

CNEA - 189

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

HUEMULITA, $\text{Na}_4\text{MgV}_{10}\text{O}_{28} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, UN NUEVO VANADATO
HIDRATADO DE SODIO Y MAGNESIO, DE LA MINA HUEMUL
MENDOZA, ARGENTINA

por

E. Linares, C. E. Gordillo, R. O. Toubes y H. Winchell

BUENOS AIRES

1967

HUEMULITA, $\text{Na}_4\text{MgV}_{10}\text{O}_{28} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. UN NUEVO VANADATO HIDRATADO
DE SODIO Y MAGNESIO. DE LA MINA HUEMUL
MENDOZA, ARGENTINA*

E. Linares*, C. E. Gordillo*, R. O. Toubes* y H. Winchell**
Comisión Nacional de Energía Atómica

RESUMEN

Huemulita, una nueva especie mineral de composición química $\text{Na}_4\text{MgV}_{10}\text{O}_{28} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, fue hallada en varios depósitos uraníferos del sud oeste de la Provincia de Mendoza, Argentina.

Huemulita aparece en masa botrioidales, delgadas películas o como material intersticial en la arenisca portadora. Es blando, de color naranja amarillento a naranja, con brillo mate y un peso específico de 2.39 g/cm^3 . No es fluorescente.

Es fácilmente soluble en agua fría, dando una solución de color naranja con pH 5.5 a 6.5. A partir de esta solución recristaliza dando cristales tabulares alargados, paralelos a (010), con clivaje perfecto según (001) y menos perfecto según (010).

Las propiedades ópticas, determinadas en el material recristalizado, demuestran que es biáxico negativo, $2V = 25^\circ - 30^\circ$, pleocroico con X amarillo claro, Y amarillo oro y Z naranja amarillento. Los índices de refracción medidos con luz de sodio son, $N_x = 1.679$, $N_y = 1.734$, $N_z = 1.742$. La dispersión es fuerte con $r \gg v$.

Los análisis químicos se efectuaron en el material natural y en el recristalizado. Un compuesto sintético preparado, dió diagramas de rayos-X de Debye-Scherrer y de cristal único, similares a los de huemulita.

Huemulita es triclinico, grupo espacial $\text{P}1$ ó $\text{P}\bar{1}$. La celda unitaria obtenida en el material recristalizado da: $a = 11.770 \text{ \AA} \pm .019$; $b = 11.838 \text{ \AA} \pm .008$; $c = 9.018 \text{ \AA} \pm .009$; $\alpha = 107^\circ 13' \pm 05'$; $\beta = 112^\circ 10' \pm 06'$; $\gamma = 101^\circ 30' \pm 05'$; $a:b:c = 0.9943 : 1.07618$. $V = 1040.67 \text{ \AA}^3 \pm 2.70$. La celda unitaria contiene $\text{Na}_4\text{MgV}_{10}\text{O}_{28} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y da un peso específico calculado de 2.40 g/cm^3 .

*Mineral aprobado por la Comisión de Nuevos Minerales (I.M.A.) en Mayo 19, 1965

*Comisión Nacional de Energía Atómica.

**Departamento de Geología, Universidad de Yale, U.S.A.

Las líneas más fuertes del diagrama de polvo son: 7.6 (100), 10.6 (90), 9.1 (60), 10.2 (55), 8.2 (35), 3.05 (30), 5.26 (25).

El nombre huemulita proviene de la mina Huemul, el yacimiento más importante del área donde el mineral fue descubierto.

INTRODUCCION

Este trabajo presenta el estudio de un nuevo vanadato hidratado de sodio y magnesio, descubierto en algunos yacimientos uraníferos del Distrito de Malargüe, Provincia de Mendoza, Argentina. El descubrimiento de esta especie añade un nuevo miembro natural a las sales del ión complejo $(V_{10}O_{28})^{6-}$ descrito por Evans et al., (1955, 1964).

V. Angelelli del Departamento de Geología de la Comisión Nacional de Energía Atómica (C.N.E.A.) fue el primero en coleccionar huemulita en 1959, en el nivel subterráneo -18 del cuerpo mineralizado denominado Agua Botada. La muestra original le fue entregada a Linares para su identificación, como posible mineral secundario de uranio ó vanadio. Las determinaciones ópticas y de rayos -X, mostraron que el mineral no correspondía a ninguna de las especies de uranio o vanadio conocidos, lo que dió motivo a la investigación de sus propiedades físicas y químicas.

Mayor cantidad del mineral se coleccionó durante otras visitas al área y también fue identificado en los cuerpos mineralizados Huemul y Agua Botada Sur (Brodtkrob, 1963), los que se hallan cercanos al sitio original de descubrimiento.

Los tests químicos preliminares mostraron que es un vanadato hidratado, con el uranio presente sólo como impureza. Los mismos, además, indicaron que es fácilmente soluble en agua y que puede recristalizarse a partir de la solución, evaporando lentamente el agua. Las propiedades ópticas y físicas se investigaron principalmente en el material recristalizado, cuya identidad con el material natural se determinó por medio de diagramas de rayos-X. Los análisis químicos se efectuaron sobre el material natural y recristalizado; un compuesto sintético similar fue preparado y estudiado conjuntamente.

