

**ESTUDIOS DE GEOCRONOMETRIA
Y MINERALOGIA**

P A R T E I I I

ILVAITA DE EL GUARICHO, MICHOACAN

por

LIBERTO DE PABLO *

* Investigador Titular

CONTENIDO

III. ILVAITA DE EL GUARICHO, MICHOACAN

	Pág.
RESUMEN	41
INTRODUCCION	41
PRESENTACION DE RESULTADOS	41
Revisión de la literatura	41
DATOS DE CAMPO	43
DATOS MINERALOGICOS	43
DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFIA	43

ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1.—Croquis de localización de la zona de El Guaricho, Estado de Michoacán	42
FIGURA 2.—Ejemplar típico de ilvaita de El Guaricho, Michoacán	45
FIGURA 3.—Granito mostrando cristales de ortoclasa, cuarzo, titanita y clorita	45
FIGURA 4.—Diabasa. Cristales de labradorita, augita, magnetita, clorita	46
FIGURA 5.—Diabasa, mostrando cristales de labradorita, augurita y magnetita	46
FIGURA 6.—Diabasa, con labradorita, augita y magnetita	47
FIGURA 7.—Diabasa. Labradorita, augita y magnetita	47
FIGURA 8.—Diabasa mostrando exsolución o cristalización a tiempos diferentes	48
FIGURA 9.—Ilvaita, con augita y calcita y clorita posteriores	48
FIGURA 10.—Ilvitas mostrando cristalización contemporánea con augita	49
FIGURA 11.—Ilvita y augita en cristalización contemporánea	49
FIGURA 12.—Análisis térmico diferencial de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán	44
FIGURA 13.—Fotografía Weisseberg del nivel 0 de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán	50

TABLAS

TABLA No. 1.—Análisis químico de ilvaita de El Guaricho, Michoacán.	44
TABLA No. 2.—Características cristalográficas de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán	51
TABLA No. 3.—Indices de Miller, distancias interflanares e intensidades relativas de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán	52

RESUMEN

Ilvaita, procedente de la zona de El Guaricho, Michoacán, se estudió mineralógicamente. El mineral se presenta como cristales prismáticos negro azabache, magnéticos, ortorrómbicos, de grupo espacial Pbnm, $a=8.850\text{Å}$, $b=12.990$, $c=5.905$, $Z=3$, gravedad específica 3.99, de fórmula $\text{Ca } 1.0234 \text{ Fe}^{2+} 1.5421 \text{ Fe}^{3+} 1.0960 \text{ Mg } 0.0994 \text{ Mn } 0.1911 (\text{SiO}_4)_2 (\text{OH})$, comenzando la oxidación del Fe^{2+} a 590°C seguida, a 770°C , de una rápida destrucción exotérmica de la latita a magnetita, hematita, cristobalita y rankinita. La ilvaita está en boleos cerca del contacto entre caliza sedimentaria y diabasa intrusiva, estimándose que pudo cristalizar de líquidos magnéticos residuales, ricos en Fe, Ca, Mn, Cu, etc., al mismo tiempo o ligeramente posterior a la augita de la diabasa. Su formación pudo también ser posible por metasomatismo de contacto.

INTRODUCCION

En el Estado de Michoacán, México, en ocasión de una exploración por cobre, se encontró un mineral cuya identificación presentó algunos problemas. De su estudio, se concluyó, era ilvaita, un silicato ferroso férrico de calcio, escasamente estudiado, sobre cuya mineralogía y paragénesis hay discrepancias notables en la literatura y que, hasta ahora, no había sido reportado en México. A continuación se presentan las conclusiones más importantes de esta investigación, con los propósitos de describir el mineral encontrado en Michoacán y de aportar algunos datos al conocimiento de la ilvaita.

PRESENTACION DE RESULTADOS

Revisión de la literatura

Los primeros estudios sobre la ilvaita o lievrita, como también se le ha llamado, fueron reportados por Gossner y Reichel (1932), Schiener (1933), Kokkoros (1936) y Strunz (1937), que indican es ortorrómbica, de grupo espacial Pbnm, conclusión a la que posteriormente también llegó Takeuchi (1948).

