

LAS ESPECIES MINERALOGICAS GUANAJUATITA Y PARAGUANAJUATITA

Por *Paul RAMDOHR*

INTRODUCCION

El deseo inicial de dar más amplitud al presente trabajo que se realizó en colaboración con Strunz, no pudo ejecutarse, debido a circunstancias que impidieron darle mayor extensión, así como la forma proyectada.

Por lo que toca a la redacción actual, las medidas y cálculos de las constantes de la redícula molecular de la guanajuatita, así como la ejecución técnica de los fotogramas del polvo se deben a Strunz, en tanto que el resto del estudio es original del autor.

El relato de Machatschki (1) acerca de un trabajo de Carpanese (2), que se ocupa¹ de la síntesis de los sulfuros y seleniuros, así como también de la guanajuatita, me hizo recordar el interés que me despertaron las incongruencias encontradas en la literatura más antigua, referente a esta última especie mineral, cuando se trató de compilar los datos existentes para el "Tratado de Microscopía Mineral" (3). Mis observaciones motivaron la intercalación en el texto de la nueva edición (1942) de "Klockmann-Ramdohr" (4), de las referencias respecto a la guanajuatita como sigue: " $\text{Bi}_2 (\text{Se}, \text{S})_3$, pero no isomórfica con la especie mineral anterior (bismutita)". El material de comparación, algo más abundante y parcialmente bien analizado, de la colección de Berlín, permitió al fin estudiar el problema con mayor precisión.

Para anticipar el resultado, hay dos especies minerales diferentes y de constitución $\text{Bi}_2 (\text{Se}, \text{S})_3$: la guanajuatita en el sentido de la nomenclatura más antigua, del mismo tipo que la bismutita y probablemente también, por lo menos parcialmente, isomórfica con este mine-

¹ Este relato confunde, por lo demás, dos citas bibliográficas que aparecieron en diferentes años. El trabajo particular citado no contiene nada tocante a la guanajuatita o Bi_2Se_3 . Los datos referentes a este mineral se tomaron de una publicación más reciente de Carpanese (2).

ral, y la paraganajuatita, muy parecida en la estructura de su retícula molecular a la bismutita telúrica (Bi_2Te_3) y a la tetradimita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$), que corresponde a la "guanajuatita sintética" de Carpanese.

GENERALIDADES

Todas las muestras que fueron puestas a mi disposición provienen del clásico lugar del descubrimiento de la guanajuatita: la mina de Santa Catarina en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México.

Una muestra del material antiguo fué utilizada por C. Rammelsberg para sus análisis químicos y otra fué colectada en 1906 por G. Silberstein durante el Xº Congreso Geológico Internacional.

Por desgracia, parte de los ejemplares no está completamente fresca; contiene costras delgadas y más gruesas de minerales de color gris blanquizo u ocre de descomposición, de los cuales uno es fuertemente anisótropo, con un índice medio de refracción de 1.9 a 2.0 (se prescindió de una determinación más exacta, ya que se trata posiblemente de un mineral todavía desconocido, algo análogo a la montanita ($\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)). Aunque apenas influyen estos productos de alteración en el examen microscópico y roentgenográfico, siempre impiden la determinación exacta de la densidad y de las propiedades químicas de las muestras correspondientes, dificultando además la preparación de buenas superficies pulidas, porque de las partes alteradas se desprenden siempre esquirlas del mineral, el cual además es poroso. Por otro lado, las muestras se hallan casi completamente libres de minerales accesorios.

Dos ejemplares contienen cristales muy buenos que coinciden por su forma externa y su crucero con los cristales de antimonita y bismutita, caracterizados por sus bandas longitudinales y su aspecto algo ondulado-torcido, debido a fenómenos de translación y torsión, lo que comprueba, por lo tanto, claramente el "isomorfismo" que existe entre ellos, confirmado por algunos de los primeros investigadores (5,6). En vista del gran cuidado con que en aquellos tiempos se hicieron los análisis químicos (por ejemplo, véase de la bibliografía 7) y las mediciones cristalográficas, parece que la suposición de Carpanese, que la guanajuatita original haya representado solamente una bismutita selenífera, es desde luego algo prematura.

