
ESTUDIO

DE UNA MUESTRA DE MINERAL ASBESTIFORME

Procedente del Rancho del Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Michoacán.

POR EL ING. DE MINAS JUAN D. VILLARELLO.

DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN.

La muestra del mineral es de color blanco amarillento, en algunas partes de textura hojosa, siendo las hojas flexibles, pero no elásticas, opaca, dócil, se adhiere á la lengua, su dureza es de 2.5 y su densidad 2.18. Por su aspecto físico se asemeja al corcho fósil de A. del Río.¹

*
* *

La análisis cualitativa de este mineral indicó la presencia de los siguientes componentes:

SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , CO_2 .

Secada una parte de la muestra en la estufa, á la temperatura de ebullición del agua, perdió por

Humedad: 2.56%.

¹ Elementos de Orictognosia, 2ª ed., Filadelfia, 1832, pág. 412.

Estando ya seca la muestra se procedió á hacer la análisis cuantitativa. Se pulverizó un fragmento, se pesó del polvo un gramo y se calentó al rojo en la mufla, se pesó el residuo, y la pérdida de peso debida á la expulsión del ácido carbónico y de la agua de combinación, fué:

$$\text{CO}^2 + \text{H}^2\text{O} = 19.35\%$$

Se pesó otro gramo de la muestra secada ya en la estufa, se trató por ClH , y por pérdida de peso se cuanté el CO^2 , resultando ser como promedio de dos operaciones:

$$\text{CO}^2 = 2.60\%$$

y por lo tanto:

$$\text{H}^2\text{O} = 19.35 - \text{CO}^2 = 19.35 - 2.60 = 16.75\%$$

Se concluyó el ataque de la substancia con ClH y un poco de AzO^3H , se evaporó á sequedad, se humedeció el residuo con ClH , se evaporó de nuevo, y por último se trató por ClH y H^2O , quedando un residuo que después de lavarlo y secarlo en la estufa se pesó, resultando:

$$\text{Residuo insoluble en ácidos} = 69.39\%$$

La disolución ácida se trató por ClAzH^4 y un exceso de AzH^3 y se separó y lavó el precipitado de Fe^2O^3 y Al^2O^3 . En esta segunda disolución se precipitó CaO con C^2O^4 (AzH^4)² se lavó el precipitado y se pesó CaO al estado de CO^3Ca . Separada ya la cal se precipitó MgO en la mitad de la disolución anterior con $\text{Ph}^2\text{O}^5\text{Na}^2$, y se pesó MgO al estado de $\text{Ph}^2\text{O}^7\text{2Mg}$. En la otra mitad de la disolución se precipitó MgO con agua de barita, se filtró y lavó, y se quitó el exceso de BaO con SO^3 , se filtró y se lavó, y evaporando después la disolución á se-

quedad y calentando se volatilizaron las sales amoniaca-
les, y se pesaron los álcalis al estado de sulfatos. Se ca-
lentaron después varias veces al rojo los sulfatos ante-
riores con ClAzH^4 hasta peso constante, se disolvió el
residuo en agua y se precipitó y pesó K^2O al estado de
 ClK , Cl^4Pt , calculando después Na^2O por diferencia.
El precipitado de Fe^2O^3 y Al^2O^3 se disolvió en ClH , se
precipitó con K^2O , se filtró, lavó, calcinó y pesó el pre-
cipitado de Fe^2O^3 , y la disolución se neutralizó con ClH ,
y con AzH^3 se precipitó Al^2O^3 , precipitado que se la-
vó, calcinó y pesó.

