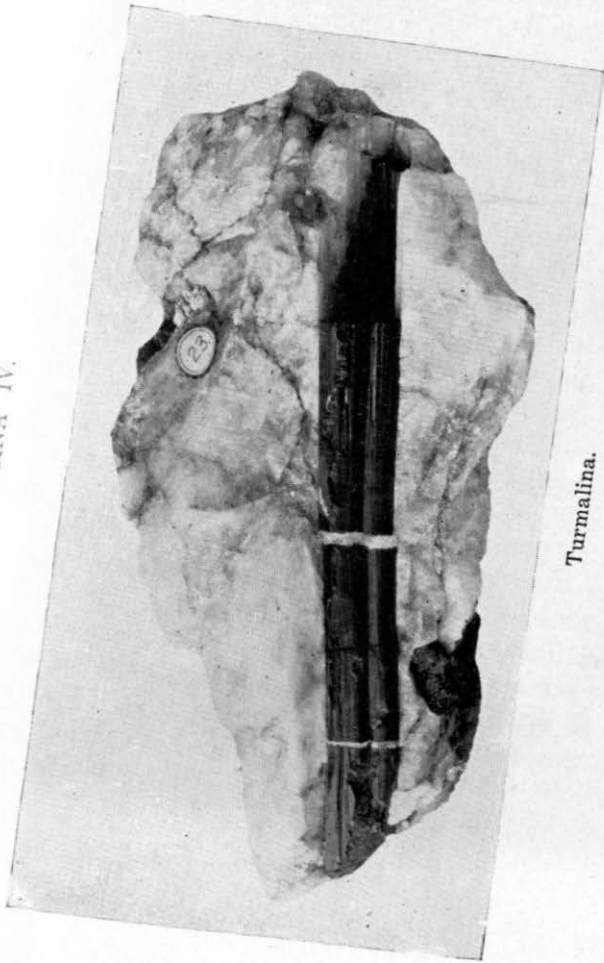
LAMINA III.



Turmalina.



LAMINA IV.



Turmalina.





Impurezas.	{	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.11
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.02
		TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.12
		SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.14

*Turmalinas.*—Dos son los ejemplares de turmalina: uno se presenta como un gran cristal (Lám. III) que está empotrado en una matriz pegmatítica y el otro, que es de menores dimensiones (Lám. IV), está quebrado y dislocado, y sus fragmentos se encuentran cementados por sílice compacto. Estas turmalinas son de color negro de la variedad ferrífera llamada “chorlo;” los cristales son prismáticos de caras estriadas verticalmente y el cristal pequeño presenta la sección transversal en forma de triángulo esférico, típico de esta especie de mineral. El cristal grande, que es solamente un fragmento del primitivo cristal, tiene 260 milímetros de longitud y un diámetro de 50 milímetros; este cristal está doblado y además ligeramente deformado por un movimiento de torsión, que produjo pequeñas fracturas transversales al eje del cristal, fracturas que están rellenas por sílice. Proceden estas turmalinas de la misma localidad que los granates y, en el yacimiento pegmatítico donde se encuentran, se pueden observar impresiones dejadas por algunos cristales aún más grandes; tuve oportunidad de medir la impresión de un fragmento que tenía 45 centímetros de largo por 9 centímetros de diámetro. Llama la atención, al estudiar estas turmalinas en el terreno, la abundancia en que existen en el yacimiento; pueden colectarse en él, cristales sueltos por millares y los que se ven empotrados en las pegmatitas parecen demostrar que, una vez formados, flotaron en el magna pegmatítico, el cual cementó los fragmentos de los cristales rotos o relleno las pequeñas grietas que se formaron en el cuerpo de ellos.

*Micas.*—Las micas se presentan también en las pegmatitas y afectan dos formas; ya la de micas palmeadas alargadas en “florones” (Lám. V) que llegan a tener cerca de quince centímetros de longitud, o bien la de láminas de apariencia exagonal de dimensiones algo menores. Estas micas son micas blancas de hábito tabular, de fácil crucero que permite separarlas en láminas muy delgadas, en la superficie de las cuales se notan

señales muy claras de los esfuerzos de compresión a que estuvieron sujetas. Provocadas en estas micas las figuras de percu- sión (1) y examinadas al microscopio se pudo determinar que pertenecen a la clase I, de las dos clases ópticas en que se divi- den las micas; es decir, son micas en las que el plano de los ejes ópticos es normal al plano de simetría (010). Analizadas qui- micamente, algunas de las muestras colectadas dieron un prome- dio de 10.46% de potasa; así es que, tanto por el resultado de este análisis químico, como por sus propiedades mineralógicas, son éstas micas muscovitas. Los ejemplares colectados proce- den de los alrededores del aguaje de San Ramón, situado en el valle del mismo nombre.