INVESTIGACION MICROSCOPICA²

1) En primer lugar se expondrán los resultados observados en una superficie pulida y casi completamente fresca de la especie que después,

² En el "Tratado de Microscopía Mineral" (3) aun no se pudo separar la guanajuatita de la paraganajuatita. De lo expuesto en aquel libro se repiten aquí solamente los datos que sirven para distinguir y rectificar.

en el examen roentgenográfico, también demostró pertenecer a la guanajuatita en un sentido riguroso.

Tampoco en el caso de que se trata, resultó bien el pulimento, porque el ejemplar contenía abundantes poros con pequeños cristales, siendo además de dureza muy baja.

Las propiedades ópticas esenciales son muy semejantes a las de la bismutita. La capacidad de reflexión, que no se puede apreciar cuantitativamente, debido a las deficiencias del pulimento, es en promedio más alta; en comparación directa ocurren también coloraciones algo más rosadas. El pleocroísmo de reflexión es distinto, sobre todo en aceite, pero mucho más reducido que en la antimonita, sensiblemente menor que en la bismutita y distintamente inferior también al de la paraganajuatita.

Los efectos de la anisotropía bajo nícoles cruzados, especialmente usando objetivos débiles de inmersión son muy marcados, aunque menos pronunciados que en la bismutita; pero en esencia son semejantes y más elevados que en la paraganajuatita. La extinción es recta. La recristalización del mineral en forma de agregados subparalelos puede dificultar esta observación.

Los agregados son de forma granular-ovalada o radiada hasta columnar. En el último caso se notan todavía flexiones en el curso de los planos de los cruceros, aun también cuando el material ha sufrido una recristalización con conservación de la orientación original aproximada. Es muy digno de tomarse en cuenta que tal cristalización no tiene siempre lugar y que afecta un aspecto esencialmente diferente de la textura paramórfica descrita más adelante.

2) A los resultados obtenidos bajo el inciso I se opondrán los que arrojó la investigación de otra muestra, por desgracia muy alterada debido al intemperismo; pero que, en lo que toca a lo demás, es en su exterior absolutamente igual a la primera descrita. También aquí la estructura radiada, fenómenos de desviación y el crucero son claramente discernibles. El pulido tampoco es satisfactorio en este caso.

A primera vista y respecto al crucero y a ciertas propiedades ópticas, la impresión que da el estudio de un plano pulido es parecida a la del caso primero. Sin embargo, al cruzar los nícoles se observa un aspecto completamente diferente. Los planos persistentes de los cruceros, apareciendo de una manera muy notoria debido a la alteración,

se presentan sin relación alguna con la orientación óptica del mineral. En lugar de ver los grandes cristales, que era de esperarse, se observa un agregado bastante fino y de aspecto granuloso, enteramente confuso de compuestos irregulares y largamente ovalados, por lo general íntimamente soldados y finamente adentados en sus bordes.

A primera vista surge, naturalmente, la idea de pensar de inmediato que este agregado represente una textura secundaria de recristalización de una guanajuatita muy trastornada; pero el resultado óptico distinto y particular, aunque se revela sólo a una muy cuidadosa observación, se opone enteramente a tal suposición. El pleocroísmo de reflexión no es precisamente alto; pero sí más fuerte que en la guanajuatita. Los efectos anisotrópicos son sensiblemente más débiles, supuesto naturalmente que se consideran cada vez exactamente en las mismas circunstancias ópticas. En el agregado ocurren con frecuencia relativa, orientaciones del corte en que no se observa ni pleocroísmo de reflexión ni anisotropía. Tales granos aparecen limpiamente blancos y muy rayados; los demás granos son pleocroicos con intensidad variable, pero exhiben siempre en determinada dirección, color blanco y puro y varios tintes parduzcos en la perpendicular a ésta. Aparecen mejor pulidos y algo más duros. Lo que se encuentra pues, es que debe uno suponer la presencia de un mineral ópticamente uniaxial. El estriado mucho más marcado en los cortes basales sugiere una estructura este-reométrica molecular en que la reticulación aparece en forma parecida a estratificación.

En la fotomicrografía adjunta se nota apenas el pleocroísmo de reflexión (Fig. 1), mientras que la misma, bajo nícoles cruzados (Fig. 2), revela perfectamente bien la agregación paramórfica.³ El crucero original de la guanajuatita ortorrómbica se nota inmediatamente. Se advierte por lo demás que estas fotomicrografías representan una parte muy fresca de la sección.