El resultado del cuanteo de la parte soluble en los
ácidos y como promedio de dos operaciones, fué el si-
guiente:

GO^2	= 2.60 p.⊗
Fe^2O^3	= 1.91
Al^2O^3	= 2.49
CaO	= 4.61
MgO	= 1.56
Na^2O	= 0.52
K^2O	= 0.13
H^2O	
[combinada]	= 16.75
Suma.....	30.57 p.⊗

El residuo, insoluble en los ácidos, se fundió con cua-
tro partes de carbonato de potasa sodado, se trató en
seguida por ClH y H^2O , se evaporó á sequedad, se hu-
medeció el residuo con ClH , se evaporó de nuevo á se-
quedad, y luego se trató por ClH y H^2O . La parte inso-
luble, formada por SiO^2 después de filtración y lavado,

como se ve por el siguiente cálculo :

Peso atómico de CO ² .	:	Peso atómico de CaO.	::	Cantidad de CO ² encontrada.	:	Cantidad de CaO que le corresponde.
44	:	56	::	2 60	:	x = 3.31

Restando 3.31 de 4.61%, cantidad de CaO encontrada, quedará 1.30% de CaO al estado de silicato. En este silicato las cantidades relativas de oxígeno combinado con la siliza, los protóxidos y los peróxidos, son los siguientes :

Oxidos.	Peso atómico.	Oxígeno que contiene.	Cantidad encontrada por la análisis.	Oxígeno que le corre- ponde.
SiO ²	44	: 16	:: 52.84	: 19.21
Fe ² O ³	} Al ²	: 48	:: 1.91	: 0.57
Al ² O ³		: 48	:: 19.02	: 8.93
CaO		: 16	:: 1.30	: 0.37
MgO	} H ²	: 16	:: 1.56	: 0.62
Na ² O		: 16	:: 0.52	: 0.21
K ² O		: 16	:: 0.13	: 0.04
H ² O		: 16	:: 16.75	: 14.89

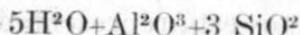
Tomando como unidad la tercera parte del oxígeno contenido en los peróxidos ó sea 3.17, la relación será la siguiente:

$$5.09 : 3 : 6.05$$

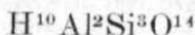
y se puede admitir

$$5 : 3 : 6$$

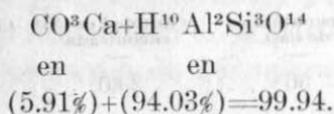
ó sea



y por lo tanto la fórmula aproximada del silicato será:



Y por lo mismo el mineral analizado se compone de:



* * *

Por los resultados de la análisis puede decirse: que la muestra mineral en estudio es un hidrosilicato de alúmina, en el cual una pequeña cantidad de agua de combinación está sustituida por K^2O Na^2O MgO CaO ; y una cantidad también pequeña de alúmina está sustituida por Fe^2O^3 .

Este mineral pertenece por lo anterior á la división del kaolín, y sin ser igual se aproxima á la Montmorillonita, la cual contiene mayor cantidad de agua.

ESTUDIO INDUSTRIAL.

La muestra mineral cuya análisis antecede, tiene alguna semejanza por sus caracteres físicos, con cierta variedad de asbesto, y por este motivo se hicieron otros experimentos para poder determinar su valor comercial, pues las aplicaciones industriales de los minerales asbestiformes aumentan de día en día, y el consumo de estos productos está representado por cifras respetables, como puede comprenderse por la siguiente estadística, relativa á los Estados Unidos del Norte.

Años. ¹	PRODUCCIÓN.		IMPORTACIÓN.		
	Toneladas.	Valor por tonelada.	Manufactu- rado	Sin manufac- turar.	Total.
1890	64	\$ 71.25	\$ 5342	\$ 252557	\$ 257899
1891	60	66.00	4872	353589	358461
1892	91	54.00	7209	262433	269642
1893	109	55.00	9403	175602	185005
1894	240	18.91	15989	240029	256018
1895	602	19.66	19731	225147	244878
1896	650	19.49	15654	229084	244738
1897	762	16.99	10570	264220	274790
1898	803	16.72	12899	287636	300535
1899	827	16.76	8949	303119	312068
1900	998	16.54	24155	331796	355951
1901	678	19.91	24741	667087	691828

Los números anteriores demuestran la importancia industrial que tienen ya los minerales asbestiformes, é indican la conveniencia práctica que ofrecen las exploraciones y estudios relativos á estos productos naturales.