Hasta época reciente y posiblemente debido a su poca abundancia, la ilvaita había sido confundida con los boratos complejos de la serie ludwigita-vonsenita. Federico (1957) identificó en las lavas de los volcanes Vesubio y Laziale, Italia, el mineral breislakita, un borato que relacionó a la serie ludwigita-pigeita, que estimó era una variedad capilar de la ilvaita. Posteriormente (1958), breislakita fue desacreditada como tal y calificada como una variedad alta en hierro de los boratos de la serie ludwigita-vonsenita, siendo así considerada por Fleisher (1966). Leonard, Hildebrand y Vlasidis (1962) establecieron recientemente las diferencias entre estos boratos e ilvaitas procedentes de Hanover, New Mexico y Mackay, Idaho, EUA reportando para éstas valores axiales de $a=8.78\text{A}$, $b=12.99$ y $c=5.83$ y, la fórmula química $\text{Ca}_{0.99}(\text{Fe}_{1.53}^{2+}\text{Mn}_{0.42}\text{Mg}_{0.02}) (\text{Fe}_{1.06}^{3+}\text{Al}_{0.03}) (\text{SiO}_4)_{1.99}(\text{OH})_{0.81}\text{Cl}_{0.02}$. Otros datos cristalográficos han sido presentados por Newmann, Sverdrup y Saebo (1957) y Donnay y Novacki (1954).

Desborough y Amos (1961) identificaron cristales secundarios de ilvaita, en concentraciones inferiores al 2%, en gabros del Precámbrico en S. L. Missouri, EUA, asociada a ilmenita, magnetita y ulvoespinel, sugiriendo un origen metamórfico de contacto en el que el mineral reemplazó a magnetita, y fue a su vez reemplazado por epidota y zoisita. Hotz (1953) la encontró en diabasas,

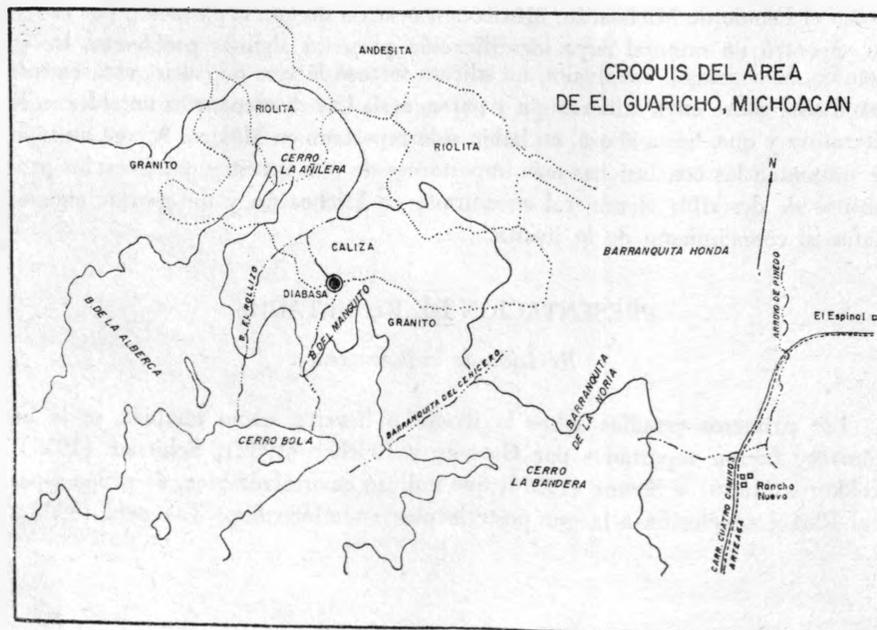


Fig. 1. Croquis de localización de la zona de El Guaricho, Estado de Michoacán.

en Dillsburg, Pennsylvania y Leonard, Hildebrand y Vlasidis (1962), asociada a calcita, cuarzo, piroxena y minerales de cobre en Mackay, Idaho y, a esfalerita, en Hanover, New Mexico. Brown (1936) le atribuyó un origen supergénico asociada a minerales de zinc y, Khetchikov (1956) la consideró como mineral hipogénico de alta temperatura (90—280°C).

DATOS DE CAMPO

La ilvaita estudiada procede de la zona de El Guaricho, Estado de Michoacán, México, indicada en la Fig. 1. Sobre la carretera Cuatro Caminos-Arteaga, 50 km. antes de esta población y a la altura del rancho de El Espinal, parte una brecha de 7 km en dirección poniente que llega al área en que se colectaron las muestras.

Las rocas identificadas en la región son calizas sedimentarias, granitos y diabasas, estando el mineral como abundantes muestras masivas, boleas, cerca del contacto entre la caliza y la diabasa.

DATOS MINERALOGICOS

Un ejemplar típico de ilvaita se presenta en la Fig. 2. Es un boleto en el que el mineral está como pequeños y bien formados cristales, sin orientación particular, comunes en maclas e intercrecimientos, de color negro azabache, quebradizos, magnéticos, fácilmente solubles en ácido clorhídrico a una solución amarilla intensa. Formas dominantes son los prismas laterales y los pinacoides basales, estando el mineral prácticamente puro, asociado a escasos carbonatos, clorita y limonita.