La cuestión referente al tiempo en que se efectuó el paramorfismo es difícil de resolverse. Seguro es que la deformación y subsecuente flexión translativa, así como los fenómenos de crucero, son ante-

³ La "retícula estratificada" no significa desde luego, en el plano pulido, anisotropía intensa o bireflexión, como sugiere el resultado de observación tratándose de casos como los del grafito, de la molibdenita, covalita y vallerita. Algunos minerales enteramente típicos de esta clase, por ejemplo la nagyagita, tetradimita y otros, exhiben bireflexión muy débil. Lo decisivo en retículas estratificadas no es, como se sabe, la distancia entre los planos de la red, la cual representa el factor esencial de la bireflexión; sino la saturación estrecha de las capas individuales o grupos de capas, y la débil coherencia perpendicular a éstas.



Figura 1. Paraguanajuatita de Guanajuato. Plano pulido mostrando bien el cruceo original de la guanajuatita, y localmente también la estructura radiada, pero con muy poco pleocroísmo de reflexión.

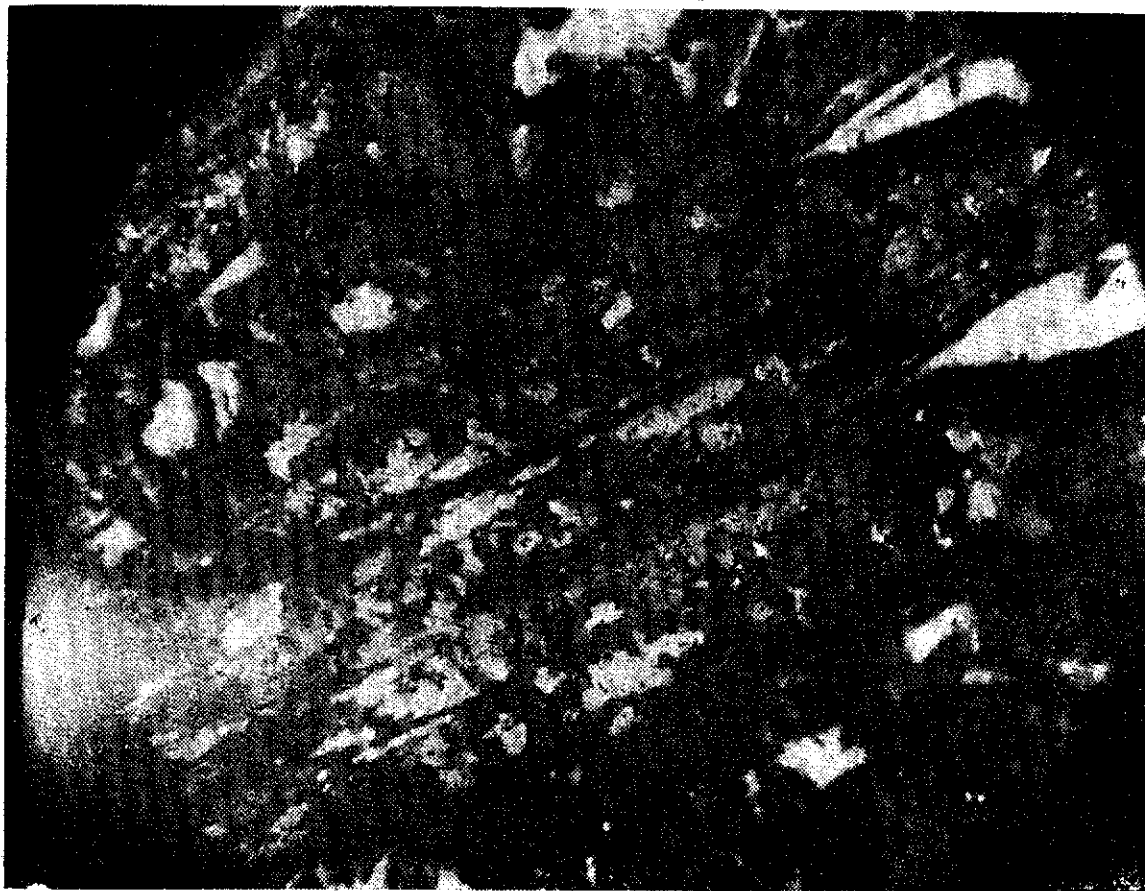


Figura 2. Paraguanajuatita de Guanajuato. La misma sección de la figura 1, pero bajo nicoles cruzados. De una manera muy clara deja ver el agregado paramórfico irregular sin relación con el crucero. El pleocroísmo de reflexión falta en los granos muy blancos, pero se nota en el resto de la masa.