Comparando desde el punto de vista químico la muestra en estudio con los minerales asbestiformes, se llega al siguiente resultado:

La composición química de los "asbestos" puede conocerse por estos datos:

¹ The Mineral Industry. Tomo VIII, 1900, pág. 60; tomo IX, 1901, pág. 44, y tomo X, 1902, pág. 43.

LOCALIDADES.	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	CaO	MgO	K ² O	Na ² O	SO ³	H ² O
I. Canadá ¹	39.04	.....	0.25	2.10	0.51	42.57	0.09	0.22	0.10	15.2
II. Idem.....	41.56	3.42	0.11	6.67	0.83	33.38	0.11	0.30	0.08	13.15
III. Africa.....	43.61	0.21	16.57	12.15	0.89	7.02	3.06	2.14	0.06	14.30
Griqualand West ² ..	51.10	.....	.....	35.80	.....	2.03	.....	6.09	.....	3.90

1 The Mineral Industry, 1899, Tomo VII, pág. 62.

2 " " " 1899, Tomo VII, pág. 68.

Por los datos anteriores se comprende que los minerales asbestiformes son hidrosilicatos de magnesia y protóxido ó peróxido de fierro con muy poca alúmina, y cuando contienen poca magnesia aumenta entonces notablemente la proporción del peróxido ó protóxido de fierro, sin aumentar la cantidad de alúmina. En el mineral en estudio ahora, la cantidad de magnesia es muy pequeña, así como la de peróxido de fierro, y en cambio contiene bastante alúmina, y por lo mismo sólo puede considerarse como un hidrosilicato de alúmina y no como hidrosilicato de magnesia. En vista de lo anterior puede decirse que la muestra en estudio, por su composición química, no es verdadero asbesto.

La composición química de los asbestos afecta las condiciones físicas del mineral, pero no depende de ella, de una manera directa, el valor comercial de estos productos.¹ En efecto, en el uso comercial se aplica el nombre de asbesto, según dice Mr. George P. Merrill,² cuando menos á cuatro diferentes minerales, como son: la amphybola (tremolita), la serpentina (amiante), la crocidolita asbestiforme, y principalmente anthophyllita fibrosa, minerales distintos que tienen como única propiedad común, su estructura fibrosa y su mayor ó menor resistencia al fuego y á la acción de los ácidos.

El mineral de que me ocupo ahora no es un verdadero asbesto por su composición química, pero en vista de lo anterior hay que estudiar sus condiciones físicas, con objeto de ver si puede tener las mismas aplicaciones que los referidos minerales asbestiformes.

1 The Mineral Industry, 1893, tomo II, pág. 37 y tomo IV, pág. 40.

2 Proceedings of the United States National Museum. Washington, 1895, tomo XVIII, págs. 281-289.

Entre las principales aplicaciones industriales de los "asbestos" figuran las siguientes:

Fabricación de la lana mineral, tejido con el cual se confeccionan vestidos incombustibles y cubiertas para calderas y tubos conductores de vapor.

Fabricación de pinturas, decoraciones, y también estucados refractarios, utilizables en las construcciones, así como en las cajas fuertes ó de seguridad.

Fabricación de cuero incombustible y de papel resistente á la acción del fuego, aunque éste es de poca solidez y duración.

Fabricación de un cartón susceptible de recibir al estado líquido metales fundidos á elevada temperatura y cuyo cartón se aplica para la confección de moldes.

Fabricación de mechas de lámpara que no son susceptibles de carbonizarse, y de estopa utilizada en las maquinarias en los lugares expuestos al frotamiento y temperatura elevada.

Fabricación del producto llamado "asbestolith," de invención alemana, y que se usa como cemento para pisos, los cuales resultan: impermeables al agua, con la elasticidad de la madera, con la dureza del cemento común, duraderos como los de asfalto, muy ligeros, poco conductores del sonido, y tan resistentes al desgaste como los de piedra.