Con todos los datos obtenidos se presentó un trabajo preliminar a las II Jornadas Geológicas Argentinas en 1963 (Linares et al., 1963). El siguiente año la celda unitaria fue medida por Linares y Winchell en la Universidad de Yale y los datos obtenidos refinados usando las facilidades del Centro de Computación de dicha Universidad. Durante el mismo año, las propiedades químicas y físicas fueron más elaboradas por Gordillo y Toubes, en los laboratorios de la C.N.E.A.

Al nuevo mineral se lo denomina huemulita, por el depósito más importante del Distrito Malargüe.

OCURRENCIA

Huemulita fue hallada por primera vez en el nivel -18 del yacimiento Agua Botada. Posteriormente se la identificó en otros lugares del mismo depósito, como así también en los yacimientos Huemul y Agua Botada.

El distrito uranífero Malargüe, donde se ubican estos yacimientos, se localiza en la parte sur de la Provincia de Mendoza, alrededor de 450 Km al sur de la Ciudad de Mendoza, Argentina (Ver figura 1).

El área se halla cubierta por sedimentos continentales del Cretácico medio, denominados localmente Diamantino, con un espesor total de 900m. Cubriéndolos se encuentran sedimentos marinos y continentales del Cretácico Superior y Terciario. Cuerpos volcánicos básicos del Oligoceno, predominantemente andesitas hornblendíferas, intruyen los sedimentos en toda el área. Además hay algunos afloramientos de ignimbritas y el complejo se halla cubierto por sedimentos del Pleistoceno y Recientes.

Los cuerpos mineralizados uraníferos están ubicados en bancos de conglomerados, arcosas conglomerádicas y areniscas arcósicas, de la parte inferior del Diamantino. Las areniscas en general se hallan entre bancos de limolitas y arcillitas, y en general impregnadas por un material asfáltico que se supone originado en la pequeña cuenca petrolífera de Pampa Amarilla, cercana al área de los yacimientos. El buzamiento medio de estos bancos es de $30^{\circ}W$, con un espesor medio de 1.0 m y una ley de 0.25 % de U_3O_8 , 2.0 % Cu y 0.2 % V_2O_5 .

Uraninita es el principal mineral de uranio y está asociada a sulfuros de cobre y de hierro, como calcopirita, calcosina, covelina, bornita, idaita, pirita, marcasita y pequeñas cantidades de galena y blenda (Brodtkorb, 1963). Hasta el presente no se han identificado minerales primarios de vanadio y se supone que la posible fuente de este elemento se halla en el material asfáltico.

En la zona de alteración por encima del nivel de agua, se encuentran numerosos minerales de alteración como tyuyamunita, sengierita, carnotita, cuproskłodowskita, autunita, bayleyita, andersonita, etc., asociados a minerales de cobre como malaquita, azurita y calcantita.

PROPIEDADES OPTICAS Y FISICAS DE HUEMULITA

Huemulita tiene color naranja a naranja amarillento. Aparece formando agregados de fibras microscópicas, o masas redondeadas que forman delgadas películas, y como material intersticial que rellena la arenisca. Está asociada a los vanadatos hummerita y rossita, y también a tenardita, yeso y epsomita. El mineral se forma poco después que los niveles subterráneos son abiertos y es fácilmente reconocible por su color brillante.

