



50 210456 987450 2

CLASIF.....
ADQUIS. *I-7-818*.....
FECHA.....
PROCED.....

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

DIRECTOR: ING. GUILLERMO P. SALAS

BOLETIN 83

LOS MINERALES MEXICANOS
6. JALPAITA

POR

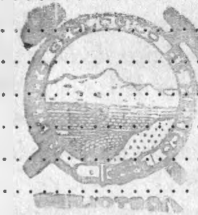
FRANCISCO J. FABREGAT G.



MEXICO, D. F.
1967

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	7
SINOPSIS	9
ESTUDIO CRITICO	9
Nombre	14
Etimología	14
Sinonimia	14
Posición sistemática	15
Descubrimiento	16
Primera publicación	18
Yacimiento típico	18
Paragénesis, mineralogénesis	20
Localidades	21
Ejemplares estudiados	22
Hábito y agregación	22
Minerales análogos	22
Cristalización	23
Morfología externa. Orientaciones	24
Simetría interna	28
Agregados cristalinos	28
Fractura	29
Exfoliación	29
Flexibilidad	29
Dureza	29
Color	29
Transparencia	29
Brillo	29
Empañadura	30
Luminiscencia	30
Densidad (observada, calculada)	30



	Pág.
Individualización de la jalpaíta	30
Examen en superficie pulida	32
El sistema ternario Ag-Cu-S	34
Análisis por fluorescencia de rayos X	38
Comportamiento químico y microquímico	38
Análisis químico; fórmula	39
Celda elemental	41
Diagramas de cristal giratorio	43
Diagramas de polvo; su numeración	44
Contenido de la celda elemental	49
Bibliografía	51

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1—Cristal de Jalpaíta	14-15
2—Relaciones sistemáticas de la especie jalpaíta	16
3—Mapa geológico de la región Bernal-Jalpan, Qro.	18-19
4—Mapa índice de las localidades mexicanas de jalpaíta	20-21
5—Orientación ortoédrica de la jalpaíta	24
6—Fotografía de un ejemplar de jalpaíta con la orientación de la fig. 5	25
7—Estereograma del jalpaíta con la orientación de la fig. 6	25
8—Esquema de la orientación trigonal de jalpaíta	26
9—Fotografía de jalpaíta con la orientación de la fig. 8	26
10—Estereograma de jalpaíta con la orientación de la fig. 8	27
11—Diagrama de fase del sistema Ag-Cu-S: isoterma de 20°	35
11 bis—Sección binaria Cu ₂ S — Ag ₂ S, según Skinner (1966)	37
12—Análisis por fluorescencia de rayos X, de la jalpaíta	38-39
13—Variación de la arista del cubo de la celda elemental en función de la fórmula química	43
14—Diagrama de cristal giratorio [100]	44-45
15—Diagrama de cristal giratorio [111]	44-45
16—Cuadro comparativo de los diagramas de Debye de stromeyerita, argentita, calcocita y sus mezclas	45
17—Cuadro comparativo de los diagramas de polvo de las mezclas de Suhr	46
18—Cuadro sinóptico de los diagramas de definición de la jalpaíta.	46-47
19—Registro espectrofotométrico por difracción de una muestra de jalpaíta	47-48

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Cuadro de los caracteres diferenciales de las especies semejantes a la jalpaíta, según Kalb y Bendig (1924)	33
Tabla de los sulfuros de la fórmula general Ag _{2-x} Cu _x S	36
Resultados de los análisis químicos efectuados sobre muestras de jalpaíta.	39
Relaciones entre composición química y fases observadas en mezclas artificiales de sulfuros de Cu y Ag (Suhr, 1955)	41
Dimensiones de la celda elemental de la jalpaíta en las modificaciones que comporta su fase α	42
Diagramas de polvo de algunas muestras analizadas de jalpaíta	48
Contenido de la celda elemental en las diferentes modificaciones de la jalpaíta	49

INTRODUCCION

Es ya de fama haber sido y seguir siendo nuestro país rico en plata. La mayor parte de sus yacimientos están en suelos de naturaleza volcánica. No es de extrañar se halle en su mineralogía toda la gama de minerales argentíferos y principalmente sulfuros. Entre ellos hay preciosos ejemplares cristalinos de reconocida personalidad universal: especies ubicuistas, jalones de la sistemática mineralógica.

Mas no dejan de tener importancia algunos que por modo de interstiriales ocupan un lugar prominente entre los lineamientos sistemáticos: explican las relaciones químicas y cristalográficas de las especies, la escisión y reunión de grupos, . . . Entre éstos se halla nuestra JALPAITA.

Relacionada íntimamente con la argentita, se le independiza por la sustitución isomorfa de parte de su plata por cobre, calidad que la aparta de su grupo para entrar políticamente en el de la stromeyerita. Análoga emancipación sufre otro mineral nacional, la aguilarita, por sus transacciones semejantes pero con selenio.

Los ejemplares de jalpaíta registrados en las colecciones mineralógicas son raros; más de ello no se ha de pensar quizás que se trate de una especie extraña. Debe abundar, sea cristalizada, sea en masas informes, entre los yacimientos de argentita localizados en terrenos cupríferos, aunque por su parecido con ésta no se la haya identificado durante las operaciones mineras. Los rebajes de los depósitos metalíferos son drásticos, y el minero, sin interés científico y sin tiempo para elucubraciones, arrasa con todo cuanto se asemeja a su mena.

Mucho han dudado los investigadores sobre la individualización de la jalpaíta. Forma parte del sistema ternario Ag-Cu-S, como su fase α , mas sin discontinuidades en sus curvas de transformación no se llega a encontrar aislada de los demás componentes: se suele presentar en intercrecimiento con ellos en las masas minerales, y aún dominando en las formas cristalizadas adopta el aspecto externo de los cristales de argentita. De allí las dudas que sugiere su diagnóstico.

A este sistema pertenece también otra especie mineral con análogo comportamiento, descubierta asimismo en México, aunque menos conocida: la coci-nerita.

SINOPSIS

JALPAITA (Breithaupt, 1858)

FORMULA: Ag_3CuS_2

CRISTALIZACION: Seudocúbica (de argentita)

Tetragonal holoédrica

Cúbica holoédrica

Etimología: Jalpa, Edo. de Zacatecas (Salazar Salinas, 1928)

Jalpan, Edo. de Querétaro (Aguilar, 1898 y Landero, 1934)

Sinonimia: ninguna

POSICION SISTEMATICA: Cl. II, Sulfuros. Grupo de la Stromeyerita.

DESCUBRIMIENTO: Lugar: Jalpa, México (sic. Breithaupt, 1858)

Primera referencia: Breithaupt, A.—Beschreibung neuer Mineralien.— 7. Jalpait.

Berg—und hüttenmännische Zeitung 17.11 (1858) 85

Noticia histórica: Hallada por Schleiden en México y estudiada inicialmente por Breithaupt en Freiberg, Alemania. (1858).

Permanció la jalpaíta sin otro estudio hasta que fue identificada de nuevo por Bertrand (1872) en Chile, por Kalb y Bendig (1924) en una muestra proveniente de Altai, Tomsk, Siberia y conservada en el Museo de Berlín.

La dificultad de su diagnóstico independiente en las menas de plata, suscitó la duda sobre su existencia entre los investigadores (Murdoch, 1910; Davy y Farnham, 1920; Schneiderhöhn y Ramdohr, 1931), hasta que Schwartz (1935) apoyado por Claringbull (1953) y por Suhr (1955) llegaron a individualizarla por medio de diagramas de polvo. Finalmente Djurk (1958) logra definirla como fase α del sistema ternario Ag-Cu-S. Skinner (1966) completa el estudio.

Yacimiento típico: designación incierta,

Jalpa de Zacatecas, en la periferia de la región minera de S. Pedro Analco, Jal.

Jalpan de Querétaro, en la región minera de Bernal-Jalpan, al N de ese Estado.

LOCALIDADES: México: Estado de Zacatecas, Mina La Leonesa, Jalpa, Región de Tepechtlán, Sierra de Mixtón.

México: Estado de Zacatecas, Minas La Concha y La Fe, Mineral de S. Martín, Municipio de Sombrerete.

México: Estado de Querétaro, Mina de Jalpan, Dto. de Jalpan.

México: Estado de Jalisco, Hostotipaquillo, región de S. Pedro Analco, Sierra de Mochitiltic, Mina Mololoa.

Chile: Tres Puntas

Siberia: Mina de Zuayeinogorsky, Altai, Tomsk,

MINERALOGENESIS: Cristales o masas de reemplazamiento en base de cuarzo (ópalo o calcedonia) acompañada por argentita, stromeyerita, calcedonia, calcopirita, arsenopirita, schoelita, en México.

Se la halla en argentita, malaquita, crisocola y otros minerales de Cu, sobre espato calizo en Chile.

Se la encuentra ocupando pequeñas cavidades en calcedonia y baritita, junto con plata y oro nativos, en Siberia.

PRESENCIA:

Hábito: predominantemente rembododecaédrico; octaedros, pseudocúbico; caras con pequeños huecos de corrosión.