Para todas las aplicaciones anteriores en las cuales se aprovecha la infusibilidad y poca conductibilidad de los "asbestos" para el calor, se requieren minerales de estructura fibrosa y cuya fibra no pierda su flexibilidad á temperatura elevada.¹ Para estas aplicaciones

¹ The Mineral Industry. Tomo II, 1893, pág. 40, y tomo IV, 1895, pág. 40.

se emplea: la anthophylita (silicato magnesiano ferroso) de textura fibrosa, las variedades fibrosas también de la amphybola (silicato de cal y magnesia), y la crisolita (hidrosilicato de magnesia). Las fibras de esta última, aunque más cortas que las de variedades amphybólicas, pues tienen 5 en vez de 8 centímetros de longitud, son superiores por su resistencia y elasticidad, y por consiguiente sus aplicaciones son mucho mayores. A lo anterior debo agregar que: de la longitud, color y finura de la fibra depende principalmente el valor comercial de los minerales asbestiformes;¹ y que son de poco valor los minerales duros, de fibra corta, poco resistente y con textura de madera.²

La muestra en estudio es de textura hojosa, como dije antes, razón por la cual se asemeja al cuero de montaña ó al corcho fósil, y por cuyo motivo no puede emplearse en ninguna de las aplicaciones anteriores, para las cuales es indispensable la textura fibrosa. Por las razones anteriores y para las aplicaciones ya indicadas puede decirse que: la muestra en estudio, considerada desde ese punto de vista, no tiene valor comercial alguno.

Otra clase de aplicación de los "asbestos" es la que se refiere á la industria química.

Los asbestos que resisten á la acción de los ácidos y que se requieren para la industria química, son aquellos en los cuales la proporción de las bases á la siliza es de 1 : 1, ó de la fórmula $RSiO_2$ (R siendo generalmente magnesia).³ Por esta razón los asbestos de ser-

1 The Mineral Industry. Tomo IV, 1895, pág. 40, y tomo VII, 1899, pág. 60.

2 The Mineral Industry. Tomo VI, 1898, pág. 49.

3 The Mineral Industry. Tomo VI, 1898, pág. 50.

pentina se usan principalmente para tejidos, y los de amphybola, que son resistentes á los ácidos, se emplean en la industria química.

En la muestra en estudio la proporción de las bases á la siliza está muy lejos de la relación 1 : 1 pues es de 2 : 1, y el mineral es atacado por ClH, perdiendo por la acción de este ácido 30.57 por ciento de su peso y 19.54 por ciento de su volumen, como se ve por el siguiente cálculo:

100 partes en peso de este mineral representan un volumen de

$$V = \frac{P}{D} = \frac{100}{2.18} = 45.87.$$

Después de atacar el mineral por los ácidos, la densidad del residuo es de 1.88, y el volumen será

$$V' = \frac{100 - 30.57 \text{ (parte soluble)}}{1.88} = \frac{69.43}{1.88} = 36.93$$

y por lo tanto la pérdida por ciento en volumen será

$$45.87 : 45.87 - 36.93 : : 100 : x = 19.49.$$

Esta muestra mineral es comparable, por la acción que ejercen los ácidos sobre ella, con los asbestos del Canadá, cuya composición indiqué antes, pues el número I por la acción de los ácidos pierde 41.24 por ciento de su peso, y el número II pierde 37.48 por ciento, cuando el asbesto africano número III sólo pierde por la misma acción 12.62 por ciento.¹ Los asbestos del Canadá números I y II no son aplicables para la industria química, pero su textura fibrosa los hace muy aprecia-

¹ The Mineral Industry. Tomo VII, 1899, pág. 62.

dos para las fabricaciones antes mencionadas. Para estas últimas aplicaciones se usan también los asbestos de Iaho,¹ los que se descomponen igualmente por la acción de los ácidos, disolviéndose en parte Al^2O^3 y MgO , pero el residuo queda formado por fibras enteramente blancas, reunidas en hacecillos planos. La muestra mineral de que me ocupo, por la acción de los ácidos, queda enteramente blanca y conserva siempre su textura hojosa, pero sufre una pérdida de peso considerable, como dije antes.

Por las razones anteriores y para las aplicaciones químicas, el mineral en estudio no tiene valor comercial alguno.