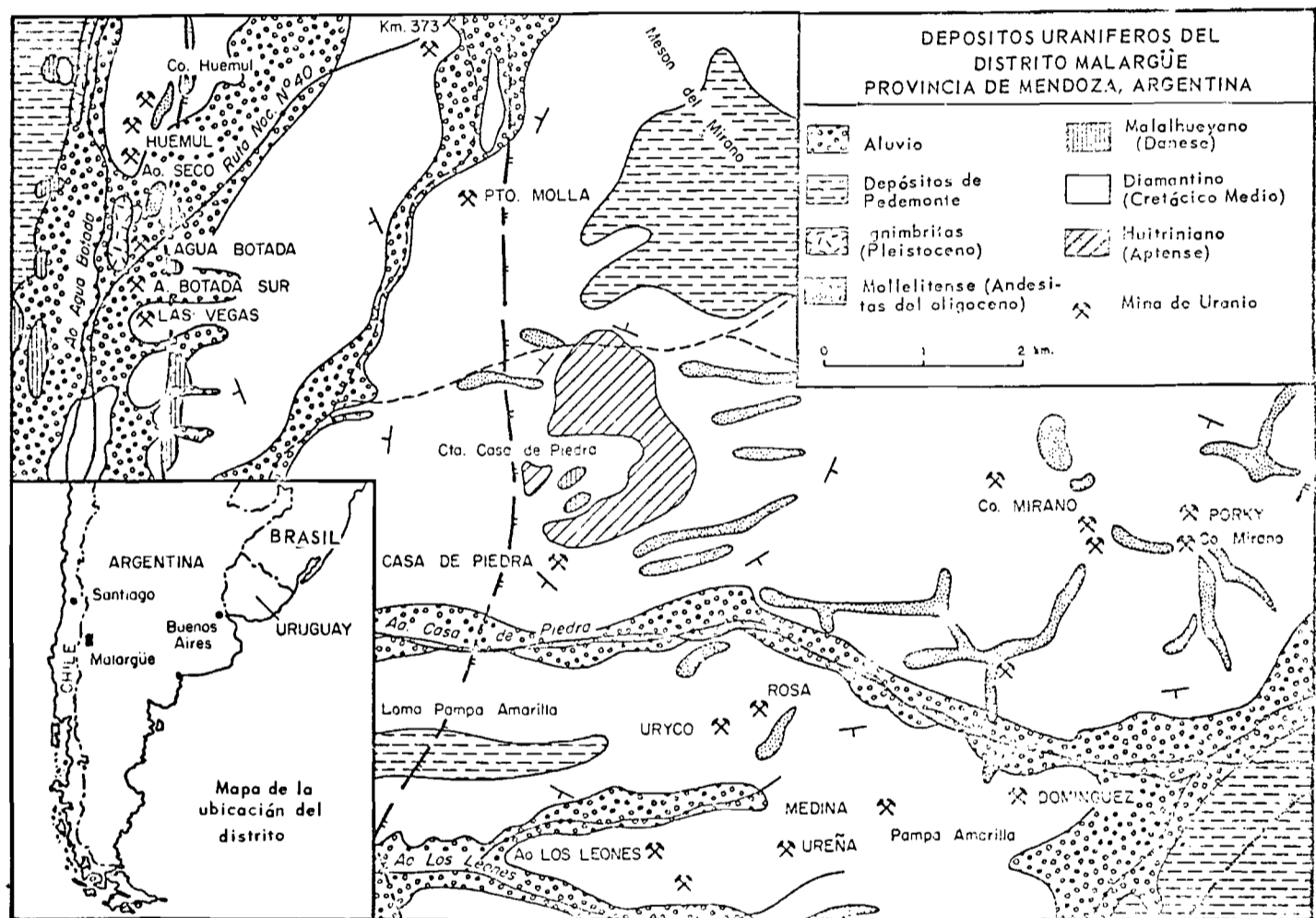


Fig. 1.- Geología general y depósitos uraníferos del área Malargüe, Mendoza. (Según Stipanovic, et al., 1962).

La huemulita natural es de grano muy fino como para poder determinar con precisión sus propiedades. Sin embargo, puede recristalizarse fácilmente por evaporación de una solución acuosa obtenida disolviendo el mineral en agua. El producto recristalizado da diagramas de Debye-Scherrer similar al natural y con las determinaciones que se han podido realizar sobre el material natural, se ha comprobado que tanto el producto recristalizado como el sintético, presentan propiedades similares a las de huemulita natural.

El hábito del mineral recristalizado y del producto sintético es tabular, similar al derossita (Palache et al., 1951), alargado paralelo al eje c, con clivaje perfecto según (001) y menos perfecto según (010). Las propiedades físicas del material natural y recristalizado son las siguientes:

	<i>Natural</i>	<i>Recristalizado</i>
Color	Naranja amarillento a naranja	Naranja amarillento a naranja rojizo, dependiendo del espesor de los cristales obtenidos
Raya	Amarilla	Naranja amarillenta
Fluorescencia	No posee	No posee
Brillo	Mate	Vítreo a subadamantino
Dureza		2,5 - 3. Frágil
Peso específico	2,39 g/cm ³	

Las propiedades ópticas fueron determinadas en el material recristalizado y en el sintético, con muy buena concordancia entre ambos conjuntos de datos. (Ver Tabla 1). Bajo el microscopio, cristales delgados de huemulita son amarillos, pleocroicos, biáxicos negativo con 2V cercano a 25° - 30°. La birrefringencia es alta, con colores que van del azul al verde.