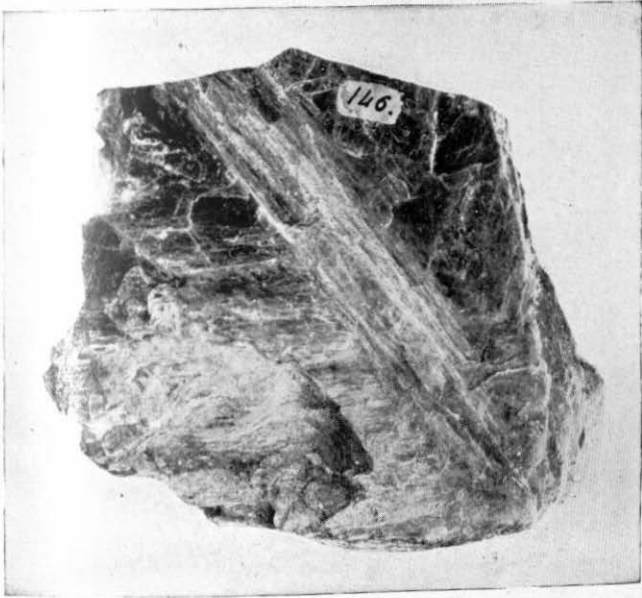
*Feldespato.*—Se presenta también como uno de los cons- tituyentes de las pegmatitas de estas localidades el feldespato ortoclasa en grandes cristales. La lámina VI representa un grupo de dos cristales, en el que el cristal más grande tiene una longitud de 105 milímetros, por una sección de 70 milíme- tros, medidos según la longitud máxima de la sección; las for- mas cristalinas que se pueden observar en este cristal son las caras bien desarrolladas del prisma primitivo, y dos caras algo confusas, pertenecientes a un braquidoma y a un clinoprisma. El feldespato es ortoclasa, de un color de carne ligeramente rosado, de lustre algo aperlado, estando las caras de los cristales cu- biertas por laminitas de clorita. Procede este ejemplar del ce- rro de "La Corona," uno de los picos más altos de la sierra de San Pedro Mártir.

Tanto este ejemplar como los de los otros silicatos ya des- critos figuran en las colecciones del Museo de Mineralogía del Instituto de Geología y fueron colectados personalmente por mí y por el señor ingeniero Pedro González Jr. durante una explo- ración que hicimos en la parte central elevada del Distrito Nor- te, formando parte de una Comisión nombrada hace tiempo, por dicha institución, para investigar los recursos naturales de la península.