Agregación: masas granudas, de fácil fractura; agregados paralelos reticulados

MINERALES ANALOGOS: Argentita-acantita, stromeyerita, calcocita, Stephanita, covellita, digenita, djurleita.

CRISTALOGRAFIA: Cristales de aspecto pseudocúbico (de argentita)

Clases: Tetragonal holoédrica (baja), D (4h)

Cúbica holoédrica (alta), O(h)

Cristalometría: La forma medida, anomalía por su cara (111), que le da aspecto ortoclínico: φ (53°30') ρ (59°45')

Ángulos interfaciales: (en la agrupación reticular)

	001	100	010	111
111	59°45'	46°10'	59°05'	73°03''

AGRUPACIONES CRISTALINAS:

Holoácicas: agrupación paralela de aspecto esquelético y apariencia global de cristal único.

Biácicas: no se han descrito.

PROPIEDADES FISICAS:

Tenacidad: algo sétil, virutas subelásticas y flexibles.

Fractura: frágil, irregular, ganchuda

Exfoliación: cúbica, más clara que la de argentita.

Dureza: 3 — 3.5

Densidad: observada, 6.765 (límites 6.8 — 6.9)
calculada, 6.765

PROPIEDADES OPTICAS:

Color: grisplomo con visos negruzcos y violeta. A veces violeta aún en cortes frescos.

Raya o polvo: negro

Transparencia: opaco

Brillo: metálico en fractura fresca; luego mate

Empañadura: gris oscura o pardo negruzco; rápida a la luz. Ocasionalmente, irisación violeta.

Luminiscencia: no

DIAGNOSTICO EN SUPERFICIE PULIDA:

Dureza: Talmage A, < galena

Reflectividad: valores no determinados

Color: blanco grisáceo claro (en el aire), con puntos dispersados de Ag.

→ argentita (aire): el mismo, más sin tonalidad verdosa),
(aceite): más oscura y ligeramente rosada gris,

→ stromeyerita: violeta claro, púrpura, pardo, negro.

→ galena: más oscura.

Reactivos:

Agua regia: empaña con irisación

KCN : colores lentamente en pardo.

FeCl₃ : mancha irisada.

HgCl₂ : mancha parda irisada, se borra frotando.

HNO₃ :—, a veces, mancha negra irisada como stromeyerita.

HCl :—, puede aparecer lentamente empañadura

KOH :—, en algunas muestras, mancha negruzca (más rápida e intensa en la stromeyerita).

Corrosión ligera, reacción menos rápida que argentita.

Pulimento mejor que argentita, pero con grietas.

Refl. Moderada.

Refl. pleocr. clara.

Anisotropía: fuerte (desde débil a mediana, menos que stromeyerita).

Dureza: argentita < jalpaíta < galena

Reemplazamientos: pechblenda, calcopirita

Otras asociaciones: argentita, stromeyerita, plata nativa.

DIAGNOSTICO MICROQUIMICO:

1. Descomponer la muestra mediante HNO₃ (1:1). Lavar ppdo. con gota HNO₃ (1%)

2. En dos portaobjetos:

A. Reconocimiento de la plata: fragmento bicromato K: formación de cristales rojos.

B. Reconocimiento del cobre: gota de sulfocianuro K y Hg: prismas y agregados musgosos amarillo verdes

ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA RAYOS X: principales Ag, Cu,
accesorio Zn.

ANÁLISIS QUÍMICO:

	Ag ₃ CuS ₂	I	II	III	IV
S	14.21	14.36	14.02	16.17	14.54
Ag	71.73	71.51	71.63	71.65	71.71
Cu	14.06	13.12	13.06	13.97	13.76
Fe	...	0.79	0.57	...	...
	100.00	99.78	99.28	101.79	100.01

Fórmula: Ag 3.069, Cu 1, S 2.094 → Ag₃ CuS₂SISTEMA TERNARIO: Ag-Cu-S Ag_{2-x} Cu_x S (0 ≤ x ≤ 2)
fase α : Ag_{1.55} Cu_{0.45} S → Ag₃ SuS₂α III < 112° Celda tetragonal centrada
α II 112° — 300° Celda cúbica centrada
α I > 300° Celda cúbica de caras centradas

CELDA ELEMENTAL:

Modif. α III : a₀ = 8.673 — 8.725 ; c₀ = 11.756 — 11.740Z = 8 c₀/a₀ = 1.358 — 1.345Modif. α II : a₀ = 4.825 — 4.870

Z = 1

Modif. α I : a₀ = 6.110 — 6.140

Z = 2

A

DIAGRAMA DE POLVO:

Modif. III: a ₀ = 8.673, b ₀ = 11.756				Modif. II: a ₀ = 4.825				Modif. I: a ₀ = 6.110			
I/I ₀	Simb.	Q	d	I/I ₀	Simb.	Q	d	I/I ₀	Simb.	Q	d
d	101	0.020530	6.979								
m	200	.053176	4.336								
d	211	.073706	3.684								
d	103	.078418	3.491								
—	—	—	—						111	.080358	3.529
d	202	.082120	3.491						200	.107144	3.055
—	—	—	—		110	.085908	3.412				
—	—	—	—		—	—	—				
f	301	.126862	2.807								
f	213	.131594	2.757								
m	312	.161885	2.485								
f	204	.168952	2.433	m	200	.171816	2.412				
f	321	.180058	2.357								
d	303	.184770	2.327								
d	105	.194194	2.269								
d	400	.212704	2.168					f	220	.214288	2.160
m	224	.222128	2.122								
d	215	.247370	2.011								
—	—	—	—								
dd	332	.268236	1.931	f	211	.257724	1.970				
dd	116	.287084	1.866								
—	—	—	—						311	.294646	1.842
d	404	.328480	1.745						222	.321432	1.764
dd	501	.339586	1.716	d	220	.343632	1.706				
dd	334	.355068	1.678								
dd	503	.397474	1.586								
dd	415	.406898	1.568								
—	—	—	—		310	.429541	1.526		400	.428576	1.528
d	523	.450650	1.490								
dd	514	.461422	1.472								
d	532	.480940	1.442								
d	611	.499114	1.415								
d	336	.499788	1.414								
d	435	.513250	1.396		222	.515448	1.393		331	.508934	1.402
dd	327	.527386	1.377						420	.535720	1.366
d	525	.566426	1.329								
d	534	.567772	1.327								
d	631	.605466	1.285		321	.601356	1.289				
dd	516	.606140	1.285						422	.642864	1.247
—	—	—	—								
—	—	—	—	dd	400	.687264	1.206		511	.723222	1.176
—	—	—	—						333		
dd	329	.758938	1.148								

DESCRIPCION

JALPAITA (Breithaupt, 1858)

Ag_3CuS_2 Seudocúbica (morfología externa de argentita)

- * Modif. II, entre 112° y 310° ; celda cúbica centrada.
 $a_0 = 8.673$ a 8.725 ; $c_0 = 11.756$ a 11.740 Å
 $Z = 8$ $c_0/a_0 = 1.358$ a 1.345
- * Modif. II, entre 112° y 310° ; celda cúbica centrada
 $a_0 = 4.825$ a 4.870 .
 $Z = 1$.

Modif. E, $> 310^\circ$; celda cúbica de caras centradas $a_0 = 1.110$ a 6.140
 $z = 2$.

Strunz (1949) $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 3\text{Ag}_2\text{S}$ Seudocúbica

Dana (1958) Variedad cúbica de argentita

Hintzse (1904) $(\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S}$ Cúbica

Klockmann y Ramdohr (1955) $3\text{SAg}_2\text{Cu}_2\text{S}$ — Ortoclínica

Probablemente mezcla isomorfa de stromeyerita y argentita.

NOMBRE

JALPAITA: nombre dado por Breithaupt en obsequio a su lugar de descubrimiento, Jalpa, México.

ETIMOLOGIA

Más adelante se discute su localidad típica y a qué Jalpa mexicano se refiere: ¿Jalpa o Jalpan?

Si a la primera, la apelación sería correcta; más de pertenecer a la segunda, la denominación de *Jalpaíta* es anómala: no obedece a las reglas generales de lexicología mineralógica, debiéndose nombrar *Jalpanita*, ya que el vocablo anterior hace referencia a Jalpa y no a Jalpan, en donde también se supone fue descubierta.

Cualquiera sea su procedencia, justifica mantener el vocablo establecido, aunque dudoso, la ley de prioridad y su divulgación ya universal.

SINONIMIA

Conserva su nombre original, y carece de sinónimos; si bien tenida por algunos autores como variedad cuprífera de argentita, y por otros como de stromeyerita.