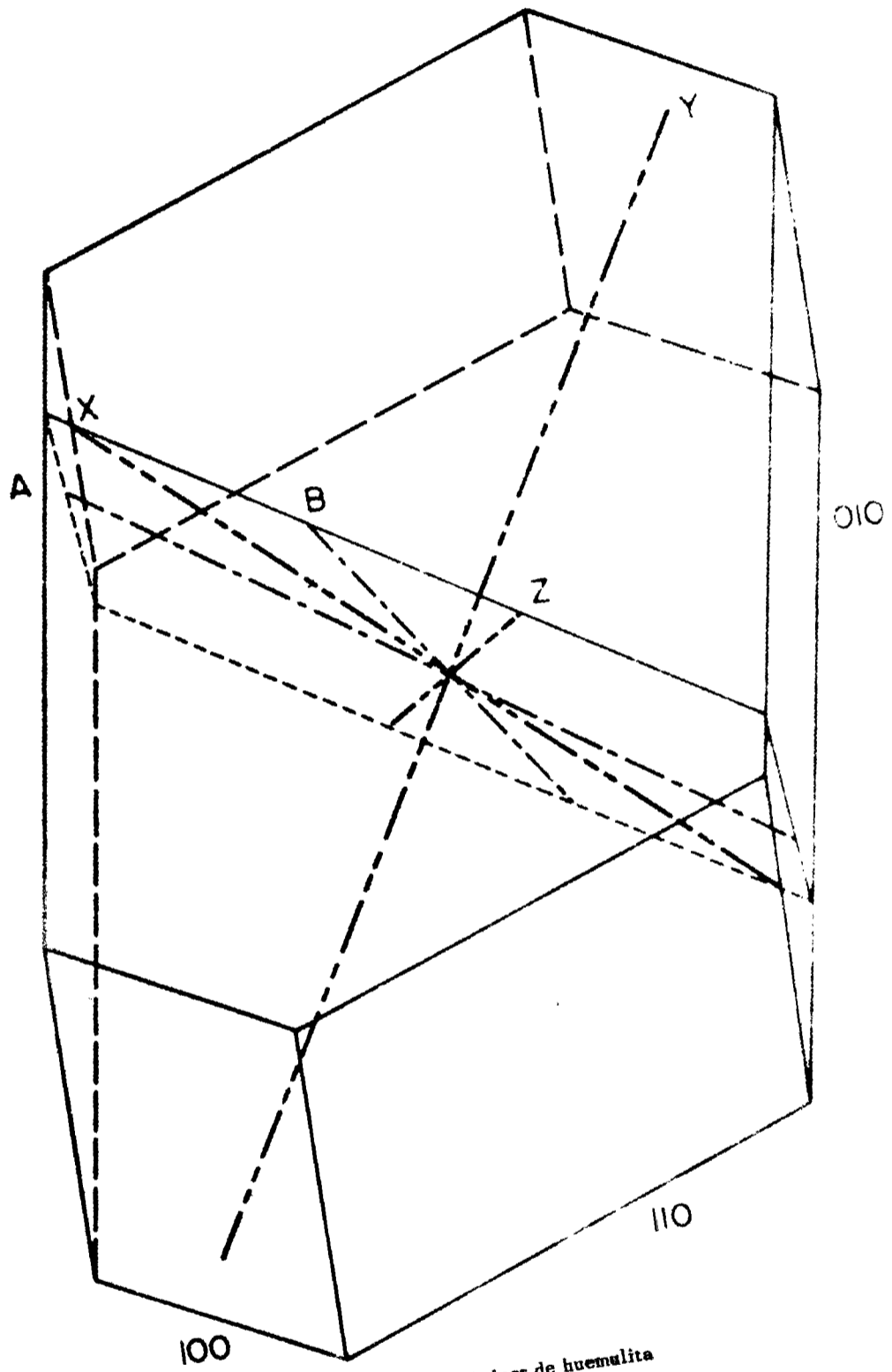


Fig. 2.- Orientación óptica preliminar de huemulita

Tabla 1: *Propiedades ópticas de huemulita*

		<i>Recristalizada</i>	<i>Sintética</i>
Pleocroismo	X	Amarillo claro	Amarillo claro
	Y	Amarillo oro	Naranja amarillento
	Z	Naranja Amarillento	Naranja amarillento
Indices refracción'	N_x	$1.679 \pm .003$	$1.680 \pm .002$
	N_y	$1.734 \pm .003$	$1.734 \pm .002$
	N_z	$1.742 \pm .003$	$1.738 \pm .002$
2V		20° a 25°	25° a 28°
Dispersión		Fuerte $r > v$	Fuerte $r > v$

' Los índices de refracción fueron medidos por R.O. Toubes en el producto recristalizado y por C. E. Gordillo en el sintético, ambos usando luz de sodio a 20°C.

CRISTALOGRAFIA

Cristales únicos del material recristalizado fueron estudiados utilizando los métodos rotatorio, Weissenberg y de Precesión, con el fin de determinar las dimensiones de la celda unidad. Estos datos fueron posteriormente refinados, por medio de los datos de los diagramas de Debye-Scherrer obtenidos en un difractómetro de gran ángulo, Norelco, sobre el mineral natural y el producto recristalizado.

En este último caso, se efectuaron las correcciones del cero para cada registro, usando cuarzo como standard interno y en especial los picos correspondientes a (100) y (101), a ángulos $2\theta = 20.840$ y 26.640 respectivamente. ($CuK\alpha = 1.54050$; ángulos calculados a partir de los datos de Swanson et al., 1953). El cuarzo estaba presente en el material natural como impureza menor, y se añadió a los productos recristalizados y sintético previo a la toma de cada diagrama.

Los datos de cristal único permitieron asignar índices a ocho líneas de los diagramas del difractómetro, sin ninguna duda. Una primera refinación de estos datos por medio de la aplicación del método de los cuadrados mínimos, usando los valores 2θ de estas ocho líneas, permitió asignar índices a otras líneas y en base a esto, efectuar un mejor refinamiento de las constantes reticulares. El refinamiento final dió un factor de error $S_Q = 0.00012$, donde S_Q^2 es la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y calculados de Q de las líneas utilizadas, dividido por 14 (6 parámetros fueron calculados utilizando 20 líneas medidas en dos registros de difractómetro efectuados sobre huemulita natural y recristalizada).

Otros refinamientos efectuados sobre dichos datos y sobre ellos más los obtenidos sobre material sintético, con y sin corrección por el desplazamiento de la muestra alrededor del eje del difractor (Kasper and Lonsdale, 1959, p. 221), mostraron que: (a) los parámetros de corrección sistemática eran muy pequeños ($t = .38$ a $.59$), con respecto a los errores estimados, (b) que el factor de error S_0 era mayor, aplicando dicha corrección que sin aplicarla; y (c) el material sintético, ya sea solo ó en conjunción con los otros daba resultados más pobres, por razones desconocidas. Todas las constantes reticulares así calculadas, concuerdan dentro de los límites de error standard y se presentan en la Tabla 2.

En la Tabla 3, los datos de los diagramas de Debye - Scherrer para huemulita natural, y productos recristalizados y sintéticos, se comparan con los valores calculados por medio del refinamiento con el método de cuadrados mínimos.