Las rocas identificadas son calizas sedimentarias, riolitas, andesitas, granitos y diabasas, siendo las más interesantes las dos últimas. El granito, ígneo intrusivo, de textura fanerítica, contiene titanita, máficos alterados, clorita y epidota, sin magnetita o ilvaita (Fig. 3). La diabasa es de color gris oscuro, masiva, porfirítica, holocristalina y, contiene labradorita, augita, magnetita, ilmenita, clorita, ilvaita y posible johansenita. En las Figs. 4, 5 y 6 se presenta el aspecto general de la roca, mientras que las Figs. 7 y 8 muestran exsolución o cristalización a tiempos diferentes de magnetita y augita y la alteración de esta última, posiblemente a anfíbola.

Una sección de ilvaita se presenta en las Figs. 9, 10 y 11, mostrando la cristalización contemporánea de augita e ilvaita y la formación posterior, en cavidades, de clorita y calcita.

En el microscopio petrográfico, con luz polarizada, la ilvaita es pleocroica en verde oscuro, prácticamente opaca, paralelo al índice de refracción mayor

y, en amarillo rojizo, paralelo al índice menor. Con luz reflejada, es pleocroica en verde azulado y en verde grisáceo.

Cristales seleccionados con el microscopio binocular se analizaron química-

Tabla I. Análisis químico de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán.

SiO ₂	29.85%
CaO	14.25
FeO	27.52
Fe ₂ O ₃	21.74
MgO	0.99
MnO	3.37
H ₂ O	2.23

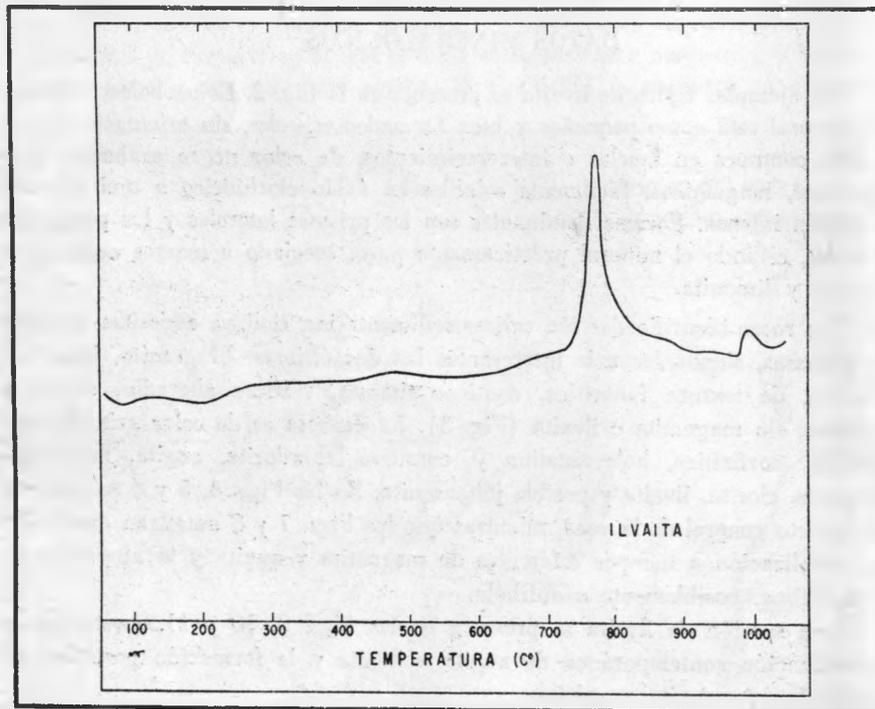


Fig. 12. Análisis térmico diferencial de la ilvaita de El Guaricho, Michoacán.



Fig. 2. Ejemplar típico de ilvaita de El Guaricho, Michoacán.



Fig. 3. Granito, mostrando cristales de ortoclasa, cuarzo, titanita y clorita. Luz polarizada, prismas cruzados, 93.59X.