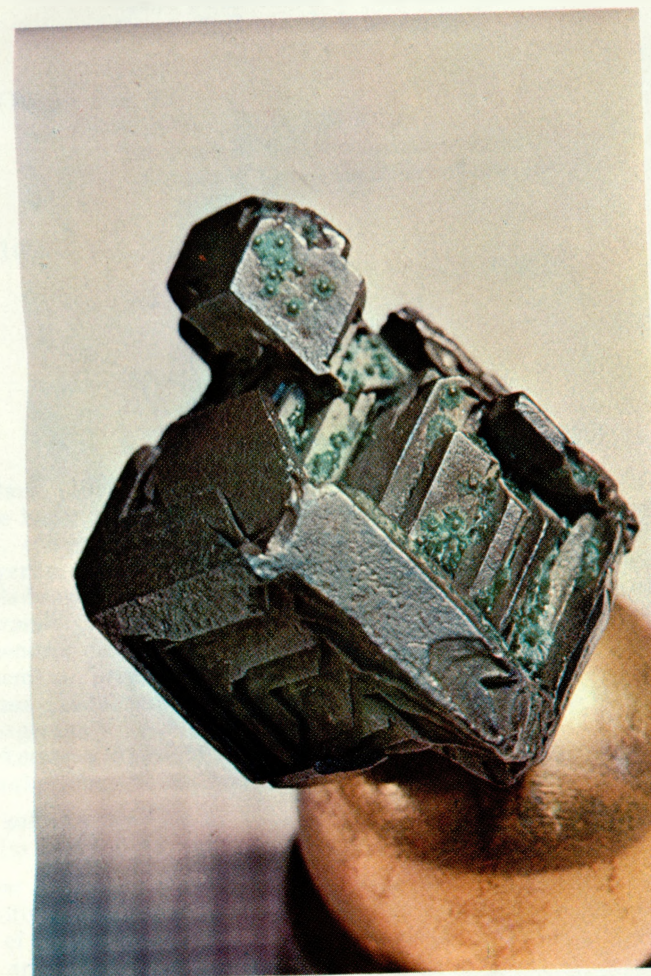


Fig. 1. Cristal de Jalpaíta.

POSICION SISTEMATICA

Hintzse (1904). Vol. I, parte 1o. Nos. 1-8, pág. 458
 Clase: SULFUROS Y SULFOSALES
 Grupo: 5. Grupo de la argentita
 6. JALPAITA

Strunz (1949). Pág. 75
 Clase: II. SULFUROS
 Subclase: B. Sulfuros ricos en metal
 Grupo: 8. Grupo de Stromeyerita
 JALPAITA

Dana (1958). Vol. I, Pág. 177.
 Clase: SULFUROS Y SULFOSALES
 Subclase: A₂x

Tipo: 23 SULFUROS
 División: División isométrica
 Grupo: 231 Grupo de la argentita

2311 Argentita: var. JALPAITA

Para Dana (1958) la jalpaíta es extrañamente una variedad de argentita, no obstante hacer notar que tiene hasta un 14% de Cu en su composición. Strunz (1949), con mejor criterio, la tiene como especie autónoma del grupo de la stromeyerita. Es preferible este parecer, que si no estuviera basado en otras propiedades diferenciales, bastaría con su contenido de Cu para condicionar una fórmula diferente y postular por la independencia de la especie: con muchas menores diferencias y aun nulas, de composición química, se han llegado a desmembrar grupos en series isomorfas.

Hintzse (1904) también la cita como especie autónoma, la 6o. de su grupo de la argentita.

Klockmann y Ramdohr (1955) adoptan una posición intermedia, considerándola probablemente una mezcla isomorfa de stromeyerita y argentita.

Los sulfuros sencillos de plata se reúnen en dos grupos simétricos diferenciándolos mutuamente con su contenido en Cu o en Se:

Grupo de la argentita: representado en un lado del triángulo, con sus vértices de acantita y de naumannita; centro de gravedad con la aguilarita en la que entran el Se y el S sustituyéndose isomórficamente. Tiene un apéndice formado por la argirodita (hacia el Ge) y la crookesita (hacia el Te). Es notable la canfieldita por su reemplazamiento de Ge por Zn, siendo particularmente significativo el hecho de hallarse también este elemento, aunque en trazas, en el análisis fluorescente que realizamos sobre nuestra jalpaíta.

Grupo de la stromeyerita: es el correspondiente cuprífero de los miembros del do argentita por sustituciones respectivas de Ag por Cu, con la posición relativa de composición que puede verse representada en el triángulo de parentesco de las especies de ambos grupos.

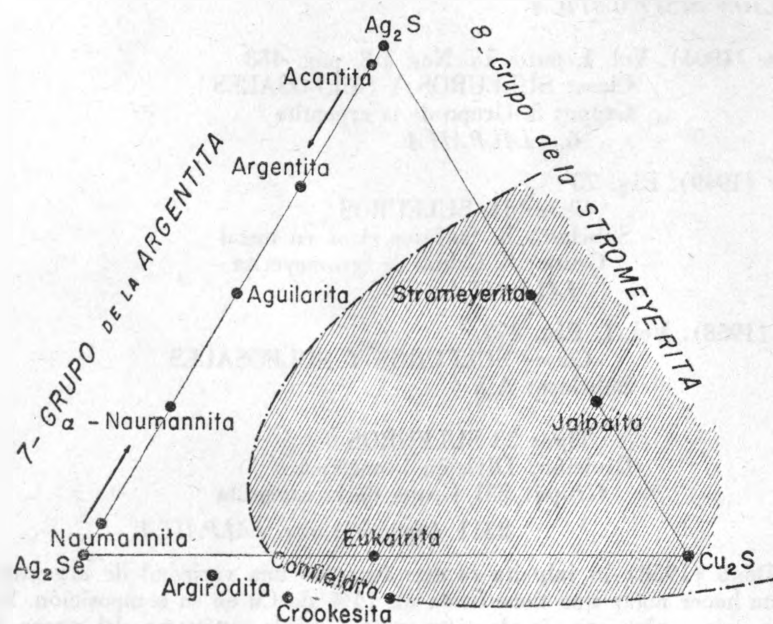


Fig. 2. Relaciones sistemáticas de la especie Jalpaíta.

Estas relaciones sistemáticas de la jalpaíta se completan con los estudios realizados sobre el sistema ternario Ag-Cu-S. (Cf. p. 47).

Como se define cual fase α de dicho sistema, es lógico pensar que no se la halle individualizada en las menas, sino muy frecuentemente en intercrecimiento más o menos dominantes, con los otros términos del sistema. De allí su dificultad por aislarla y obtener cristales puros.

Así considerada subsiste como especie bien definida, y no como producto de sustitución isomorfa de la Ag por Cu, cual término de la serie argentita-calcocita, ni como mezcla isoforma stromeyerita-argentita.

La jalpaíta corresponde en todos sus aspectos a la argentita, tonida por Dana como su variedad cúprica, con excepción de su anisotropía, que Kalb y Bendig señalan cual medio para distinguirlas (aunque la argentita presenta asimismo esta propiedad en algunas muestras).

DESCUBRIMIENTO

La jalpaíta fue descubierta en México por Schleiden quien envió dos muestras del mineral a Freiberg, Alemania, las que fueron estudiadas inicialmente por Breithaupt (1858).

Nótese que la primera noticia del hallazgo es referida por Breithaupt a Jalpa, México, como localidad típica. Esta asignación es muy vaga e imprecisa, dejando mucha incertidumbre sobre su verdadero origen: en efecto, en México

hay 4 entidades con el nombre de Jalpa y 6 con el de Jalpan, datos desconocidos por el autor alemán, quien retuvo sólo la primera apelación:

JALPA, rancho, Edo. de Guanajuato (Localización C—II). Esta localización se refiere a su posición en el Atlas Geográfico de los Estados Unidos Mexicanos, Dirección de Geografía y Meteorología, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, 1946).

JALPA DE MENDEZ, Cabecera Municipal, Edo. de Tabasco. Entidad elevada de la categoría de pueblo a la de ciudad en 1955. (Localización B—III).

JALPA, Hacienda, Edo. de México. (Localización B—III)

JALPA, Pueblo, Cabecera Municipal, Edo. de Zacatecas. (Localización E—II).

JALPAN, Villa del Edo. de Puebla. (Localización F—V)

JALPAN, Rancho, Edo. de Michoacán. (Localización C—III)

JALPAN, Rancho, Edo. de Guanajuato. (Localización C—IV)

JALPAN, Rancho Edo. de Hidalgo. (Localización B—III)

JALPAN, Ciudad, Cabecera Municipal, Edo. de Querétaro. (Localización B—III y B—IV).

JALPAN, Pueblo, Cabecera Municipal, Edo. de Puebla. Incorporado a Venustiano Carranza (1951) y rehabilitado (1955).

Aguilar (1898) fue quien designó exactamente la mina y distrito minero en litigio: según él se hallaron los ejemplares en la Mina de Jalpan, Dto. de Jalpan, Edo. de Querétaro.

Posteriormente aparecieron en México dos notas sobre Jalpaíta: una de ellas debida a Landero (1934) quien la afirma procedente de JALPA (sic), Querétaro; la otra es de Salazar Salinas (1928), asignándola a Jalpa, Zacatecas. De estas dos citas, la de Landero tiene carácter más científico (aunque desgraciadamente no hay Jalpa sino Jalpan en Querétaro; la referencia de Salazar Salinas pertenece a un texto elemental.