Tabla 2: Datos cristalográficos de huemulita y producto sintético.-

	<i>Huemulita</i>	<i>Sintético</i>
Simetría	Triclínico	Triclínico
a	11.770 Å ± .019"	11.694 Å ± .123"
b	11.838 ± .008	11.869 ± .053
c	9.018 ± .009	9.049 ± .061
α	107° 13' ± 05'	107° 28' ± 35'
β	112° 10' ± 06'	111° 52' ± 40'
γ	101° 30' ± 05'	101° 27' ± 31'
a:b:c:	0.9943:1:0.7618	0.9853:1:0.7624
Volumen	1040.67 Å ³ ± 2.70	1041.26 Å ³ ± 17.56
Grupo espacial	P1 ó P $\bar{1}$	P1 ó P $\bar{1}$
Contenido celda unitaria	Na ₄ MgV ₁₀ O ₂₈ ·24H ₂ O	Na ₄ MgV ₁₀ O ₂₈ ·24H ₂ O
Densidad:		
Calculada de:		
Na ₄ MgV ₁₀ O ₂₈ ·24H ₂ O	2.404	2.403
Observada	2.39 ± .05	

*Los errores standard del método de cuadrados mínimos; estos estimados miden la precisión en base a la consistencia interna solamente.

El refinamiento por el método de cuadrados mínimos, se efectuó utilizando un programa desarrollado por C.W. Burnham del Geophysical Laboratory, Washington, D.C., a quien agradecemos una copia del programa Fortran IV, con el cual se efectuó dicho refinamiento.

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

Muestras de huemulita natural y del producto sintético, fueron analizadas en un aparato Deltatherm, modelo D-200, usando termocuplas de cromel-alumel, con caolín calcinado a 950°C como material inerte, con un rango de calentamiento de 10°C/min. \pm 10%, en una atmósfera de aire.

Para el A.T.D., 300 mg de muestra se molieron a 30 micrones para evitar errores debidos al tamaño de partículas y para permitir la comparación entre las diferentes curvas. Las muestras fueron dejadas en un desecador con una humedad del 50% por 48 horas, para obtener equilibrio.

Las curvas obtenidas (figura 3) son similares para huemulita y sintético, con picos endotérmicos a 85°C, 133°C y 169°C. Las áreas correspondientes a estos picos, medidos con un planímetro polar Coradi, muestran que del total de 24 moléculas de agua, 2 fueron dadas para producir el primer pico, 20 por el segundo y 2 por el último. El pequeño pico endotérmico que aparece en la curva del material natural a 97°C y que no aparece en la del sintético; corresponde a yeso presente como impureza.

El pequeño pico exotérmico ubicado entre 340°C y 360°C, corresponde a la recristalización de la molécula anhidra con evolución de calor. El pico endotérmico a 580°C corresponde a la fusión del mineral.

La curva termogravimétrica efectuóse en una termobalanza Chevenard, con registro fotográfico y un rango de calentamiento de 300°C/hora.

Se utilizaron muestras de 200 mg de huemulita natural y sintética y la curva obtenida se muestra en (figura 4). La pérdida de peso tuvo lugar en tres etapas. La pérdida total corresponde exactamente a las 24 moléculas de agua y se completa a 255°C. La pérdida de peso a 150°C corresponde a sólo 17 moléculas.

La pobre coincidencia entre los datos obtenidos con estos dos métodos, puede atribuirse a la poca precisión de la termobalanza y a los diferentes rangos de calentamiento.