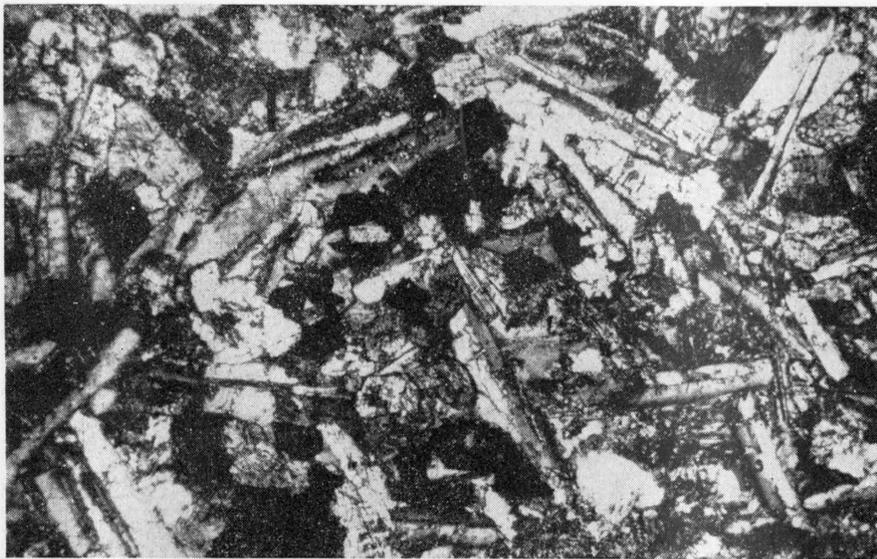


Fig. 4. Diabasa. Cristales de labradorita, augita, magnetita, clorita. Luz polarizada, prismas cruzados. 93.59X.

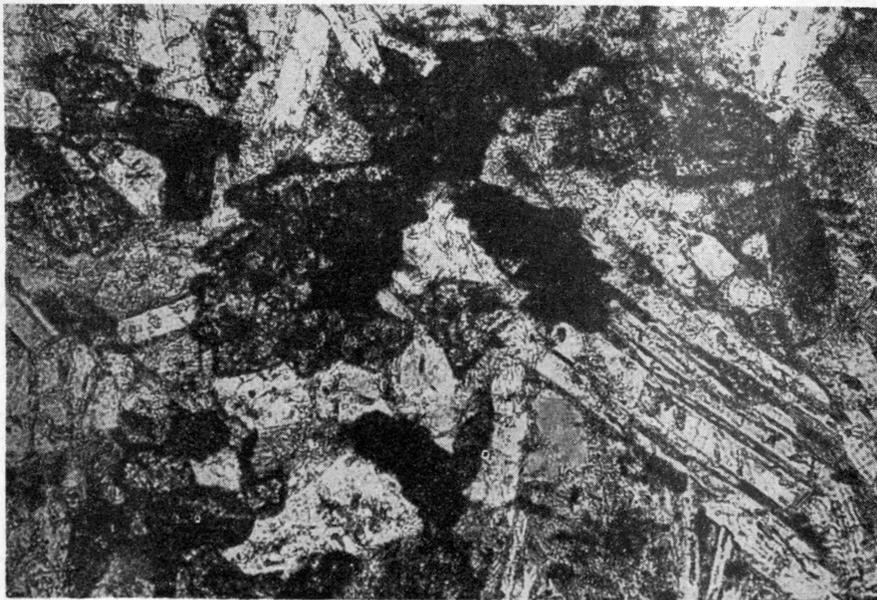


Fig. 5. Diabasa, mostrando cristales de labradorita, augita y magnetita. Luz polarizada, 119.77X.

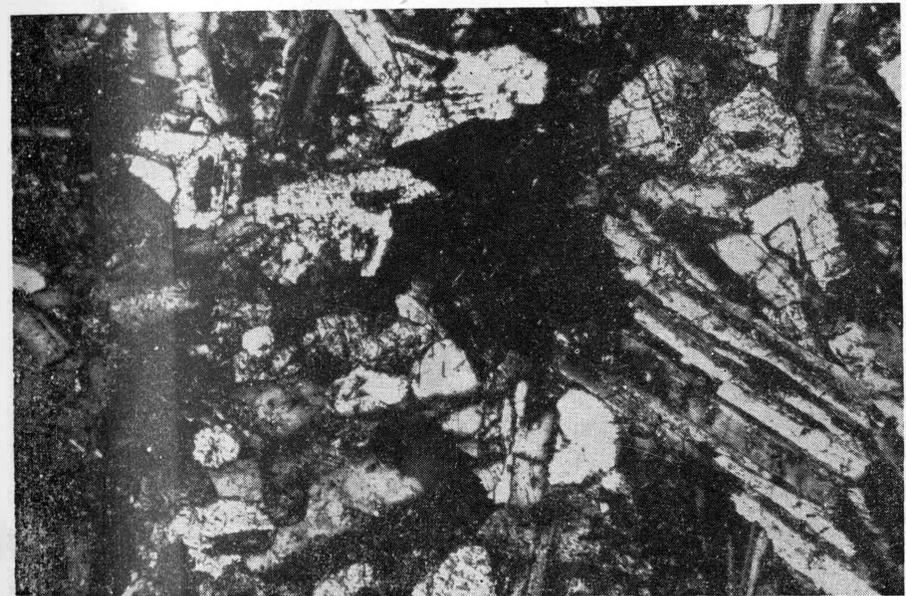


Fig. 6. Diabasa, con labradorita, augita y magnetita, Luz polarizada, prismas cruzados, 119.77X.