Por el análisis de las referencias, así como por la congruencia de la constitución geológica cabe retener sólo estas dos localidades como admisibles:

1o. Jalpa, Edo. de Zacatecas: este parecer de Salazar Salinas puede pensarse fundado en haber encontrado jalpaíta en otras localidades del mismo Estado; si bien todas ellas se hallan más al norte y rodeando a la capital: el Jalpa de Zacatecas está en la región de Tepechitlán, septentrional, muy aislada. El pueblo de Jalpa se encuentra cerca del río Juchipila, en la Sierra Mixtón y a su NE, en la vertiente W de la sierra, su mina más importante y antigua (ahora ya abandonada) de La Leonera. La región ha sido muy poco estudiada.

De esta mina sólo se ha podido hallar una referencia bibliográfica: Maximino Alcalá, Informe sobre el estado que guardan los labrados de la mina La Leonera, Mun. de Jalpa, Dto. de Juchipila, Zac. (Memoria de la Secretaría de Fomento, Méx. (1908-1909) págs. 153-156.

2o. Jalpa. Edo. de Querétaro: la opinión de Aguilar parece influenciada por la existencia de la importante zona mineralizada de Bernal-Jalpan, en donde es muy congruente hallar ejemplares de jalpaíta, aunque los estudios hechos sobre dicha región no la citan.

De estas dos localidades parece haberse de tener como más admisible la cita de Aguilar (1898) y pensar que nuestras muestras de jalpaíta pueden venir de JALPAN, Edo. de QUERÉTARO.

No obstante, la elección no es franca en favor de Querétaro: el haber citado Breithaupt a Jalpa como localidad típica, es un hecho por demás significativo. Siendo alemán su descubridor no podía añadirle n o m arbitrariamente, ya que tales letras son signos causales característicos en alemán.

Nos dice Landero (1934) haberse encontrado jalpaíta "en otra localidad mexicana", aunque sin especificar más circunstancias.

Schwartz (1935) estudió una muestra de jalpaíta en cristales grandes sumamente parecidos a los que se han estudiado para la redacción de esta memoria, provenientes de la Mina Mololoa de Hostotipaquillo, Jal., que se conserva en el United States National Museum. Esta muestra volvió a ser estudiada posteriormente y con mayor detenimiento por Skinner (1966) confirmando ser de jalpaíta con intercrecimientos de acantita.

Se ha observado también jalpaíta en las minas de La Concha y de La Fe. Mineral de San Martín, Municipio de Sombrerete, Edo. de Zacatecas.

Fuera de México fue observada también Jalpaíta en Chile, por Bertrand (1872), y más tarde en un material recolectado en Schlangenberg (Monte de las Culebras), Altai, Tomsk, Siberia, por G. Rose y entregado al Museo Mineralógico de Berlín. De este material fue estudiado un ejemplar de jalpaíta por Kalb y Bendig (1924).

PRIMERA PUBLICACION

August Breithaupt

Beschreibung neuer Mineralien.— 7. Jalpait.

Berg- und hüttenmännische Zeitung. Leipzig. 17 Jahrgang.

Nr. 11, 17 März 1858.

YACIMIENTO

La descripción geológica de la región Bernal-Jalpan, Estado de Querétaro, en donde probablemente se descubrió la Jalpaíta, podrá ser consultada en el U. S. Geological Survey Bull. 1104-B (1961), Washington, de Kenneth Segers-trom (redactada en colaboración con el Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, México.) de cuya publicación hemos extractado cuanto sigue a este respecto y a la que enviamos al lector deseoso de más informes.

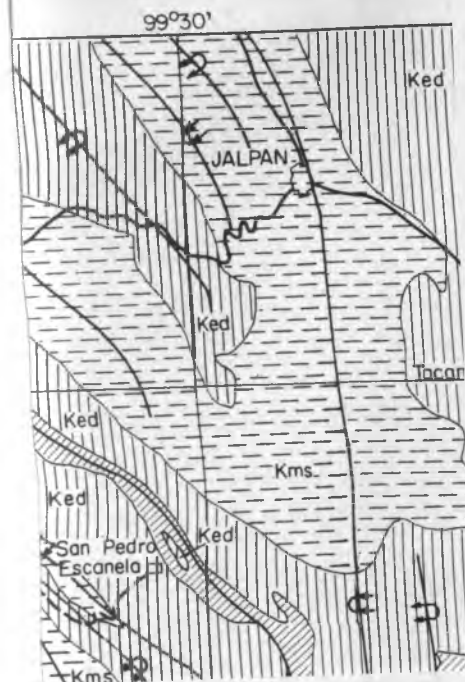
No obstante, en esta descripción no se cita nada de la especie jalpaíta entre la riqueza minera de la región, probablemente por no ser mineral de valor explotable, y sí únicamente científico.

El área Bernal-Jalpan es de unos 2250 km². y ocupa la parte central del Estado de Querétaro, de cuya capital dista unos 50 kms. hacia el E-NE. Se comprende entoramente en la intrincada provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental por la confluencia de los ríos Extórax y Mostezuma.

Desde Jalpan se extiende hacia el W a través del Estado de Querétaro la Sierra Gorda, poco definida, con sus eminencias principales de Cerro Pingüical y Cerro de la Calentura.

Los ríos Jalpan y Blanco drenan la parte septentrional de la región.

Hay un arco de depósitos metalíferos que se extiende desde Teziutlán, Pue., hasta Xichú (Guanajuato) cubriendo una distancia de 320 kms. El área Bernal-



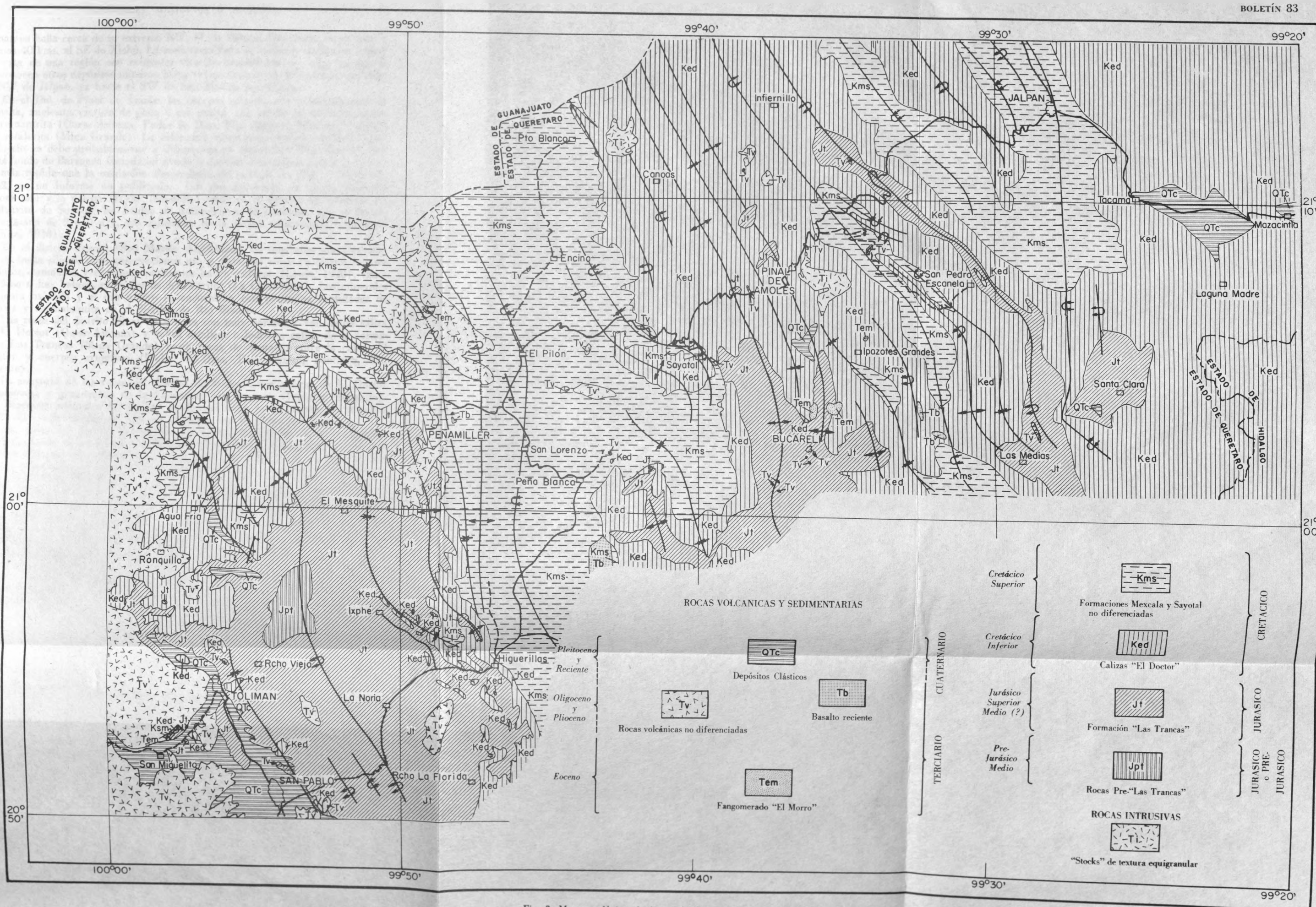


Fig. 3. Mapa geológico de la región Bernal-Jalpan, Qro.