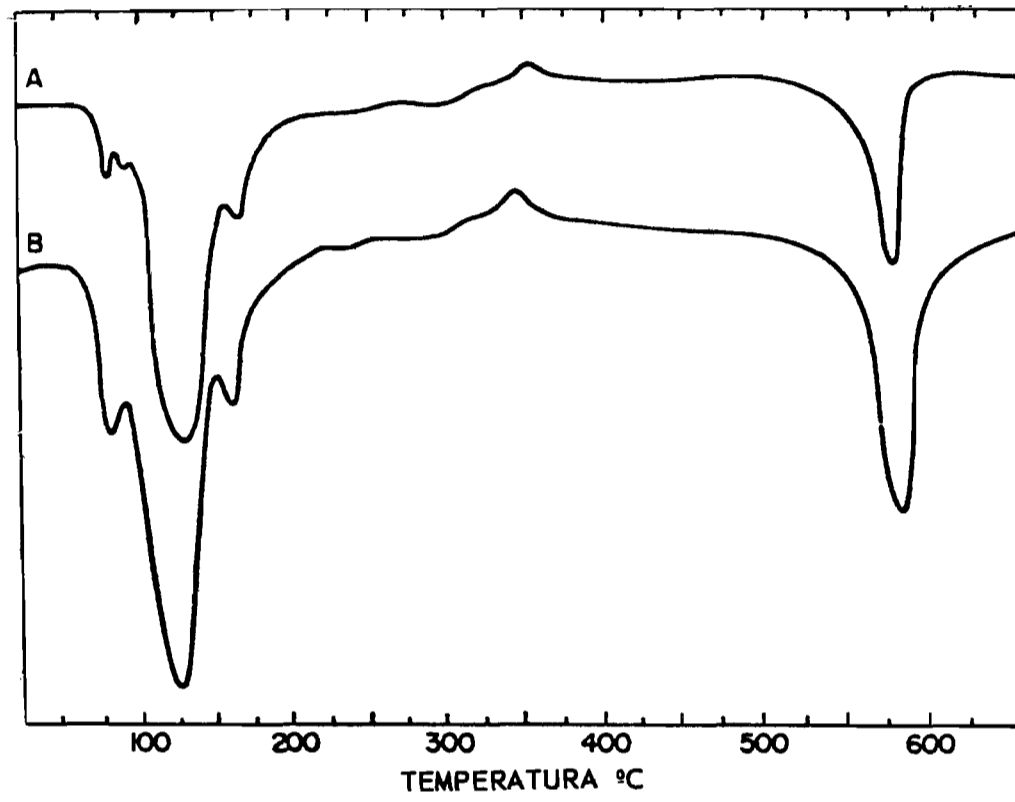


Fig. 3.- Curvas de Analisis Térmico Diferencial. A. Huemulita natural; B. Huemulita sintética

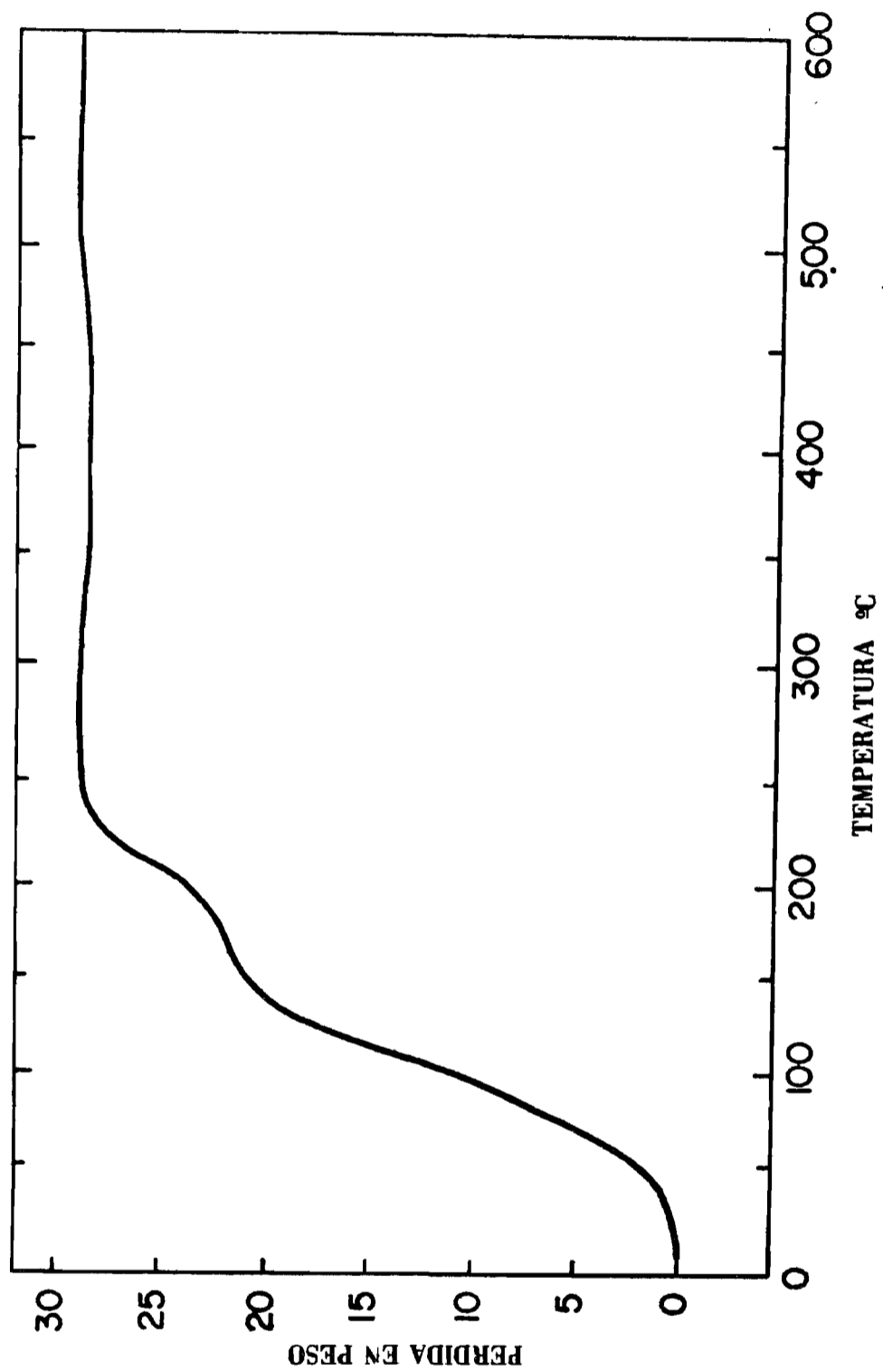


Fig. 4.- Curva de la termobalanza Chevenard de huemulita

Tabla 3: Diagramas de rayos-X de heumulita natural, recristalizada y sintética, comparada con los valores calculados ($CuK\alpha = 1.54050$).