riores a la alteración por intemperismo. Hay que suponer, con probabilidad, que el paramorfismo se verificó poco después de los trastornos primeramente sufridos y que precedió también a los ataques del intemperismo. Sin embargo, esto no puede considerarse enteramente seguro, porque siempre queda alguna posibilidad de que estos últimos en su fase inicial hayan actuado de cierto modo catalítico, provocando el proceso de paramorfismo, ya que en ningún lugar del preparado se ha podido averiguar con toda seguridad que los efectos del intemperismo hayan sido dirigidos en su camino por los bordes de los granos constituyentes del agregado paramórfico y allí hayan dejado sus huellas.

EXAMEN ROENTGENOGRAFICO

Debido a los resultados de la investigación microscópica del mineral, expuestos anteriormente, se procedió a la elaboración de fotogramas del polvo y de los cristales individuales de la muestra 1. El material limpio para los fotogramas se juntó escogiendo y aislando de las muestras 1 y 2, con una aguja de preparación, las partículas homogéneas o casi homogéneas.

LAS CONSTANTES DE LA RETÍCULA DE LA GUANAJUATITA ORTORRÓMBICA

(Según apuntes de H. Strunz)

El hábito cristalográfico rómbico de la guanajuatita y su isoformismo con la antimonita, ya sospechados por Frenzel en 1874, fueron completamente comprobados en 1875 por Schrauf, en tanto que esto no fué posible con el material examinado en el que faltaban las caras terminales. Para eliminar de una manera segura las dudas que suscitaban las suposiciones de Carpanese, antes mencionadas, se hizo una investigación roentgenográfica basada en el material de buena calidad, procedente del punto original de descubrimiento, que también en el examen microscópico había dado pruebas de no haber sufrido paramorfismo. Este estudio se efectuó por medio de fotogramas del polvo y con un diagrama giratorio alrededor del eje b^4 de una astilla homogénea que fué difícilmente aislada del polvo. El resultado fué el siguiente:

⁴ Posición, según Hiller, que tiene el efecto de que el crucero de la antimonita aparezca paralelo a la base (001) y que el eje mayor (usualmente c) aparezca paralelo a [010]. No importa aquí la cuestión de que si tal colocación resulta conveniente a lo largo o no.

$$a_0 = 11.32 \pm 0.02\text{Å}; b_0 = 4.17 \pm 0.02\text{Å}; c_0 = 11.48 \pm 0.02\text{Å}$$

$$a_0:b_0:c_0 = 2.715:1:2.753$$

La sucesión de reflejos en el plano ecuatorial corresponde completamente, en alto grado y aun respecto a las intensidades, a la observada por W. Hofmann con referencia a la antimonita. Prescindiendo de la disminución de las distancias interlineares, también en los fotogramas del polvo la semejanza es muy grande, o sea superior, por ejemplo, a la que existe entre la antimonita y la bismutita. Esto es, naturalmente y desde luego, claro si se toman en consideración las proporciones entre los números ordinales: Sb:S=51:16, Bi:S=83:16, Bi:Se=83:34. Los valores individuales particulares para la guanajuatita, son en todos los casos más elevados que los correspondientes a la bismutita y antimonita.