Jalpan se halla cerca de su extremo NW. El río Blanco, Querétaro, se encuentra a unos 40 kms. al SE de Xichú. La zona metalífera es ancha y de límites vagos: se trata de una región con evidentes vínculos metalíferos con ella, ya que se desconocen otros depósitos mineros hasta varias decenas de kilómetros, ya hacia el NW de Jalpan, ya hacia el SW de San Martín Apichitlán.

En el Dto. de Pinal de Amoles los cuerpos mineros son principalmente de cerusita, anglesita, cloruro de plata y oro nativo, con esfalerita, estibnita, piritita y arsenopiritita (Queso-Animas, Poder de Dios, Tiro México, Santiago); galena con esfalerita (Mina Grande). La diferencia entre estas dos asociaciones mineralógicas se debe probablemente a diferencias en elevación: Mina Grande está en el fondo de Barranca Grande en donde la erosión descendente puede haber sido más rápida que la oxidación descendente del sulfuro de plomo (Shedwick, 1952, en un informe no publicado). Los dos minerales de plomo oxidados (Plomosas) y la galena (Ixphé, Nopalillo) están en el distrito de Tolimán. En el distrito de Soyatal, los óxidos de antimonio y de estibnita, que se hallan en relación de 2 ó 3 a 1, son minerales de la mayor importancia económica (White, 1948).

En el distrito Bernal (San Martín Ajuchitlán) los depósitos son fragmentos de lutita silicificados, que contienen oro y plata, así como en ciertos lugares yoduros, bromuros y cloruros; parece no haber sulfuros (Lewis, 1920), ignorándose si hay haluros en lo demás del distrito. (La Chicaroma). Los minerales de plata oxidada y el oro nativo se encuentran con pequeñas cantidades de azurita y de malaquita en el distrito de Río Blanco.

Las rocas del distrito Pinal de Amoles son muy variadas: van desde caliza de El Doctor (Queso-Animas) y caliza arcillosa o lodolita, caliza de la formación Las Trancas (Mina Grande) hasta rocas de contacto entre la caliza El Doctor y cuerpos eruptivos (Poder de Dios, Tiro México, Santiago, San Vicente).

La mayoría de las rocas del distrito de Tolimán son calizas de El Doctor (Plomosas) y grauwackas de la formación Las Trancas (Ixphé y Nopalillo). Los depósitos minerales del distrito de Soyatal están en la cúspide de la caliza El Doctor, inmediatamente bajo su contacto con la formación Soyatal.

Las rocas del distrito Bernal son las calizas El Doctor de estratificación delgada, lutitas de la formación Mexcala (San Martín Ajuchitlán) y filita de pre-Las Trancas (La Chicaroma). Las rocas son diorita en el distrito Río Blanco (Guadalupe) y roca de contacto entre diorita y la caliza de El Doctor (Cueva del Oro, Rosario).

El depósito de Cerro Soyatal al E-SE de Jalpan está en la facies de banco de la caliza El Doctor, más la mayoría de lo restante de los depósitos dispersos fuera de los distritos mineros (Arroyo del Limón, Pitahayo y parte de Cerro Prieto) está en la formación Las Trancas. Un pequeño depósito de hidróxido de manganeso en Cerro Prieto, se halla en riolita.

Los depósitos minerales del distrito de Amoles se encuentran en contactos intrusivos o cerca de ellos (Tiro México, Santiago, San Vicente), en chimeneas (Queso-Animas). El distrito Pinal de Amoles presenta un ejemplo del progreso de mineralización y de cómo puede afectar la erosión sus manifestaciones (Fletcher 1929).

En el distrito de Tolimán, tanto mantos o capas (Plomosas) cuanto vetas (Ixphé, Nopalillo) tienen menas, y no se sabe de cuerpos intrusivos en las inmediaciones. El mineral en el distrito de Soyatal se presenta en capas de caliza cerca de fracturas, bajo lutita y en las partes superiores de estructuras anticlinales. Los únicos cuerpos ígneos cercanos son diques porfídicos y andesita efusiva (White, 1948).

En el distrito Bernal, el depósito mineral de San Martín Ajuchitlán es de contacto en roca sedimentaria. Se presenta en lentes (25-30 m.) de riolita intrusiva, relacionados aparentemente al conducto riolítico de Peña de Bernal (Lewis, 1920).

El depósito de Chicaroma está en la zona de notable afallamiento en rocas sedimentarias, no lejos del cuerpo ígneo de Peña Colorada. En el distrito de Río Blanco se hallaron las menas a lo largo de contactos intrusivos (Cueva del Oro, Rosario) y a lo largo de una veta muy adentro del cuerpo intrusivo (Guadalupe). Los placeres de oro se hallan en las gravas del río Blanco a varios kilómetros más abajo de la población Río Blanco (Reyes, 1880). El depósito de Cerro de Soyatal es a lo largo de una veta en roca sedimentaria y no se conocen cuerpos ígneos por muchos kilómetros en ninguna dirección. La mina de Arroyo del Limón está en el contacto de un dique porfídico con capas silicificadas. El depósito de Pitahayo está en una zona fallada y sin roca intrusiva visible en los alrededores. Un manto en Cerro Prieto parece haber proporcionado el mineral de plomo que se ha recogido allí, y una veta en riolita cercana ha dado hidróxido de manganeso.

PARAGENESIS, MINERALOGENESIS

En Jalpan, Qro., México, se halla jalpaíta en base de cuarzo; en Tres Puntas, Chile, se la encuentra con argentita, con malaquita, con crisocola y otros minerales de cobre sobre espato calizo foliar. El ejemplar de Siberia se halla en cavidades del orden de milímetros, sobre ópalo parcialmente convertido en calcedonia y corroído por reemplazamientos de baritina. ¿Hállase plata nativa en los límites de los granos, y asimismo algo de oro extendido en películas muy delgadas.

Aunque según el parecer de Klockmann y Ramdohr (1955) la jalpaíta es una mezcla isomorfa de stromeyerita y de argentita, se precisará más adelante cómo es más exactamente un mineral resultante del reemplazamiento de parte de la Ag por Cu, en la argentita; un punto representativo del sistema calcocita Cu_2S — stromeyerita AgCuS — argentita Ag_2S (Cf. p. 41).

Salazar Salinas (1928) la tiene como argentita cuprífera.

El colocar sistemáticamente a la jalpaíta en el grupo de la stromeyerita, no implica necesariamente identidad de origen sino el tratarse de minerales argentíferos de Cu.

En consecuencia, se forma jalpaíta a partir de la argentita depositada en terrenos cupríferos y a temperaturas superiores a 179°C . (punto de transformación argentita-acantita). Esta neoformación queda regida por las condiciones ambientales por las que pasa el depósito mineral, que permiten la sustitución de algunos iones de Ag por los de cobre de las soluciones reinantes, en proporciones bien definidas.