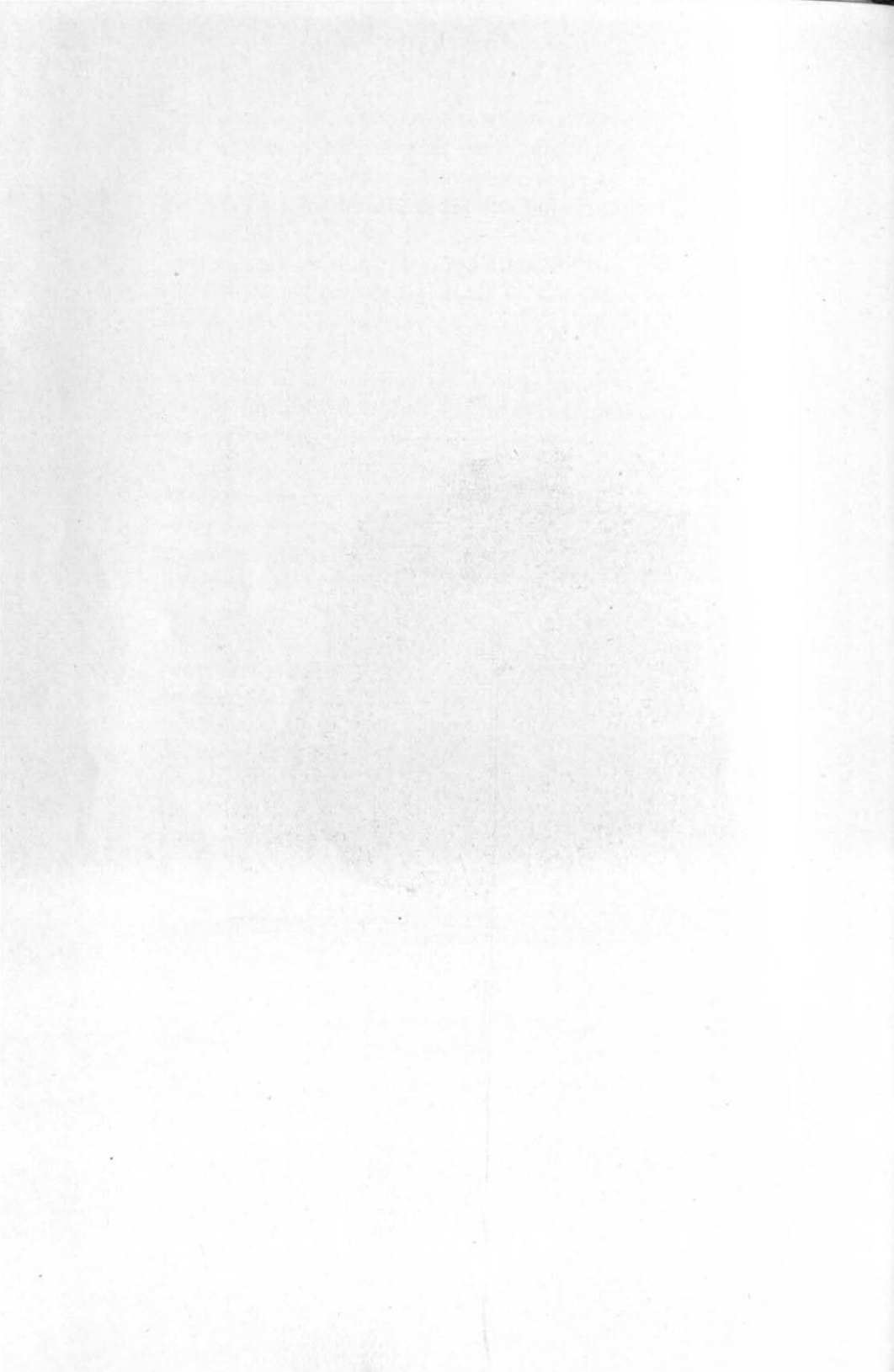
---

(1) The System of mineralogy of J. D. Dana, by Edward Salis- bury Dana, New York. 1911, pág. 611.

LAMINA V.



Mica.



LAMINA VI.



Feldespató.



## NATURALEZA DEL YACIMIENTO Y GENESIS DE LOS SILICATOS

En la zona de contacto de las erupciones y diques pegmatíticos con los granitos, gnéises y mica-pizarras, de la sierra de San Pedro Mártir, se encuentran bien representados los silicatos de metamorfismo y entre éstos, principalmente, el granate. El granate es el mineral más importante de un grupo de minerales de fuerte metamorfismo, que se forma frecuentemente bajo la influencia combinada de una alta temperatura, humedad y fuerte presión. Se presenta muchas veces asociado a otras especies minerales que se forman en las mismas condiciones, tales como la wollastonita, cordierita, vesubianita, escapolita, condrodita, estaurolita, andalucita, cianita, zircón, etc., minerales anhidros, de elevada simetría cristalina en su mayor parte. En las pegmatitas de la sierra de San Pedro Mártir, se presentan, además de la wollastonita, la turmalina y la mica, silicatos formados todos por la combinación del ácido silícico con diversas bases, es decir, por procesos de silicatación. El doctor E. Wittich encontró, además, en estas pegmatitas, el berilo que describe en un trabajo que publicó (1) sobre las piedras preciosas de la Baja California.

Con respecto al origen de las pegmatitas de la sierra de San Pedro Mártir, que sirven de matriz a estos silicatos, puede decirse que la frecuente pegmatización que se observa en los granitos y gnéises que forman el macizo de esta sierra y la forma con que se presentan las pegmatitas en algunos lugares de ella,

---

(1) Véase el Boletín Minero, Tomo I, número 3. México. Febrero de 1926.

(en bancos intercalados entre las capas del granito gnéísico con elementos mineralógicos de tamaño relativamente pequeño y casi desprovistos de turmalina), hace pensar en una verdadera inyección ígnea que hubiera seguido los planos de separación de esa roca, por ser estos planos superficies de menor resistencia a través de los cuales se abrió paso la inyección. Esta observación se adapta a las ideas de Bröger y Williams, según las que puede atribuirse un origen esencialmente eruptivo a ciertos diques de pegmatita. Pero en otros lugares de la sierra, las pegmatitas se presentan, al contrario, con elementos mineralógicos en grandes cristales y contienen turmalina en abundancia, lo que parece probar que intervinieron, en este caso, fenómenos neumatolíticos durante los cuales se efectuó una concentración de los constituyentes gaseosos del magma primitivo, entre los que, además del vapor de agua, figuraron mineralizadores energéticos, tales como el boro. Estos ejercieron una acción particularmente favorable para provocar la cristalización de los silicatos, al modificar la viscosidad del magma y disminuir su punto de solidificación provocando así las condiciones apropiadas para su cristalización, la que no hubiera podido verificarse en un magma seco. Van Hise considera la pegmatización (1) como fases distintas de una misma acción, que primero es principalmente acuosa, después principalmente ígnea y por último ígneo-acuosa. A propósito de estas distintas fases, dice este autor lo siguiente, que traduzco de su excelente *Treatise on Metamorphism*: "Me parece que para explicar propiamente todos los casos descritos de pegmatización relativos a diversas regiones del globo, debemos admitir que pueden haber intervenido tres procesos: en algunos casos una inyección ígnea, en otros una acción ígneo-acuosa y en otros una simple cementación por agua y aun en otros casos combinaciones de dos o más de estos procesos. Además, hay que admitir que no hay una separación precisa entre todos estos procesos, sino que, al contrario, existen toda clase de gradaciones entre los tres. Así, es muy probable que bajo suficiente presión y alta temperatura haya toda clase