TABLA 1. GUANAJUATITA: FOTOGRAMA ROTATORIO DEL PLANO ECUATORIAL ALREDEDOR DE [010]

Núm.	Int.	Lect.	Angulo δ°	$\text{sen}^2 \delta$	Indices hkl
1	dd				002 β
2	m	38.8	9°42'	0.0284	002
3	m				103 β
4	sf	61.8	15°27'	0.0709	103
5	m	71.1	17°46'	0.0931	203
6	m	79.3	19°49'	0.1149	004
7	sf	88.8	22°12'	0.1428	204
8	dd	97.3	24°19'	0.1695	? 205 β
9	d	100.2	25°03'	0.1792	304
10	dd			0.2028	? 006 β
11	d-m	108.2	27°03'	0.2068	205
12	d		29°06'	0.2365	? 206 β
13	m	119.4	29°51'	0.2477	305
14	d-m	121.0	30°15'	0.2537	006

Explicación: Lect. significa lectura
 Int. significa intensidad de radiación
 dd significa muy (demasiado) débil
 d significa débil
 d-m significa débil a mediana
 m significa mediana
 f significa fuerte
 sf significa muy (sumamente) fuerte
 } grado de intensidad de radiación

Las lecturas con tipo cursivo sirvieron para el cálculo. Los valores exactos se derivaron, como es la regla, de los fotogramas del polvo, supliendo los diagramas rotatorios los datos para los índices.

LAS CONSTANTES DE LA RETÍCULA DE LA PARAGUANAJUATITA

La investigación se pudo realizar sólo por medio de fotogramas del polvo, ya que únicamente se disponía de material paramórfico confuso. A pesar de esto, las comparaciones con los datos contenidos en la bibliografía referentes a los diagramas extraordinariamente parecidos que muestra el bismuto telúrico, permitieron la determinación de los índices y de las constantes.

En seguida se muestran juntos, lado a lado, los diagramas del bismuto telúrico de Cumberland con sus índices publicados (tabla 2a) y de la paraganajuatita con los índices modificados, de acuerdo con las correcciones que parecen ser necesarias (tabla 2b).

Desgraciadamente ya no son accesibles, después de la guerra, los datos particulares de la cámara que se usó en aquel tiempo; pero sí sería posible recalcular las probablemente pequeñas correcciones que tendrían que aplicarse a los valores correspondientes al bismuto telúrico de Cumberland, obtenidos con la misma cámara. En los fotogramas II se empleó radiación Fe no filtrada.

El factor K_1 (7500), obtenido para el eje a , es naturalmente bastante más exacto que K_2 (125) respecto al eje c ; en consecuencia el cálculo del valor para c se limita a la primera decimal. De la manera usual se consigue:

$$a_0 = 4.076\text{Å}, c_0 = 54.7\text{Å}; c_0:a_0 = 13.42;$$

(para la tetradimita $c_0:a_0$ es 6.96, i.e. $1/2 \times 13.92$).

GENESIS DEL MINERAL

En el yacimiento de Guanajuato, que pertenece a la categoría de yacimientos epitermales según Lindgren, la guanajuatita parece haberse originado durante una fase avanzada de mineralización. Considerando que la transformación del mineral, en la modificación paramórfica (la paraganajuatita), exige condiciones de temperatura que pueden presumirse más bien decrecientes que elevadas, y que esta modificación se ha producido sintéticamente a temperatura elevada, el problema llama con mayor razón la atención. En la cuestión que se debate, el contenido de azufre no es directamente de importancia esencial, porque proporciones semejantes y muy variables, aunque nunca enteramente despreciables, de este elemento, ocurren como parece, tanto en la guanajuatita como en su producto de transformación, de modo que no puede admi-

