

NUEVOS DATOS SOBRE LA MACKAYITA

Por RICHARD V. GAINES *

(Traducción del Inglés por
Rebeca M. de Schmitter)

RESUMEN

La mackayita, un telurito hidratado de hierro, fue primeramente descrito por Frondel y Pough en 1944, en un mineral procedente de una zona oxidada de vetas conteniendo telurio, en Goldfield, Nevada. Posteriormente ningún otro yacimiento de este mineral fue encontrado, hasta que en 1960 fue descubierta la mackayita en la Mina La Candelaria y en la Mina San Miguel, las cuales están situadas aproximadamente a 1 km una de la otra y a 10 km al oeste de la población de Moctezuma, Son. Las dos minas se encuentran cerca de la cumbre de la pequeña cordillera que se extiende de norte a sur, conocida como Sierra Blanca, y a unos cuantos cientos de metros de la carretera que conecta la población de Moctezuma con Hermosillo.

GEOLOGIA LOCAL

En las inmediaciones de ambas minas, las rocas consisten de toba soldada y pórfido andesítico o latítico, probablemente de edad terciaria. La alteración de la roca no es tan notable como en la mina de telurio y oro "La Moctezuma", localizada aproximadamente unos 10 km al sureste. Las rocas volcánicas encajonantes tienen una fuerte y extensa red de vetas y protuberancias de cuarzo que contienen menor cantidad de pirita y algunas veces se notan huellas de mineralización de telurio. Muchas de esas vetas pueden ser localizadas hasta por 1 kilómetro o más, las cuales, por su naturaleza resistente, forman abundantes y prominentes remanentes de erosión.

En la Mina La Candelaria hay un conjunto de 5 o más vetas casi paralelas, de 1 a 2 mm de ancho, las cuales, por lo menos dos de ellos, contienen cantidades significativas de telurio en algunos clavos erráticos. La

* Investigador de Tiempo Parcial del Instituto de Geología de la U.N.A.M.

veta de San Miguel es una simple estructura de 2 a 3 mm de ancho, la cual puede seguirse por 800 m por lo menos. La mineralización significativa de telurio está limitada, por lo que se conoce hasta la fecha, a una porción de esta veta, de cerca de 60 m de largo.

MINERALIZACION

En el caso de ambas minas, el material de la veta consiste de un intercrecimiento duro, tenaz y grueso, de cuarzo microcristalino y barita, conteniendo relativamente menores cantidades de sulfuros y telururos. Ambas vetas contienen valores de oro y plata, pero el oro predomina en la Mina La Candelaria, en términos de valor del contenido, mientras que en la de San Miguel predomina la plata.

Es bastante curioso y notable el hecho de que entre estas dos minas y aproximadamente a 200 m al este de la Mina La Candelaria, exista un depósito de mineral muy distinto a los otros, el cual contiene uranio. Este depósito fue explorado por la Comisión Nacional de Energía Nuclear en 1961-1962, y la mineralización no está asociada con cuarzo, sino que simplemente rellena angostas fracturas y zonas de fractura en las rocas volcánicas. El único mineral de valor encontrado fue la torbernita, la cual ocasionalmente se halla en forma de incrustaciones cristalinas especulares. La probabilidad de que estos dos distintos tipos de mineralización estén relacionados, se justifica por el hecho de que en las dos minas de telurio adyacentes se encuentran huellas de uranio.

Entre los minerales metálicos primarios identificados en las minas La Candelaria y San Miguel, están la pirita, tetrahedrita, telurio y rickardita. Otros minerales de telurio están probablemente presentes, pero como los tamaños de grano de los sulfuros y de los minerales de telurio son generalmente menor de 1 mm y esos minerales están bien diseminados en el material de la veta, su identificación es algo laboriosa.

Como la naturaleza dura y compacta del material de la veta lo hace resistente al intemperismo, los minerales no oxidados pueden encontrarse en superficies de fracturas frescas, dentro de unos pocos centímetros del afloramiento. La oxidación ha tenido lugar a lo largo de las fracturas y las juntas, y es allí donde se encuentran la mackayita y otros minerales oxidados.

La mineralogía de la zona oxidada en estas dos minas es mucho más simple, pero no menos interesante que la de la Mina La Moctezuma.

Los siguientes minerales han sido identificados:

Mackayita. Se presenta en forma de pequeños cristales diseminados sobre juntas y superficies fracturadas. Los cristales hasta de 0.2 mm de tamaño son bastante abundantes; raras veces alcanzan un tamaño de 1 mm o ligeramente mayores.

Emmonsita. Se encontró solamente en una pequeña área en la Mina de San Miguel, como pequeñas costras en forma botroidal.

Goethita. Se encuentra presente abundantemente en forma de pequeñas capitas y costras, en superficies de juntas.

Cerargirita. Se presenta como costras reniformes de color gris, asociadas con mackayita en algunos ejemplares.

Jarosita. La jarosita es especialmente común en la mina La Candelaria, en donde cubre fracturas con costras de cristales tabulares, con tamaños de 1 mm o menores. Se encuentra presente también en otras zonas cercanas que contienen poco o nada de telurio.