Nº	hkl	d (Å) calculado	OBSERVADO							
			Film Natural (1)		DIFRACTOMETRO					
			I	d (Å)	Natural	Recristalizado		Sintético		
		I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)			
1	010	10.586	F _b	10.77	90	10.59	85	10.61	100	10.65
2	100	10.205			55	10.20	50	10.20	65	10.12
3	110	9.122	F	9.11	60	9.12	50	9.11	40	9.06
4	101	8.211	M	8.22	35	8.22	35	8.20	10	8.19
5	001	7.622	MF	7.62	100	7.62	100	7.61	65	7.62
6	111	6.043	d	6.07	15	6.07	10	6.04	20	6.08
7	111	5.673	d	5.62	7	5.63	5	5.66	10	5.65
8	210	5.398			9	5.41			8	5.45
9	020	5.293			11	5.32	9	5.32	11	5.34
10	011	5.250			25	5.26	16	5.25	10	5.29
11	211	5.150	d	5.13	10	5.18	10	5.17	5	5.18
12	220	4.561	d	4.57	14	4.567	8	4.559	6	4.562
13	112	4.488			13	4.485	8	4.491	5	4.502
14	221	4.030	d	4.022	15	4.000	9	4.024	4	4.015
15	122	3.995								
15	022	3.953			20	3.956	15	3.952	15	3.973
16	221	3.808								
16	131	3.802	d	3.973	25	3.795	20	3.792	10	3.798

Nº	hkl	d (Å) calculado	OBSERVADO							
			Film Natural (1)		DIFRACTOMETRO					
			l	d (Å)	l	d (Å)	l	d (Å)	l	d (Å)
17	221 021	3.808 3.696	d	3.681	20	3.696	15	3.681	8	3.699
18	112	3.600	d	3.581	20	3.580	20	3.580	11	3.566
19	320	3.470			15	3.469	7	3.467	15	3.450
	302	3.463								
20	312	3.305			7	3.305	4	3.300	6	3.298
	312	3.278								
21	132	3.270	d	3.276	15	3.268	7	3.264	20	3.259
22	012	3.193			20	3.182	6	3.175	15	3.173
23	220	3.160			15	3.147	10	3.148	15	3.153
	131	3.071								
24	121	3.046	M	3.064	30	3.054	25	3.060	12	3.062
25	113	2.967			11	2.963	10	2.961	10	2.964
26			M	2.905	35	2.883	35	2.882	10	2.886
27					25	2.843	20	2.843	12	2.849
28			d	2.817	10	2.813	7	2.812	11	2.817
29					25	2.750	10	2.748	8	2.753
30			M	2.714	25	2.703	20	2.704	6	2.696
31					17	2.617	11	2.616	15	2.612

Nº	hkl	d (Å) calculado	OBSERVADO							
			Film Natural (1)		DIFRACTOMETRO					
			I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
32			d	2.569	15	2.570	10	2.566	9	2.569
33					10	2.532	7	2.533	6	2.529
34			md	2.489	13	2.489	7	2.493	8	2.496
35					9	2.399	9	2.399	10	2.396
36					9	2.339	5	2.339	7	2.339
37			M	2.293	15	2.296	13	2.296	7	2.294
38			md	2.196			9	2.187		
39			md	2.132			14	2.147		
40			d	2.094			12	2.101		
41			d	2.045			10	2.053		

(1) Cámara 114.6 mm diámetro.

MF: M: y fuerte; F: fuerte; M: mediano; d: débil; md: muy débil; b: ancha.

PROPIEDADES Y COMPOSICION QUIMICA

La huemulita es fácilmente soluble en agua fría; la solución obtenida es de color naranja amarillenta y el pH es de 5.5 a 6.5, no mostrando poder reductor. Por lo tanto todo el vanadio está presente como V⁺⁵. El mineral funde a 500°C dando un líquido de color rojo.

La solución acuosa del material natural recristaliza si se la evapora lentamente, dando los cristales que fueron utilizados para el estudio de rayos-X y de las propiedades ópticas. En este caso se obtuvieron cristales hasta de 5 mm de tamaño, con un peso de 15-20 mg. Si la recristalización se efectúa en un medio más húmedo (colocando la cápsula de Petri en una cápsula mayor llena de agua), en vez de obtenerse cristales bien formados, se obtienen agregados fibrosos radiados.

Huemulita es fácilmente sintetizada en un medio húmedo, colocando las cantidades estequiométricas de pentóxido de vanadio, carbonato básico de magnesio y carbonato de sodio, en agua fría. La mezcla es calentada en un baño-maria hasta la disolución de los componentes, su reacción y eliminación del CO₂ formado. La solución se concentra y luego de separar el exceso de ácido vanádico por filtración, se deja que enfríe y cristalice.

Composición Química.

Los análisis químicos hechos en dos muestras impuras de huemulita se dan en la Tabla 4.

Los primeros análisis químicos efectuados en el material recristalizado (Ver Tabla 5) mostraron un déficit en el total; además al principio de la investigación fue imposible obtener un producto sintético que diera el mismo diagrama de rayos-X que el material natural. Luego de varias pruebas y tests, se supuso que el déficit correspondería al magnesio. Se efectuó un nuevo análisis químico y al mismo tiempo se preparó un sintético introduciendo magnesio en la composición. Se obtuvieron así cristales triclinicos similares a huemulita con propiedades ópticas y diagramas de rayos-X iguales a las del mineral natural (muestras H/5 y H/7).