Fig. 7. Diabasa. Labradorita, augita y magnetita, mostrando exsolución entre magnetita y augita y alteración de esta última. Luz polarizada, 119.77X.



Fig. 8. Diabasa, mostrando ex-solución o cristalización a tiempos diferentes de magnetita y augita y alteración de esta última, posiblemente a anfíbola. Luz polarizada, 380.31X.

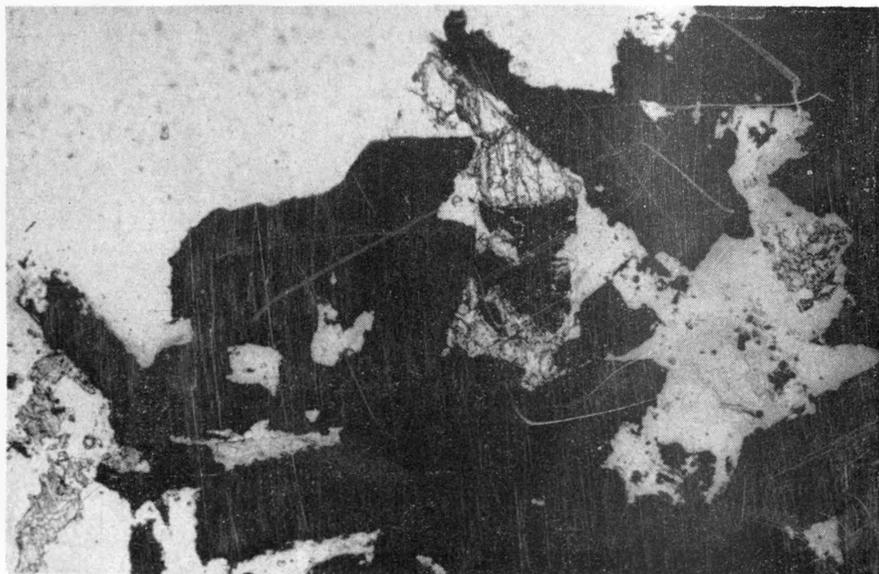


Fig. 9. Ilvita, con augita, y calcita y clorita posteriores. Luz polarizada, 118.84X.

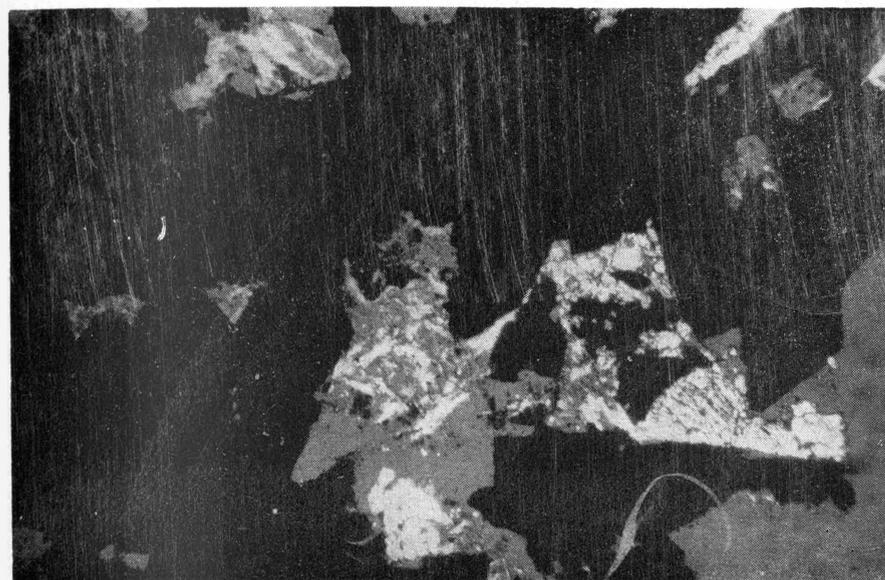


Fig. 10. Ilvita, mostrando cristalización contemporánea con augita y depositación posterior, en cavidades, de clorita y calcita. Luz polarizada, prismas cruzados, 197.76X.