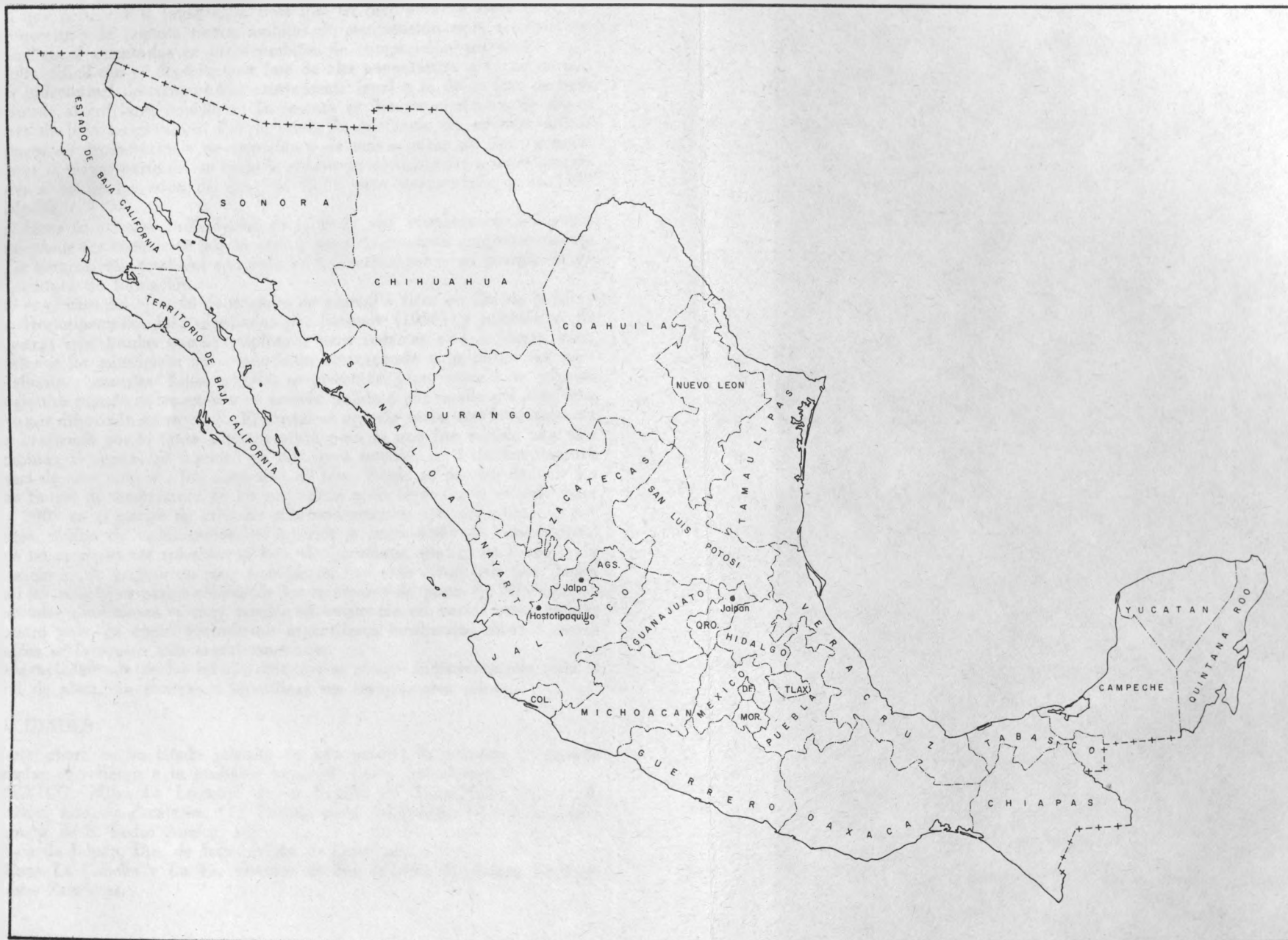


Fig. 4. Mapa índice de las localidades mexicanas de jalpaíta.

Basándose en los estudios de Skinner (1966) sobre el sistema ternario Cu-Ag-S al que pertenece la jalpaíta, se nota que en diagrama de fases (fig. 3), la stromeyerita y la jalpaíta tienen ámbitos de composición muy restringidos, fracturándose al calentarlos en otros ámbitos de composición mayores.

Resulta difícil que se deposite una fase de alta temperatura a partir de una solución hidrotermal de composición exactamente igual a la de la fase de baja temperatura: al enfriarse aquella se fragmenta en intercrecimientos de dos o más fases de baja temperatura. Por lo tanto, la existencia de cristales únicos homogéneos de stromeyerita o de argentita o de masas puras de ellos, permite vislumbrar la mayor parte de las veces la existencia de depósitos a temperaturas inferiores a las de inversión de fase, de 93.3° para stromeyerita y de 117° para jalpaíta.

Hay casos de cristales individuales de fases de alta temperatura en los que una fase puede ser recubierta por la otra y presentarse como conjuntos de dos fases. La composición total del conjunto es indicación sobre su posible rango de temperatura de formación.

Este es el caso del ejemplo de cristales de argentita ricos en Cu, de la Mina Molola, Hostotipaquillo, Jal., estudiados por Skinner (1966) y también el de las muestras cristalizadas que se emplearon para redactar esta memoria, muy semejantes a los anteriores: su composición corresponde a la mitad del área entre jalpaíta y acantita. Estos cristales se presentan como mezcla de jalpaíta y de argentita cuando se les estudia en sección pulida o por medio del diagrama de polvo por difracción de rayos X. El cristal se aprecia como morfológicamente cúbico, creciendo por lo tanto a temperatura para la que fue estable una sola fase cúbica; al enfriar se fracturó en dos fases estables de baja temperatura (ninguna de ellas cúbica). Del diagrama de fases citado se pueden deducir los posibles rangos de temperatura en los que creció probablemente el cristal: entre 125° - 300° en el campo de cristales cúbicos centrados (de argentita), o por el campo cúbico de caras centradas superior a unos 460° de temperatura. Aunque no precisamente referidas al Edo. de Querétaro, sino al de Zacatecas y en condiciones de yacimiento muy semejantes, han sido estudiadas por Bastin (1941) las relaciones paragenéticas de los minerales de plata en México.

Por tales condiciones es muy posible su existencia en varios otros lugares de nuestro país, en cuyos yacimientos argentíferos localizados sobre terrenos volcánicos se favorecen esas transformaciones.

Desgraciadamente en los rebajes mineros se recoge indistintamente todo el mineral de plata, sin ponerse a identificar sus componentes afines.

LOCALIDADES

Hasta ahora se ha citado jalpaíta en tres países; la primera y segunda referencias se refieren a la probable localidad típica (mexicanas):

a). MEXICO: Mina La Leonera, Jalpa, Región de Tepechitlán, Sierra de Mixtón, Edo. de Zacatecas. (?) Posible como estribación NE de la región minera de S. Pedro Analco, Jal.

Mina de Jalpan, Dto. de Jalpan, Edo. de Querétaro.

Minas La Concha y La Fe, Mineral de San Martín, Municipio de Sombrote, Zacatecas.

Hostotipaquillo, pueblo y cabecera municipal, al SW de S. Pedro Analco, del que lo separa la Sierra de Mochiltitlic, Edo. de Jalisco.

b). CHILE: yacimiento de Tres Puntas.

c). SIBERIA: Mina de Zmyeinogorsky, Altai, Tomsk, Siberia.

EJEMPLARES ESTUDIADOS

Se han tenido en cuenta para este informe los ejemplares de jalpaíta que conserva el Museo de Mineralogía del Consejo de Recursos Naturales no Renovables (Niños Héroes y Dr. Navarro, México 7, D. F.). Se trata de masas compuestas por jalpaíta, calcopirita, arsenopirita y scheelita, deleznales y fáciles de disgregar. De ellas se pudieron aislar unos fragmentos, gracias a su tonalidad morada que los distingue.

También se basa este estudio en un precioso ejemplar, grande, de unos 3 cms., constituido por agregación paralela de varios fragmentos, algunos equidimensionales y otros muchos laminares, propiedad del Museo de Mineralogía del Instituto Geológico de México, Calle Ciprés 176, (Col. Sta. María), proporcionado galantemente por su conservador Ing. E. Schimtter. Sus caras, aunque bien formadas, se hallan empañadas en pardo negruzco y recubiertas en partes relativamente pequeñas por unas costras verdes de malaquita. El agregado cristalino forma un individuo aislado de aspecto original y magnífico.

HABITO Y AGREGACION

Hintze (1904) refiere la presencia de jalpaíta en masas informes en las que se aprecian caras octaédricas. Para Breithaupt es cúbica.

Kalb y Bendig (1924) hablan también del aspecto octaédrico del conjunto, con superficies cubiertas por puntitos y agrupados pulverulentos de plata nativa de manera que aparecen ennegrecidas, con pequeños huecos de corrosión y polvosas, al ser observadas con pocos aumentos.

El ejemplar cristalino de que se ha dispuesto para este estudio tiene en conjunto un hábito rombododecaédrico u octaédrico, morfológicamente como de argentita, a no ser por su contenido de cobre.

Los otros ejemplares estudiados son agregados macizos, granudos y deleznales: distingúense en ellos fácilmente los fragmentos de jalpaíta por su tonalidad morada peculiar en fractura fresca. De este carácter se valen los mineros de Zacatecas para distinguirla en sus yacimientos.

MINERALES ANALOGOS

Como minerales análogos se han de citar en primer lugar la argentita-acantita, de las que difiere la jalpaíta sólo por su anisotropía en superficie pulida (aparte de su contenido en cobre), carácter que no se aprecia siempre fácilmente como diferencial. Asimismo, le son muy semejantes la stromeyerita y la variedad también mexicana, cocinerita.

La calcocita y la stephanita se le parecen mucho.

Hay unas dos docenas de especies con brillo metálico y tonalidades de gris que tienen una dureza análoga a la de jalpaíta. Entre éstas, las de hábito

rombododecaédrico o pseudo-rombododecaédrico son la esfalerita y la alabandita. De las que tienen agregados esqueléticos, también con brillo metálico y colores gris a negro, además de la argentita, se pueden citar las safflorita y la esmaltita.

CRISTALIZACION

Regular, según la referencia de Hintze (1904), de la que se hace eco Dana (1958) al incluirla entre las variedades de argentita.

En su sistemática Strunz (1949) la da como pseudocúbica.

Al describir Kalb la jalpaíta de Altai comienza su artículo citando su cristalización en octaedros y deduciendo en consecuencia su carácter cúbico. Esta afirmación es influenciada probablemente por la descripción de Breithaupt, que más adelante en su mismo escrito la afirma como no perteneciente al sistema cúbico.