Tabla IV : *Análisis químico de huemulita natural.*

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
I. Insoluble en agua fría	25.8 %	25.43 %
II. Soluble en agua fría		
V ₂ O ₅	35.5	40.21
CaO''	5.6	3.53
SO ₃ ''	7.2	4.45
K ₂ O	0.4	0.52
Na ₂ O	4.2	3.94
MgO	n.d	1.18
MnO	n.d	0.02
UO ₃	10 ppm	10 ppm
III. Agua		
H ₂ O-	11.5	12.00
H ₂ O+	8.0	8.80
Totales	98.2	100.08

''El contenido de CaO y SO₃ corresponde a yeso como impureza que fue fácilmente certificado por determinaciones ópticas y de rayos-X.

Los análisis químicos de dos diferentes síntesis, del material recristalizado y la composición teórica de huemulita se dan en la tabla 5, la que permite dar la siguiente composición para la celda unidad:

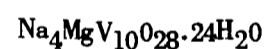


Tabla 5: Composición química de productos sintéticos y recristalizados y composición teórica de hueculita.

	Recristalizado				Sintético H/5				Sintético H/7				Composición Teórica %
	Anal. %	Relac.	Equiv. met.	Equiv. oxig.	Anal. %	Relac.	Equiv. met.	Equiv. oxig.	Anal. %	Relac.	Equiv. met.	Equiv. oxig.	
V ₂ O ₅	59.8	.329	.658	1.645	60.06	.330	.660	1.650	60.46	.332	.664	1.660	60.39
Na ₂ O	8.4	.135	.270	.135	8.52	.137	.274	.137	8.33	.134	.268	.134	8.24
MgO	3.0	.075	.075	.075	2.90	.072	.072	.072	2.91	.072	.072	.072	2.68
H ₂ O	29.2	1.622	3.244	1.622	28.60	1.589	3.178	1.589	28.45	1.580	3.160	1.580	28.69
Total	100.4				100.08				100.15				100.00
		Total Equiv. oxig.		3.477		Total Equiv. oxig.		3.448		Total Equiv. oxig.		3.446	

Átomos por celda unitaria*			
Elemento	Recristalizado	Sintético H/5	Sintético H/7
V	9.9	9.9	9.9
Na	4.0	4.1	4.0
Mg	1.1	1.1	1.1
H	48.6	47.6	47.4
O	52.0	51.7	51.6

*Los átomos por celda unidad se calcularon multiplicando los equivalentes metálico y equivalente oxígeno por 0.01 (para convertir a una escala convencional y por 1498 gr-fórmula, derivado del volumen de la celda unidad (1040.7 Å³), densidad observada (2.39 g/cm³) y número de Avogadro (6.02 x 10²³).

Agradecimientos

Linares, Gordillo y Toubes agradecen la ayuda prestada en el curso de este estudio, por los colegas del Servicio Laboratorios de la C.N.E.A., y a V. Angelelli por su estímulo durante el curso del mismo. También a este último y a P.N. Stipanovic por muchas de las sugerencias utilizadas durante la investigación.

Linares, asimismo, agradece a la División de Materias Primas de la U.S. Atomic Energy Commission y al Dr. M.L. Jensen de la Universidad de Yale, ya que la última parte de esta investigación fue efectuada durante su estadía en dicha Universidad y bajo los auspicios del subsidio AT(30-1) 2261 de la U.S.A. E.C.

BIBLIOGRAFIA

1. BRODTKORB, M.K. de, 1963. Mineralogía y génesis del yacimiento Huemul. Tesis, Univ. de Buenos Aires (inédito).
 2. BURNHAM, Ch.W., 1963. An IBM Computer Program for least-squares refinement of Crystallographic Lattice Constant. Geophys. Lab. Carnegie Inst. Washington, D.C.
 3. EVANS, H.T. Jr., MROSE, M.E. and MARVIN, R., 1955. Constitution of the natural and artificial decavanadates. Amer. Miner., 40, p. 314 (abstract).
 4. EVANS, H.T. Jr., GRAHAM SWALLOW, A., and BARNES, W.H., 1964. The structure of decavanadates. Journ. Amer. Chem. Soc., 86, 4209.
 5. KASPER, J.S., and LONSDALE, K., 1959, editors. International Tables for X-ray Crystallography, Vol. II, p. 444.
 6. LINARES, E. 1956. El yacimiento Cerro Huemul, Malargue, Provincia de Mendoza. Tesis, Univ. de Buenos Aires (inédito).
 7. LINARES, E., GORDILLO, C.E., y TOUBES, R.O., 1963. Huemulita, un nuevo mineral de vanadio hidratado de la República Argentina. II Jorn. Geol. Argentinas, Salta (inédito).
 8. PALACHE, Ch., BERMAN, H., and FRONDEL, C., 1951. Dana's System of Mineralogy, 4 th. edit.
 9. STIPANICIC, P.N., BAULIES, O.L., RODRIGO, F., y MARTINES, C.G., 1962. Depósitos uraníferos argentinos con control sedimentario. 4th. Interamerican Symp. Peaceful Applic. Nuclear Energy, Mexico.
 10. WEEKS, A., CISNEY, E.A., and SHERWOOD, A.M., 1950. Hummerite and montroseite, two new minerals from Montrose County, Colo. Geol. Soc. of Amer. Bul., 61, p. 1513 (abstract).
 11. WEEKS, A., and THOMPSON, M.E., 1954. Identification and occurrence of uranium and vanadium minerals from the Colorado Plateau. U.S. Geol. Survey Bul. 1009-B.
-