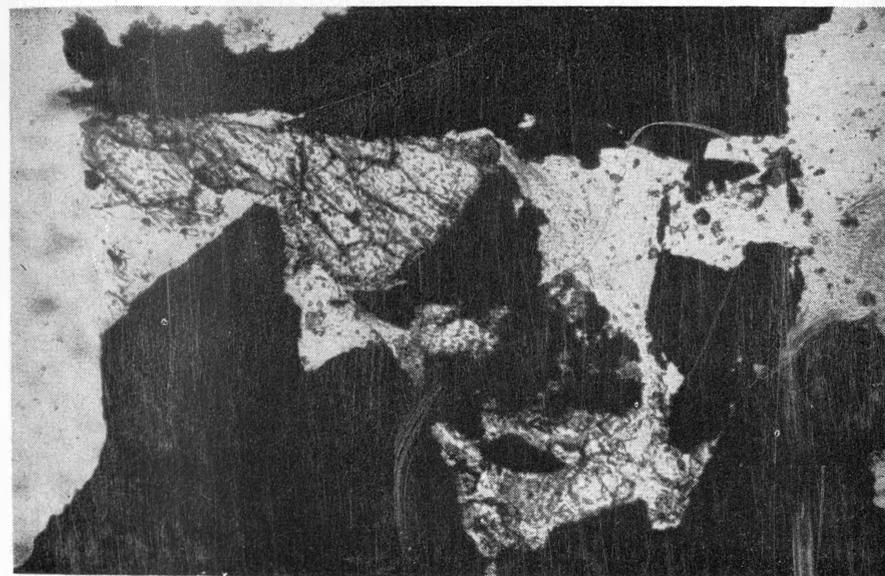


Fig. 11. Ilvita y augita en cristalización contemporánea y depositación posterior de clorita. Luz polarizada, 237.69X.

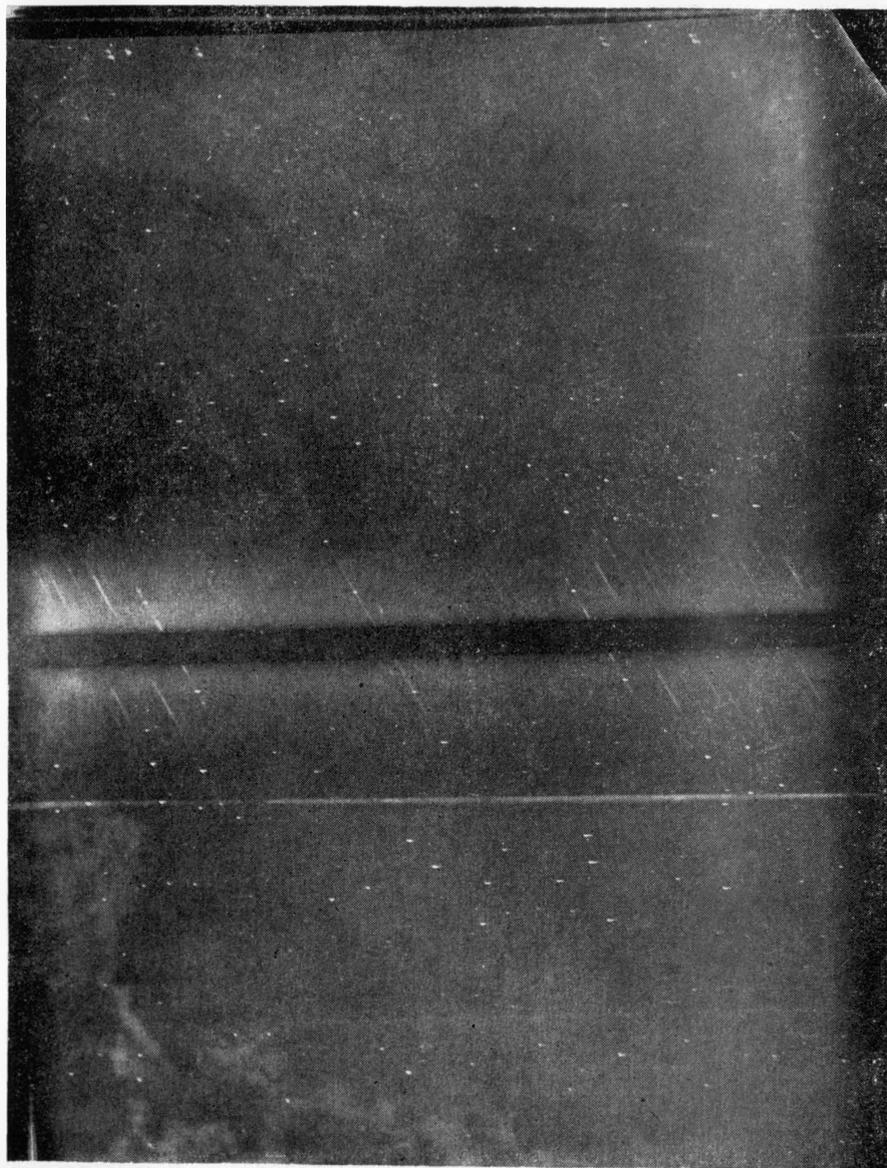


Fig. 13. Fotografía Weissenberg del nivel 0 de la ilvaite de El Guaricho, Michoacán. Eje de giro c. Radiación directa de cobre, cámara de 57.296 mm.