Las observaciones goniométricas les demostraron que las 4 caras de un lado corresponden a las 4 del lado opuesto, hallando diedros de $69^{\circ}23' \pm 20'$ y $72^{\circ}47' \pm 20'$ que se repiten con frecuencia, atribuyéndolos Kalb y Bendig (1924) a un octaedro deformado. Es el parecer de estos autores y para interpretar tales mediciones anómalas, el que bajo una apariencia cristalina pseudocúbica con hábito octaédrico pueda ocultarse una simetría inferior. Esta aserción se vería confirmada por la anisotropía óptica que ofrecen sus secciones pulidas.

La cristalización de la jalpaíta es realmente difícil de interpretar. Ante todo, se ha de tener en cuenta el comportamiento cristalino de los minerales de su grupo y próximos a él: tienen dos (o más) formas cristalinas con un punto de transformación relativamente bajo: la argentita en 179°C , separando las formas de argentita baja o acantita ortoclínica, (para Djurle (1958), monoclinica) de la α — argentita cúbica; la stromeyerita en 78°C , como límite entre sus formas baja ortoclínica y alta cúbica; etc.

No es de extrañar, en consecuencia, que nuestra jalpaíta presente asimismo ambas formas alta cúbica y baja tetragonal, aunque conservando el aspecto externo de argentita. Es útil consultar a este respecto el párrafo sobre la posición que tiene la jalpaíta en el sistema ternario Ag-Cu-S (pág. 34).

Con las condiciones mineralogenéticas de temperatura más elevada, se formaría jalpaíta alta de simetría superior; al variar aquellas descendiendo la temperatura ambiental a la ordinaria, se impone un cambio de retículo espacial que sea nuevamente compatible con ellas, pasando leptonológicamente a una red de simetría inferior, fragmentada en multitud de partículas elementales. La forma externa, rígida, se mantiene bajo la temperatura de transformación, cuya textura íntima es la que adopta la nueva cristalización.

De este modo, cristalizando nuestra jalpaíta en una forma pseudocúbica, mantiene exteriormente su hábito cuasi-cúbico; más interiormente queda fragmentada en un conjunto metamórfico de grupos reticulares tetragonales, probablemente mezclados con otros monoclinicos (?) de argentita pura.

Considérense ambos aspectos:

$$a : b : c = 0.7399 : 1 : 1.0058 \frac{c}{a} = 1.3592$$

Los diedros interfaciales (medidos entre las respectivas normas de cara):

$$(001:111) = 59^{\circ}45'$$

$$(100:111) = 46^{\circ}10'$$

$$(010:111) = 59^{\circ}05'$$

$$(111:111) = 73^{\circ}00'$$

Kalb y Bendig precisan para este último $72^{\circ}47' \pm 20'$, confirmando con ello nuestras observaciones. En cuanto al otro de $69^{\circ}23' \pm 20'$, parece ser el correspondiente al de $59^{\circ}25'$ (como medio), con algún error en la transcripción del tetxo original (?).

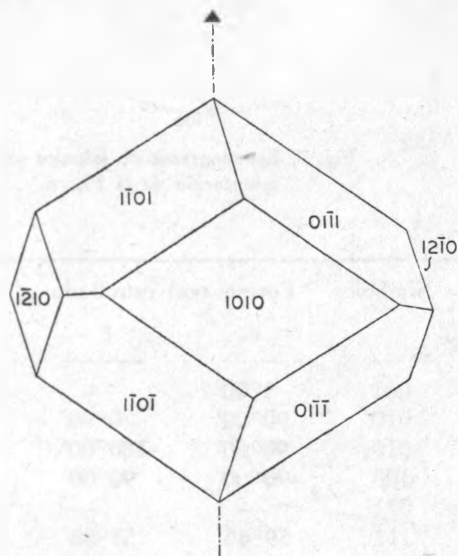


Fig. 8. Esquema de la orientación trigonal de jalpaíta.

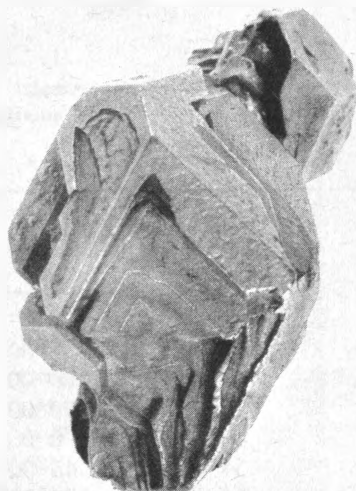


Fig. 9. Fotografía del mismo ejemplar de jalpaíta representado en la fig. 6, más con su nueva orientación.

b) Orientación trigonal: Esta admite una forma esquematizada en la fig. 8, si se orienta con un eje ternario como principal. Se trataría entonces de un romboedro $\{1101\}$ truncado ecuatorialmente por un prisma exagonal $\{1120\}$.

Las coordenadas azimutales de sus caras son:

φ	ρ	Símbolos
$0^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	1210 011

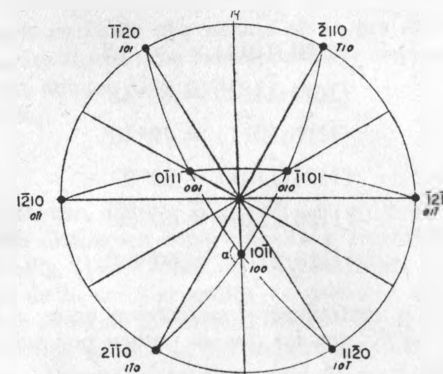


Fig. 10. Estereograma de jalpaíta con su orientación trigonal, explicando la posición del ejemplar representado en la fig. anterior.

φ	ρ	Símbolos	
$60^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$\bar{1}120$	$10\bar{1}$
$120^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$2\bar{1}10$	$11\bar{0}$
$180^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$1\bar{2}10$	$01\bar{1}$
$240^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$\bar{1}\bar{1}20$	101
$300^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$\bar{2}110$	$\bar{1}10$
$330^{\circ}00'$	$34^{\circ}30'$	$\bar{1}101$	010
$90^{\circ}00'$	$34^{\circ}00'$	$10\bar{1}1$	100
$210^{\circ}00'$	$34^{\circ}30'$	$0\bar{1}11$	001

y los parámetros

$$\operatorname{tg} (0001:1011) \frac{1}{2} \sqrt{3} = c = 0'56641$$

y su relación paramétrica

$$a : b : c = 1 : 1 : 0'56641$$

El ángulo observado del romboedro $\alpha = 109^{\circ}45'$, y que difiere algo del calculado por la dificultad de la medición:

$$\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{3}{2 \sqrt{3 + \left(\frac{c}{a}\right)^2}} = 0'823135 ; \alpha = 110^{\circ}48'$$

Los diedros interfaciales medidos son:

$$(0001:\bar{1}011) = 34^{\circ}30'$$

$$(1011:\bar{1}101) = 59^{\circ}45'$$

$$(1120:\bar{1}011) = 72^{\circ}40'$$

$$(1120:\bar{1}101) = 90^{\circ}00'$$

$$(1120:\bar{1}210) = 60^{\circ}00'$$

$$(1120:2110) = 60^{\circ}00'$$

Por estas mediciones se traduce el parentesco entre ambas orientaciones: los ángulos $72^{\circ}40'$ y $59^{\circ}45'$ son los que se repiten por todo el cristal.

B. SIMETRÍA INTERNA

Al intentar diagramas de cristal giratorio según direcciones morfológicamente determinadas, se obtuvieron espectros de polvo, cual se indica más adelante (Cf. pág. 43).

El hecho se tomó como señal de una red interna fragmentada en partículas submicroscópicas y confirmación sobre la naturaleza de las transformaciones entre modalidades alta y baja de la jalpaíta. Al interpretar y numerar esos diagramas de polvo y los otros de Debye que se obtuvieron, se procuró encontrar previamente la confirmación de alguno de los sistemas cúbicos o inferiores a que lógicamente se podría pensar perteneciese la muestra; más no se hallaron resultados satisfactorios como cristal completamente puro.

En conclusión, de las dos orientaciones estudiadas macroscópicamente, se retiene como más conveniente la ortoédrica, y es la que ofrece el aspecto global pseudocúbico de acantita. Se ha de tener en cuenta que las mediciones no se refieren a un cristal único y de caras adecuadas para ser medidas ópticamente, sino a la agrupación holoáxica que presenta el ejemplar. Considerada ésta como unidad cristalográfica resulta ortoclínica, confirmando así el parecer de Klockmann y Ramdohr (1935).

Más adelante se demuestra que el cristal es en realidad una mezcla de jalpaíta (predominante) y de argentita. La jalpaíta es morfológicamente cúbica; al enfriarse se fractura en las dos fases estables de baja temperatura, ninguna de las cuales es cúbica, aún manteniendo la rigidez ortoédrica de su aspecto externo.

AGREGADOS CRISTALINOS

Holoáxicos

La muestra de jalpaíta que se nos ha brindado para su estudio es un hermoso agregado paralelo u holoáxico de individuos que dan en conjunto una idea clara del cristal entero, aunque con aspecto esquelético (fig. 1). No se le distinguen agregados biáxicos (maclas).

FRACTURA

Friable, algo agria. Ganchuda

Friable; por cortes mediante una navaja se separa en virtudes subelásticas integradas por pequeños trocitos, en rebanadas muy semejantes a las obtenidas de un trozo de plomo, aunque algo agria.