Otra de las aplicaciones y relativamente reciente de los "asbestos" es la fabricación de ladrillos refractarios. Estudiando la muestra de que me ocupo para utilizarla en esta última aplicación, se llega á los siguientes resultados:

A la temperatura del rojo este mineral comienza á fundirse en algunos lugares; se endurece notablemente, pues pasa de 2.5 á 4.5 ó 5 grados y se contrae bastante, como puede verse por el siguiente cálculo:

100 partes en peso de este mineral representan un volumen de 45.87 como vimos antes; al someterse al mineral á la temperatura del rojo, pierde 19.35 por ciento de su peso, como ya se dijo, y la densidad del producto quemado es de 2.44. Por lo tanto, el volumen del mineral quemado es

$$V'' = \frac{100 - 19.35}{2.44} = \frac{80.65}{2.44} = 33.05.$$

¹ G. P. Merrill. Loc. cit., pág. 285.

La contracción del volumen es por lo mismo 28 por ciento, puesto que

$$45.87 : 45.87 - 33.05 : : 100 : x = 27.95.$$

El principio de fusión que experimenta este producto natural á la temperatura del rojo, es debido sin duda á la presencia de la cal y el peróxido de fierro, y en general, á los compuestos solubles en los ácidos, pues calentando al rojo el residuo que se obtiene después del ataque por los ácidos, no se observa ningún principio de fusión; aunque sí varían las propiedades físicas de este residuo. En efecto, después del tratamiento por los ácidos es blanco, de textura hojosa, algo quebradizo, su densidad es de 1.88 y su dureza de 2.5; y después de calentarse al rojo conserva su color blanco y su textura hojosa; pero se vuelve más pesado y más duro, su densidad es de 2.15 (casi la del producto natural) y su dureza es de 4. La contracción de volumen que experimenta este residuo por el calentamiento al rojo es de 12.56 por ciento, como lo indica el siguiente cálculo:

100 partes en peso del producto mencionado representan un volumen de

$$V''' = \frac{100}{1.88} = 53.19.$$

Como por la acción del calor no se reduce el peso de este residuo, el volumen después del calentamiento será:

$$V''' = \frac{100}{2.15} = 46.51,$$

y por lo tanto la contracción en volumen por ciento será:

$$53.19 : 53.19 - 46.51 : : 100 : x = 12.56.$$

Por lo mismo, partiendo del compuesto natural hasta llegar á este producto, que ha sufrido ya la acción de los ácidos y después el calentamiento al rojo, la reducción en peso y volumen será como sigue:

100 partes en peso del mineral, representan un volumen de 45.87, siendo la densidad 2.18. Por la acción de los ácidos, las 100 partes en peso del mineral se reducen á $100 - 30.57 = 69.43$, que representan un volumen de 36.93, siendo la densidad 1.88.

Por el calentamiento al rojo el peso anterior 69.43 no cambia, pero como la densidad del producto calcinado es 2.15, el volumen 36.91 se reducirá á

$$VD = V' D'; \quad V' = \frac{VD}{D'} = \frac{36.93 \times 1.88}{2.15} = \frac{69.43}{2.15} = 32.29.$$

Las 100 partes en peso se reducen á 69.43, y el volumen 45.87 se reduce á 32.28. La pérdida total en peso es por lo tanto de 30.57 por ciento, y la pérdida en volumen es de 29.62 por ciento, puesto que:

$$45.87 : 45.87 - 32.28 : : 100 : x = 29.62.$$

Conocidos ya los datos de pérdida de peso y contracción de volumen en diversas circunstancias, debo agregar que tratando este mineral por agua aun caliente, no se ablanda, ni mucho menos adquiere plasticidad; y por otra parte, no es fácil su pulverización, la cual se llega á conseguir por molienda de percusión, pues por los golpes se exfolia el mineral en laminitas quebradizas.