mente, obteniéndose los resultados indicados en la Tabla I de los que se calcula la siguiente fórmula para la ilvaite de El Guaricho



Análisis por espectrografía de emisión indicó, además de los elementos anteriores, trazas de Ti, Cu, Zn, Co, Zr, Cr, Ni, Sr, Mo, y Ag.

Por análisis térmico diferencial empleando velocidad de calentamiento de 10°C/min. estándar de alúmina y registro automático continuo, se observan —Fig. 12— débiles efectos endotérmicos a 95° y 200°C posiblemente causados por agua absorbida o impurezas. A 590°C comienza la oxidación del Fe²⁺ que se continua a los 730°C, con una aguda y rápida destrucción exotérmica de la latice de ilvaite, a 770°C, a una magnetita, hematita, cristobalita, y rankinita (?), que sería la cristalización estable a esperar en el sistema SiO₂-Fe₂O₃-CaO, para la composición de 37.99% Fe total, 31.10 SiO₂ y 10.75 CaO, analizada para este calcinado. Una pequeña reacción exotérmica, no identificada se inicia a 980°C con máximo a los 997°C, tal vez causada por la magnetita.

El mineral se estudió por difracción de rayos X usando técnicas de polvo y de cristal solo. En el primer caso, fue con radiación filtrada de cobalto cámara de 114 mm, y, en el segundo, cámara Weissenberg de 57.296 mm, con radiación directa de cobre y cámara Precession con radiación filtrada de cobre. En la Fig. 13 se presenta la fotografía Weissenberg correspondiente al nivel 0 cuando c es el eje de giro.

Las características cristalográficas calculadas para el mineral se indican en la Tabla II mientras que en la Tabla III se presentan índices de Miller, distancias interplanares e intensidades relativas para las principales reflexiones.

Tabla II. Características cristalográficas de la ilvaite de El Guaricho.

a	8.850 Å
b	12.990
c	5.905
= =	90°
Z	4
Grupo espacial	3.99
Gravedad específica	Pbmn

Tabla III. Índices de Miller, distancias interplanares e intensidades relativas de la ilvaita de El Guaricho.

Índices	d(A)		Intensidad
	medido	calculado	
110	7.32	7.19	70
020	6.47	6.49	70
111	4.57	4.56	10
130,121	3.89	3.90,3.89	30
211	3.38	3.36	5
040,131	3.24	3.24,3.25	100
230	3.11	3.07	10
	3.02		5
	2.94		10
310,012	2.86	2.80,2.87	70
231	2.73	2.71	70
320,022	2.67	2.63,2.685	40
050,240	2.62	2.61,2.63	20
301	2.56	2.57	20
202,150	2.44	2.43,2.47	30
330,212,241	2.39	2.39,2.39,2.38	20
132	2.34	2.34	20
060,400,340,042	2.18	2.17,2.16,2.16,2.19	30
410,420	2.13	2.12,2.04	5
430,002	1.96	1.93,1.965	10
152	1.90	1.90	10
261,123	1.85	1.84,1.84	5
170,440	1.82	1.82,1.80	5
402,062	1.75	1.74,1.74	5
270,510,223	1.71	1.70,1.71,1.72	30
450,520,043,143	1.67	1.65,1.66,1.68,1.65	10
080	1.63	1.62	10
180,530	1.60	1.60,1.60	5
280,460,540	1.53	1.52,1.53,1.52	20
362	1.50	1.49	20
281,272,253	1.47	1.47,1.47,1.47	20
600,350	1.46	1.44,1.44	10
610,470	1.42	1.42,1.41	10
560,630	1.37	1.35,1.36	5
570,650	1.28	1.27,1.26	5
580,660,720	1.20	1.18,1.19,1.21	10
680	1.07	1.07	5

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Las características mineralógicas de la ilvaita de El Guaricho Michoacán, han sido presentadas. Del estudio de muestras abundantes, masivas, de boleos, que es diferente al caso hasta ahora descrito en la literatura, de mineral accesorio o diseminado, se concluye que la ilvaita es ortorrómbica, de grupo espacial Pbm_n, a=9.850A, b=12.990, c=5.905, Z=4, gravedad específica 3.99. Es magnética y su análisis químico corresponde a la fórmula $\text{Ca}_{1.0234}\text{Fe}^{2+}_{1.5421}\text{Fe}^{3+}_{1.0960}\text{Mg}_{0.0994}\text{Mn}_{0.1911}(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$ de peso molecular 402.45. El análisis térmico indica que la oxidación del Fe^{2+} principia a 590°C y, a 770°C, es la rápida destrucción exotérmica de la ilvaita a magnetita, hematita, cristobalita y rankinita, con lo que se difiere de algunos autores que la estiman comparable a la lawsonita.