Telurio-Jarosita. Este mineral o variedad, que actualmente está siendo investigado por el Prof. G. P. Brophy del Departamento de Mineralogía del Amherst College, en cooperación con el autor, ha sido encontrado en ambas minas, la de San Miguel y La Candelaria, pero en forma muy dispersa. Difiere de la jarosita ordinaria en su comportamiento cristalográfico, siendo tan perfectamente pseudocúbico, que originalmente se pensó que era un mineral isométrico. El telurio sustituye a algunos o a todos los átomos de azufre en los sulfatos y probablemente hay otras diferencias químicas. También hay apreciables diferencias en la intensidad de algunas de las líneas de las películas de polvo de rayos X. El signo óptico es positivo en lugar de negativo y los índices de refracción son más altos.

Nuevo mineral de uranio. Este mineral, que también está siendo investigado por el autor, se presenta en forma muy dispersa junto con la mackayita, como diminutos octaedros lustrosos de color amarillo limón. Es isométrico y contiene uranio tetravalente y telurio como los únicos componentes identificables mediante el análisis de fluorescencia de rayos X.

Telurita de uranio hexavalente. Este nuevo mineral, distinto del anterior, ha sido encontrado solamente en un ejemplar, asociado con la mackayita. En la Mina La Moctezuma es en donde ha sido encontrado con mayor abundancia. Actualmente está en proceso su descripción.

DESCRIPCION DE LA MACKAYITA

Apariencia. En ambas minas, la de La Candelaria y San Miguel, la mackayita se presenta en drusas de pequeños cristales cubriendo superficies de fracturas y juntas. Estas drusas son comúnmente diseminaciones de cristales separados, aunque a veces se unen hasta cubrir totalmente la superficie, o también los cristales pueden agruparse para formar agregados y rosetas. El tamaño de los cristales varía desde microscópico hasta un máximo, en un determinado ejemplar, de 1.5 mm, pero el promedio es de cerca de 0.2 mm. Los cristales invariablemente están adheridos finamente a la matriz de cuarzo y pueden estar parcialmente empotrados en goethita pulverulenta y otros minerales limoníticos. El resultado es que la separación de cristales completos y limpios de la matriz es bastante difícil, ya que al tratar de extraerlos tienden a fracturarse en pequeños pedazos.

Cristalografía. El hábito de los cristales tiende a ser tabular; piramidales según (112), o tendiendo a ser equidimensional cuando (010) se encuentra combinada con (112). El cristal ilustrado en el Dana's System of Mineralogy, 7a. edición, volumen II, página 642, es bastante típico. La forma prismática ilustrada en el artículo original de Frondel y Pough (p. 219, Fig. 3), no ha sido observada en las muestras provenientes de estas minas. Los cristales están comúnmente gemelados; la ley de gemelación no ha sido determinada, pero son comúnmente del tipo de interpenetración.

TABLA No. 1

DATOS CRISTALOGRAFICOS DE LA MACKAYITA SIMETRIA TETRAGONAL

$$a_0 = 11.704 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 14.895 \text{ \AA}$$

$$a_0:c_0 = 1:1.280$$

$$\text{Volumen} = 2052.7 \text{ \AA}^3$$

El contenido de la celda unitaria tiene como fórmula:

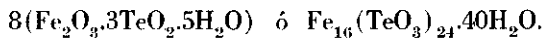


Densidad:

Observada 4.86 (Frondel y Pough, 1944).

Calculada 4.686

Estructura de la celda. El grupo espacial, determinado con las fotografías de Weissenberg y Precession, en $I/4acd$, lo cual concuerda con el dato original. $a_0 = 11.704 \text{ \AA}$ y $c_0 = 14.885 \text{ \AA}$, también concuerdan con la celda estructural determinada por Frondel y Pough. Los contenidos de la celda son:



Propiedades físicas. La mackayita no tiene crucero y se rompe con fractura concoidal. Su dureza es aproximadamente de 4 y la gravedad específica calculada es de 4.686. Esto está en razonable acuerdo con la gravedad específica de 4.86 reportada por Frondel y Pough, basada en un pequeño ejemplar y determinada en microbalanza.

Propiedades ópticas. La mackayita es ópticamente positiva, con índices de refracción mayores que 2.11, el índice más alto del líquido conseguido por el autor. Esto está de acuerdo con los índices publicados por Frondel y Pough ($W = 2.19$, $E = 2.2$)

Propiedades químicas. Dos muestras de mackayita fueron analizadas por procedimiento químico en húmedo. A causa de la naturaleza quebradiza de este mineral y por el hecho de que la purificación final tuvo que ser efectuada a mano bajo el microscopio, no fue práctico pulverizar grandes cantidades de roca conteniendo mackayita para concentraciones subsecuentes. El resultado de tal procedimiento habría sido el reducir la mackayita a tal estado de finura, que la selección manual de las partes finas para remover la goethita y otros contaminantes hubiera sido muy poco práctico. En vez de esto, se aprovechó la ventaja del hecho de que casi toda la mackayita estaba en forma dispersa sobre la superficie del material disponible, siendo estas superficies de fractura y planos de juntas. Se encontró que restregando esas superficies con un cepillo duro, con agua y jabón, una pequeña proporción (quizás un 5%) de la mackayita se separaba en cristales completos o casi completos, junto con cuarzo, barita, goethita y otros desechos minerales.