TABLA 2a. BISMUTO DE CUMBERLAND

TABLA 2b. PARAGUANAJUATITA DE GUANAJUATO

Indices Int. según Harker		Lect. no corr.		sen ² ₀	d °	Int.	Lect. no corr.		log sen ² ₀	sen ² ₀	d °	(h ² +hk+k ²) k ₁	l ² x k ₂	Ind. prop. h k i l
222 100	1 (?) 1	13.2	13°12'	0.0521	4.23	1	12.5	12°30'	8.6707	0.0468	4.47	36 X 0.0013	0006
		16.3	16°18'	0.0788	3.45	1	16.0	16°0'	8.8807	0.0760	3.51	1 X 0.0748	1 X 0.0012	1011
1	4	17.1	17°6'	0.0865	3.29	3	17.5	17°30'	8.9563	0.0904	3.22	81 X 0.0014	0115(β) 0009
		18.1	18°6'	0.0965	3.11	3	18.2	18°12'	8.9892	0.0976	3.10	81 X 0.0014	0115
10	2	19.0	19°0'	0.1060	2.97	10	19.5	19°30'	9.0470	0.1114	2.90	1 X 0.0748	25 X 0.0014	0115
		25.2	25°12'	0.1813	2.27	10	19.5	19°30'	9.0470	0.1114	2.90	1 X 0.0748	25 X 0.0014	0115
8	2	26.3	26°18'	0.1963	2.18	8	26.8	26°48'	9.3081	0.2033	2.14	1 X 0.0748	100 X 0.0013	1-0-1-10
		26.7	26°42'	0.2019	2.15	8	26.8	26°48'	9.3081	0.2033	2.14	1 X 0.0748	100 X 0.0013	1-0-1-10
6	1	28.1	28°6'	0.2219	2.05	5	28.5	28°30'	9.3573	0.2277	2.03	3 X 0.0759		1120
		29.8	29°48'	0.2470	1.94		29.0	29°0'	9.3711	0.2350	1.99	3 X 0.0747	9 X 0.0012	1123
1	1	30.1	30°6'	0.2515	1.93	1	30.0	30°0'	9.4006	0.2515	1.93	1 X 0.0750	144 X 0.0012	1-0-1-12
		31.5	31°30'	0.2730	1.85	8	31.5	31°30'	9.4362	0.2730	1.85	{ 3 X 0.0754	36 X 0.0013 225 X 0.0012	1126 0-0-0-15
2	3	32.9	32°54'	0.2950	1.78	1	34.3	34°18'	9.5018	0.3176	1.72	4 X 0.0748	16 X 0.0012	0224
		34.6	34°36'	0.3224	1.70		34.3	34°18'	9.5018	0.3176	1.72	4 X 0.0748	16 X 0.0012	0224
1 (?)	5	38.5	38°30'	0.3875	1.55	2	35.8	35°48'	9.5342	0.3422	1.65	4 X 0.0750	36 X 0.0012	0226
		40.0	40°0'	0.4132	1.50		1	37.3	37°18'	9.5643	0.3672	1.60	4 X 0.0750	36 X 0.0012
2	5	42.05	42°3'	0.4486	1.44	3	38.0	38°0'	9.5787	0.3790	1.57	4 X 0.0750	64 X 0.0012	2028
		43.3	43°18'	0.4703	1.41		3	40.0	40°0'	9.6304	0.4270	1.48	4 X 0.0750	100 X 0.0013
5	3	47.1	47°6'	0.5366	1.32	7	44.8	44°48'	9.6959	0.4965	1.37			
		49.05	49°3'	0.5704	1.28		44.8	44°48'	9.6959	0.4965	1.37			
4	4	54.3	54°18'	0.6592	1.19	7	48.7	48°42'	9.7516	0.5644	1.29			
		56.0	56°0'	0.6875	1.17		54.0	54°0'	9.8159	0.6545	1.20	{ 9 X 0.0751	576 X 0.0012 9 X 0.0013	0-0-0-24 3033

Explicación: Lect. no corr. significa: lectura no corregida.

Ind. prop. significa: índices propuestos.

Int. significa: intensidad de radiación en graduación 1 a 10.

tirse que un porcentaje acaso más elevado de azufre haya establecido la forma rómbica. Si la paraganajuatita representa la modificación estable, tanto a baja como a más elevada temperatura, lo que es probable según las experiencias en su síntesis, por un lado, y la tendencia a transformarse por otro, no puede excluirse entonces que cierto contenido de azufre haya obrado de alguna manera como agente catalizador, promoviendo la formación de la especie con estructura rómbica, y esto en el sentido en que dice Niggli: "De todos modos es posible que ciertas estructuras adquieren estabilidad sólo por medio de pequeñas impurezas accesorias entremezcladas y que se originan solamente si éstas pueden incorporarse en la cristalización." Esto es, por lo demás, una idea que, desde hace cerca de 140 años, fué sostenida ya por Haüy y Stromeyer, aunque ciertamente sin razón, tratándose del ejemplo generalmente aducido en aquella época, el de la aragonita, cuya formación en lugar de la calcita se consideraba dependiente de un pequeño contenido de estroncio. Esta idea, sin embargo, hace poco tiempo se confirmó plenamente en las investigaciones más recientes sobre tridimitas originadas a baja temperatura y bajo la influencia de adiciones de sodio y aluminio en su formación. También hay que mencionar aquí la nueva idea de Hedvall referente a "herencia de estructuras".