El mineral se localiza cerca del contacto entre caliza sedimentaria y diabasa intrusiva. El examen de ésta y de los especímenes de ilvaita, sugieren, que si bien el mineral pudo haberse formado por un proceso metasomático de contacto, también pudo cristalizar de soluciones magmáticas finales. En efecto, la ausencia de otros minerales típicos de metamorfismo de contacto, por ejemplo wollastonita, la elevada concentración de Fe^{2+} , Fe^{3+} y Mn^{2+} , y, el mismo examen de la diabasa y de la ilvaita, sugieren que del magma que formó la diabasa, hubo concentración de Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, etc., en líquidos magmáticos residuales de los que posteriormente cristalizó ilvaita. Más aún, en la diabasa se observa cristalización contemporánea de augita e ilvaita o ligeramente posterior de ésta. Calcita y clorita, vistas relleno de cavidades en la ilvaita, pudieron formarse de soluciones finales, posteriores, ricas en sílice, vapor, gas carbónico, etc. Con esto, el autor no atribuye un origen estricto metamórfico de contacto (Desborough y Amos, 1961), supergénico asociado a minerales de zinc (Brown, 1936) o hipogénico, entre 90 y 280°C (Khetchikow, 1956), sino que se admite una génesis magmática residual o posiblemente, metasomática de contacto, a temperaturas que pudieran llegar hasta los 590°C.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, J. S. (1936). Supergene sphalerite, galena, and willemite at Balmat, N. Y., Econ. Geology 31, 331-354.
- DESBOROUGH, G. A. y AMOS, D. H. (1961). Ilvaite: a late magmatic occurrence in gabbro of Missouri. Amer. Miner. 46, 1509-1511.
- Discredited minerals (1958): Breislakite. Amer. Miner. 43 (5, 6), 626.

- FEDERICO, M. (1957). Sulla breislakite. *Periodico di Mineralogia* 26, 191-210.
- FLEISHER, M. (1966). Index of new mineral names, discredited minerals, and changes of mineralogical nomenclature. *Amer. Miner.* 51(8), 1962.
- GOSSNER, B. y REICHEL, Ch. (1932). Über das Kristallgitter einiger Sog. Orthosilikate. *Centralbe. Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 1932A, 225-229.
- HOTZ, P. E. (1953). Petrology of granophyre in diabase near Dillsburg, Pennsylvania. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 64, 675-704.
- KHETCHIKOW, L. N. (1956). Ob il'vaite skarnovo-polimetallicheskih mestorozhdenii. *L'vovskoe Geol. Obshchestvo Mineral. Sbornik* 10, 298-304.
- KOKKOROS, P. (1936). Über die Gitterkonstanten und die Raumgruppe des Lieurits. *Die Naturwissenschaften* 24, 619.
- LEONARD, B. F., HILDEBRAND, F. A. y VLASIDIS, A. C. (1962). Members of the ludwigite-vonsenite series and their distinction from ilvaite. *Geol. Soc. Amer. Buddington Volume*. Pp. 523-568.
- SCHIENER, A. (1933) Lievrit von Seriphos. *Zeit. Krist.* 85A, 89-118.
- STRUNZ, H. (1937). Über Kristallographie un Chemische Zusammensetzung von lawsonite und lievrit. *Zeit. Krist.* 96, 504.
- TAKEUCHI, Y. (1948). The Crystal structure of lievrite $\text{HCaFe}^3\text{Fe}_2^2\text{SiO}_2\text{O}_9$. X-rays. 5(12), 8-14.

UNIV. NAL. AUTÓN. MÉXICO, INST. GEOLOGÍA, BOL. 82, pte. 4,
p. 55-69, 2 figs.

ESTUDIOS DE GEOCRONOMETRIA Y MINERALOGIA

PARTE IV

IV. CALCULO CRISTALOGRAFICO

PROGRAMAS PARA COMPUTADORA ELECTRONICA BENDIX, G-20
FORTRAN II

POR

FRANCISCO J. FABREGAT y RICARDO ESQUIVEL ESPARZA