El material removido fue concentrado, usando tetrabromuro de acetileno, solución de Clerici y el separador isodinámico Frantz.

Las dos muestras analizadas pesaron, respectivamente 186 y 359 mg. Fue posible obtener de la segunda y más grande muestra, un grado más alto de pureza que en la primera, debido a que el tamaño de grano era mayor y a la experiencia acumulada durante la purificación de la primera muestra.

Los análisis mostraron que la fórmula de la mackayita es $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TeO}_2$

$5\text{H}_2\text{O}$. ó $\text{Fe}_2(\text{TeO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Los resultados de los análisis de las dos muestras se anotan en la tabla siguiente:

TABLA No. 2

ANÁLISIS DE MACKAYITA

	1	2	3	4	5
Fe_2O_3	21.92%	19.14%	22.04%	20.15%	21.67%
TeO_2	65.72	57.16	65.82	60.74	65.32
CaO				0.32	
Al_2O_3		} 12.69		1.00	
Insoluble....				4.68	
H_2O	12.36	10.54	12.14	12.09	13.00
TOTAL....	100.00%	99.53%	100.00%	98.98%	100.00%

- 1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TeO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- 2) Mackayita. Análisis No. 2.
- 3) No. 2) Recalculado después de eliminar el insoluble y Al_2O_3 .
- 4) Mackayita. Análisis No. 2.
- 5) No. 4) Recalculado eliminando insoluble, Al_2O_3 y CaO .

No hubo pérdida significativa de agua de cristalización hasta los 475°C . A los 550° , aproximadamente el 27% del agua se evaporó; a los 600° , un 30% adicional, y a los 640° o más, toda el agua se evaporó y no hubo pérdida adicional.

En la Tabla No. 3 se hace una lista de los espaciamentos d , así como de los índices correspondientes, de una película de líneas de difracción de polvos de mackayita. Puede verse que muchas de las líneas dadas en la descripción original de la mackayita no aparecieron, y ya que a estas líneas no se les podía poner índice en ningún caso, sobre la base de la celda determinada, incuestionablemente representan impurezas mezcladas en la muestra original.

TABLA No. 3

DATOS DE LA DIFRACCION POR RAYOS X DE LA MACKAYITA

Línea No.	hkl	d(obs.)	d(calc.)	I
1	112	5.56	5.554	4
2	121	4.95	4.941	7
3	022	4.63	4.612	1
4	220	4.14	4.138	0.5
5	004	3.755	3.746	5
6	132	3.327	3.318	10
7	231	3.170	3.172	9
8	040	2.926	2.923	0.5
9	141	2.794	2.789	5
10	233	2.731	2.722	4
11	240	2.623	2.617	3
12	242	2.478	2.471	4
13	116	2.391	2.391	1
14	044	2.308	2.306	2
15	235	2.208	2.202	4
16	343	2.126	2.120	2
17	440	2.069	2.069	3
18	154	1.958	1.957	0.5
19	352	1.941	1.939	0.5
20	161	1.915	1.908	3
21	008	1.878	1.873	2
22	{ 336 } { 260 }	1.857	1.851	3
23	451	1.818	1.814	2
24	163	1.801	1.796	2
25	064	1.736	1.728	3
26	453	1.715	1.717	1
27	516	1.694	1.690	3
28	363	1.651	1.647	1
29	{ 172 } { 552 }	1.622	1.616	5
30		1.605		0.5
31		1.590		2
32		1.570		1

Línea No.	hkl	d(obs.)	d(calc.)	I
33		1.533		2
34		1.496		2
35		1.454		2
36		1.438		1
37		1.424		1
38		1.396		0.5
39		1.385		2
40		1.370		2
41		1.358		1
42		1.313		2
43		1.174		3

a — 11.704 Å

c — 14.984 Å

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la ayuda de la Sra. Rebeca M. de Schmitter por escribir en máquina y traducir al español el manuscrito; al Ing. Alberto Obregón por efectuar los análisis químicos de las muestras y, finalmente al Sr. Ing. Guillermo P. Salas, Director del Instituto de Geología, por su apoyo para que esta investigación se llevara a cabo.

REFERENCIAS

- FRONDEL, C. and POUCH, F. H. (1944), *Two Tellurites of Iron: Mackayite and Blakeite, with New Data on Emmonsite and "Durdenite"*. Am. Mineral 29, 211-225.
- GAINES, R. V. (1965), *Mineralización de telurio en la Mina Moctezuma, cerca de Moctezuma, Son. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol. Bol. 75, pt. 1.*