Para tener una idea acerca de la calidad del ladrillo refractario fabricado con este mineral como revoltura y en comparación con el fabricado con verdadero asbesto, son interesantes los siguientes datos:

Un ladrillo fabricado con "gypsine," material compuesto de cal hidráulica, arena y asbesto, sometidos á una temperatura de 1140° c. durante una hora, no experimenta alteración alguna; y además la temperatura de la superficie, opuesta á aquella en que se aplica el fuego, nunca llega á ser suficiente para encender un cerillo.¹ En cambio, si se toma un fragmento del mineral en estudio, de dos centímetros de grueso, y se calienta por un lado á la temperatura de 400° c., al cabo de media hora la temperatura del lado opuesto, ó sea dos centímetros de distancia del lugar de aplicación del fuego, es de 78° c., siendo la temperatura ambiente 22° c. y el mineral experimenta en la parte más caliente un principio de fusión.

Por lo anterior se comprende que para la fabricación de ladrillos refractarios, este mineral tiene un valor comercial muy inferior al de los minerales asbestiformes antes mencionados.

Para terminar este estudio, diré que: aprovechando la infusibilidad y poca conductibilidad de los "asbestos" para el calor, se emplean para resguardar del fuego las puertas de fierro de algunos hornos y para evitar la irradiación del calor de las calderas, para lo cual se interponen minerales asbestiformes entre el caldero y la mampostería que lo cubre. Teniendo en cuenta los datos relativos á fusibilidad y conductibilidad para el calor de la muestra en estudio, puede decirse que: para esta última aplicación el valor comercial de esta muestra es también inferior al de los minerales asbestiformes.

1 The Mineral Industry. Tomo X, 1902, pág. 44.

CONCLUSIONES.

Resumiendo todo lo anterior, se pueden indicar las siguientes conclusiones:

1.^a La muestra estudiada es un hidrosilicato de alúmina, cuya composición puede expresarse por la siguiente fórmula:

$H^{10}Al^2Si^3O^{14}+CaCO^3$, pertenece á la división kaolín y se aproxima á la montmorillonita.

2.^a Por algunas de sus condiciones físicas esta muestra se asemeja á algunos minerales asbestiformes, pero se diferencia notablemente de ellos por su composición y propiedades.

3.^a Las aplicaciones industriales de este mineral son reducidas y puede usarse en la fabricación de ladrillos relativamente refractarios, y en los calderos para evitar en cierta parte la irradiación del calor. La fabricación de los ladrillos será costosa.

4.^a El valor comercial de este hidrosilicato es relativamente pequeño é incomparable con el de los minerales asbestiformes.

Nota.—Las conclusiones anteriores se refieren únicamente al ejemplar estudiado, sin poder alcanzar mayor extensión, porque el asbesto se considera como un mineral secundario,¹ producido por el proceso de urazitización, y sin tener datos litológicos de la región sería aventurado generalizar las conclusiones anteriores á todos los productos, aunque semejantes, de la misma localidad.

México. Instituto Geológico, Marzo 29 de 1903.

¹ G. P. Merrill. Loc. cit., pág. 285.

- El estudio de las condiciones de las explotaciones agrícolas en la zona de estudio, se puede dividir en las siguientes secciones:
- 1.ª La muestra estudiada es un hidroclima de alta montaña cuya composición puede expresarse por la siguiente fórmula: $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCO}_3$, pertenece a la división I y se aproxima a la montañolítica.
 - 2.ª Por algunas de sus condiciones físicas está unida a algunos minerales asbestiformes, pero no se asocia a algunos minerales asbestiformes, pero se diferencia notablemente de ellos por su composición y propiedades.
 - 3.ª Las aplicaciones industriales de este mineral son pocas y puede usarse en la fabricación de ladrillos relativamente resistentes, y en los esteros para evitar en cierta parte la irradación del calor. La fabricación de los ladrillos será costosa.
 - 4.ª El valor comercial de este hidroclima es relativo aunque pequeño e incomparable con el de los minerales asbestiformes.
 - 5.ª Las condiciones anteriores se refieren únicamente al estudio, sin poder afirmar nada por razones, porque el asbesto se considera como un mineral económico, producido por el proceso de un litigio, y sin tener datos litológicos de la región se está tratando de generalizar las conclusiones anteriores. A todo lo producido, aunque se encuentre, de la misma localidad.
- El Instituto Geológico, Madrid, 25 de 1904.