Desde el punto de vista estructural, el resultado del estudio es de interés especial, puesto que presenta uno de los pocos casos en que, en los compuestos químicos no pertenecientes a la clase de los óxidos, es discernible la transformación morfológica del tipo de la redícula a causa del paramorfismo precisamente en el tipo químico A_2X_3 .

Tomando como base los radios atómicos de Goldschmidt, se reconoce que las relaciones de Sb:S y Bi:S difieren considerablemente (1.6:1.3 y 1.7⁵:1.3, respectivamente); mientras que las mismas entre Bi y Se, alrededor de 1.7:1.6, y entre Bi y Te son casi exactamente iguales. Resulta de esto, pues, que la presencia de un contenido de azufre podría efectivamente obrar en el sentido de estabilización de la modificación ortorrómbica y que su falta o merma a causa de lixiviación imperceptible en la fase inicial de los efectos del intemperismo, pudiera por otro lado, favorecer la formación romboédrica. En el caso del bismuto telurico las semejanzas de los radios atómicos de Bi y Te, así como la afinidad en la posición cristaloquímica, ya tienen en alto grado el efecto de favorecer la substitución recíproca isomórfica entre bismuto

⁵ Un valor exacto generalmente reconocido del radio atómico para Bi[±] parece faltar en la literatura.

y telurio. Esto demuestra el ejemplo de la "hedleyita" (Bi,Te) recientemente descrita, con su retícula parecida a la de la tetradimita, caso que además hace comprensible ciertos análisis antiguos y desacreditados de compuestos químicos de bismuto y telurio, conteniendo excedentes de bismuto.

Harker ha demostrado que los valores de a y c en la retícula de la tetradimita son en relación aproximada con los correspondientes en la retícula del bismuto y telurio, si se hace referencia a las distancias interatómicas comparables (15 capas en la tetradimita, 6 en bismuto y 3 en telurio). Siendo c en el selenio considerablemente menor que en el telurio (4.95Å y 5.91Å , respectivamente), hay que esperar que también en la paraguajuatita c se reduzca, y esto aproximadamente en proporción de su contenido de selenio. Tal deducción es en concordancia perfecta con el valor encontrado 54.7Å , contra 230.0Å en la tetradimita y 230.6Å en el bismuto telúrico. El hecho de que el valor de c debe duplicarse es una divergencia bastante frecuente y no muy esencial, teniendo lugar en las especies minerales con estructura reticular estratificada que en sus otras propiedades son muy semejantes.

RESUMEN

Conservando en buen estado sus formas originales ortorrómbicas, parte de la guanajuatita ($\text{Bi}_2\text{Se}_2\text{S}$ o $\text{Bi}_2(\text{Se},\text{S})_3$) de Guanajuato está transformada por un proceso de paramorfismo en "paraguajuatita", mineral romboédrico que en su estructura corresponde al compuesto sintético Bi_2Se_3 . Su estructura es muy parecida a la de la tetradimita y del bismuto telúrico, pero exige la duplicación del eje c . Los valores estructurales encontrados son los siguientes:

$$a_0 = 4.076\text{Å}, c_0 = 54.7\text{Å}; c_0:a_0 = 13.42.$$

La divergencia en la dimensión de c se manifiesta en el sentido que debe esperarse, considerando la influencia del radio atómico más pequeño del selenio y de sus valores a_0 y c_0 correspondientes, sobre la estructura.

Las propiedades muy semejantes de la guanajuatita y paraguajuatita en el examen de secciones pulidas se confrontan en el presente estudio.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Machatschki, F.—Neues Jahrb., 1942, Referate, I, p. 31.
- (2) Carpanese, T.—Esperienze di minero sintesi: Periodico Mineral, vol. 8, pp. 289-290, 1937.
- (3) Schneiderhoehn, H., y Ramdohr, P.—Lehrbuch der Erzmikroskopie, Band II, pp. 89-91, 1931.
- (4) Ramdohr, P.—Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie, p. 347, Stuttgart, 1942.
- (5) Frenzel, A.—Neues Jahrb., 1874, p. 679.
- (6) Schrauf, A.—Neues Jahrb., 1875, por Frenzel, p. 686.
- (7) Rammelsberg, C.—Mineralchemie, p. 127, 1886.