---

(1) *A Treatise on Metamorphism* by Charles R. Van Hise, U. S. Geol. Survey. Monograph XLVII, pág. 725.



de gradaciones entre las aguas calientes conteniendo materias minerales disueltas y el magma conteniendo agua en solución. En otras palabras, bajo condiciones apropiadas el agua y la roca líquida se mezclan en todas proporciones. Esta posibilidad, dada a conocer por mí por primera vez en 1896, ha recibido plena confirmación por las experiencias realizadas por Barus, quien ha demostrado que a temperaturas inferiores a 200° C. y a alta presión, el vidrio fundido y el agua se mezclan en todas proporciones. Con las soluciones acuosas tiene lugar una verdadera cementación; con las soluciones de roca una verdadera inyección. La pegmatización comprende esta última y los procesos intermedios. No es de esperarse que bajo grandes presiones y altas temperaturas haya una línea de separación precisa entre los procesos de cementación acuosa e inyección ígnea. En la superficie es por lo general fácil separar claramente la acción acuosa de la ígnea, pero a la profundidad, aun las rocas más resistentes están en estado plástico latente. A gran presión, las aguas calientes deben tener aptitud de absorber una cantidad mucho mayor de materia que en la superficie de la tierra; y la roca líquida está siempre muy impregnada de agua. Es probable que a profundidades considerables, existan por una parte lo que podría llamarse una solución acuosa y por otra lo que podría llamarse roca líquida, sin que pueda establecerse un límite bien marcado entre las dos. Si es así, hay todos los estados posibles de transición entre las verdaderas inyecciones ígneas y la cementación acuosa, pudiendo explicarse así las varias fases de la pegmatización."

Esta teoría de Van Hise, que podría llamarse de inyección-cementación, parece explicar bastante bien las diversas formas de pegmatización que se observan en la sierra de San Pedro Mártir.

Por otra parte, el orden de sucesión de la cristalización de los distintos minerales que se encuentran en estas pegmatitas, turmalinas, granates, mica, feldespato y por fin el cuarzo que seguramente se solidificó al último, cementando entonces a los fragmentos de los cristales de turmalina ya formados (como lo muestra el cristal representado en la Lám. IV), hace pensar en una acción ígneo-acuosa, en la que el agua, temperatura y pre-

sión desempeñaron gran papel. Lindgren (1) considera a los diques de pagmatita como los diques complementarios que acompañan generalmente a una masa intrusiva importante y como formados en una solución ígneo-acuosa a temperaturas comprendidas entre 300° C. y 400° C. y a grandes presiones que exceden, a veces, a 200 atmósferas. Cita, como minerales característicos de las pegmatitas, a los siguientes: magnetita, bornita, arsenopirita, molibdenita, cassiterita, wolframita y como matrices al cuarzo: muscovita, feldespatos potásicos, turmalina, apatita, fluorita, espodumena y rara vez hornblenda y feldespatos sodio-cálcicos. Debo llamar la atención acerca de la interesante observación que hace este autor, sobre el hecho de que esta clase de formaciones contienen depósitos metálicos (de oro y plata) de escasa importancia económica, con excepción de los de estaño y los de tierras raras.

Es, pues, probable que las pegmatitas de la sierra de San Pedro Mártir, en las cuales se presentan los silicatos que han sido objeto de este estudio, reconozcan en ciertos casos un origen ígneo-acuoso, en combinación con una alta temperatura y una gran presión, y en otros sean el resultado de una verdadera inyección ígnea.

---

(1) Waldemar Lindgren "Mineral Deposits," New York, 1919, p. 780, y "The relation of Ore-deposits to physical conditions.—Comptes rendus de la Xme. Session du Congrès Geologique International (México, 1906), Deuxième fascicule, pág. 706.