Fractura ganchuda.

EXFOLIACION

Cúbica

Según el cubo (Hintze, 1904). El aspecto de su exfoliación es uno de los caracteres físicos que distinguen entre jalpaíta y argentita.

Para Kalb y Bendig (1924), que investigaron sobre la jalpaíta de Siberia, se trata de término de la serie argentita — calcosina con exfoliación cúbica.

No hemos podido estudiar tal exfoliación en el ejemplar considerado dada su indestructibilidad que se nos ha encarecido para esa jalpaíta rara en México, sino más bien observar cierta compacidad que facilita la friabilidad citada.

Según Breithaupt (1858) la acritud de su fractura es la que oculta la exfoliación cúbica que presenta siempre más clara que la de argentita.

FLEXIBILIDAD

Flexible (Breithaupt, 1858)

DUREZA

Dureza 3-3'5 (Breithaupt, 1858)

COLOR

Gris plomo intensamente metálico, con visos negruzcos y morados. En sección pulida se presenta como mineral homogéneo y color gris claro. Ópticamente anisótropo (Kalb y Bendig, 1924) entre nícoles cruzados.

TRANSPARENCIA

Opaco

BRILLO

Intenso y fuertemente metálico en caras frescas o en cortes artificiales, que pronto empañan a la intemperio y a la luz.

EMPAÑADURA

Empañadura gris oscura o pardo negruzca, que resulta por la oxidación del cobre al aire y por la reducción de las sales de plata, debida a los efectos actínicos de haces luminosos intensos. Irisación en morado.

LUMINISCENCIA

Carece de luminiscencia ante luz ultravioleta: no se le observa ni como fluorescente, ni como fosforescente.

DENSIDAD

a) Densidad observada. La densidad de la jalpaíta fue determinada primero por Breithaupt (1858) sobre un ejemplar mexicano, entro los límites de 6'877 — 6'890. Esta es la citada por Hintze (1904).

Kalb y Bendig (1924) la apreciación en las muestras siberianas con mayor precaución y con un valor de $d = 6'765 \pm 0'003$.

Nosotros volvimos a medirla (Balanza de torsión de Berman) sobre algunas partículas desprendidas del mineral cristalizado, que luego sirvieron para obtener los diagramas de difracción, y se lograron valores próximos al publicado por los anteriores, si bien algo menores y no constantes para cada partícula. En vista de ello se pasó a determinarla por el método picnométrico, empleando cada vez el ejemplar entero (22'22 grs) y se confirmó exactamente el valor asignado de

$$d = 6'765$$

b) Densidad calculada. A partir de la fórmula química de jalpaíta Ag_3CuS_2 se calculó su peso molecular $Pm = 451.312$; de él. y del volumen molecular que se halla más adelante, $Vm = 110.752$:

$$d = \frac{Pm}{Vm \cdot N} = \frac{451.312}{110.752 \cdot 0.60236 \cdot 10^{24}} = 6.76502$$

admitiendo como $N = 0.60236 \cdot 10^{24}$. Este valor calculado para d confirma su determinación experimental.

Djurle da unas densidades de 6.8 calc. y de 6.9 observ.

INDIVIDUALIZACION DE LA JALPAITA

La individualización de la jalpaíta como especie cristalina ha creado siempre un problema de determinación que ha sido muy difícil delimitar: es un hecho de que existe la jalpaíta más no es siempre posible su delimitación.

Se descubrió en el estudio de la acantita (argentita de baja temperatura) al hallarla con cobre, sin que pudiera admitirse como stromeyerita: conserva la forma exterior propia de aquella, su color característico gris violeta permite ser encontrada fácilmente por los mineros zacatecanos. Con esos y otros caracteres se construyó una jalpaíta ideal.

Al querer diagnosticarla en las muestras estudiadas, comenzaron las dificultades:

a) los investigadores de menas metalíferas la hallaban en sus indagaciones sobre superficies pulidas, más no con la seguridad apodíctica con que acostum-

bran señalar la presencia de otras especies: sus respuestas a los reactivos podrían deberse también a la presencia de otros minerales acompañantes. Tal es la impresión que resulta de los reconocimientos de Murdoch (1910), de Davy y Farnham (1920), de Kalb y Bendig (1924), de Schneiderhönn y Ramblohr (1931) que la interpretan por lo general como intercrecimientos, que luego verifican en sus superficies pulidas. Schwatz informa que la muestra empleada por Murdoch es perceíta y stephanita. Parece ser que el mineral chileno de Tres Puntas, analizado por Bertrand, es en realidad rubí-argentita más bien que argentita, stromeyerita y calcocita, que carecen de color rojo interno.

Schwartz examinó en sección pulida un fragmento de jalpaíta del U.S. National Museum, proveniente de la localidad mexicana de Hostotipaquillo, y halló cristales de argentita rodeados por otros de covellita, no pudiendo demostrar si el Cu que diagnosticó fuera de covellita o se hallaba como solución sólida en la argentita. Llega así a la conclusión de que muchas jalpaítas serían en realidad soluciones de Cu_2S y Ag_2S .

Ninguno de los primeros investigadores, con excepción de Kalb y Bendig, indicaron la existencia de un compuesto puro de jalpaíta: sólo se la identificaba como intercrecimientos entre sulfuros de Ag y de Cu.

Skinner (1966) reemprende el estudio más detenido de las mismas muestras de Hostotipaquillo y halla que su composición corresponde precisamente a la región entre jalpaíta y acantita, en el diagrama de fases, y se decide por su existencia real.

La distinción clara entre jalpaíta y acantita por medios ópticos no es difícil cuando se hallan presentes ambas especies; más presenta grandes dificultades al diagnosticar un grano aislado, y origina confusiones.

b.) Al examinar los diagramas de polvo de las muestras de jalpaíta no se ha encontrado ninguno completo e independiente: la mayoría de las líneas de ese mineral se sobreponen, se ocultan por las de las otras especies acompañantes, y el diagnóstico rönt-genológico se ha de hacer por las huellas que llegan a sobresalir.

La jalpaíta tiene ciertamente su diagrama característico de difracción de rayos X, pero se confunde fácilmente con el de acantita cuando ambos son de escasa calidad. En cambio, su diagrama se nota con mayor claridad del de stromeyerita y de la fase β .

La confusión reinante que fomentaron las referencias citadas comenzó a desvanecerse con las afirmaciones explícitas de Claringbull y de Suhr, hasta esclarecerse completamente por los testimonios de Djurle y de Skinner. Entre tanto, todos los trabajos que han ido apareciendo resienten de la indecisión del investigador por adjudicar una fase como jalpaíta o como acantita. Por ello deben tenerse como dudosos o improbables la mayoría de los reconocimientos de acantita y de stromeyerita. Es más verosímil que la fase β deba existir como un mineral, y en consecuencia, las asociaciones referidas como stromeyerita + acantita por Guild (1932), por Kidd y Haycock (1935) deban tenerse realmente como fase β + jalpaíta. Sería de interés revisar los ejemplares estudiados.

Por todas esas razones se cree conveniente detenerse por separado en cada uno de los apartados anteriores a) y b,) así como tratar el problema del diagrama de polvo de un modo inductivo (estudiando antes las posibles celdas elementales admitidas).

EXAMEN EN SUPERFICIE PULIDA

Este diagnóstico de la jalpaíta ha dado lugar a muchas discusiones sobre su individualidad como especie cristalina auténtica, dudas que han contribuido a fomentar en gran parte las dificultades con que se tropieza en la interpretación de sus diagramas de polvo.

En efecto, la jalpaíta tiene el aspecto muy marcado de los "silberglanze", sulfuros de plata, y todos se le parecen. Ante un examen en el microscopio, por reflexión, presenta las respuestas positivas de un sulfuro de Ag y de Cu, sin dilucidar claramente su presencia. Se la encuentra en solución isomorfa con otras fases del sistema ternario a que pertenece y en intercrecimientos con ellas.

No obstante, por el conjunto de estas reacciones en superficie pulida, en concurrencia con los otros caracteres de composición química, de rayas de difracción características, etc., se la puede vislumbrar en la muestra estudiada.

Es interesante a este respecto, el cuadro de caracteres diferenciales citado por Kalb y Bendig (1924) en su estudio.

No es citada por Short esta especie en su tabla de minerales opacos. Siguiendo la exposición de Uytendogaard, se le pueden considerar como caracteres diagnósticos:

Dureza: Talmage A

Reflectividad: valores desconocidos.

Color: blanco grisáceo claro (en el aire).

- argentita, (aire): el mismo, mas sin tonalidad verdosa.
- (aceite): más oscura y ligeramento rosada gris.
- stromeyerita: violeta claro, púrpura, pardo, negro.
- galena: más oscura.

Reactivos:

Agua regia: empañá con irisación.

KCN : colorea lentamente en pardo.

FeCl₃ : mancha irisada.

HgCl₂ : mancha parda irisada, se borra frotando.

HNO₃ : —, a veces, mancha negra a irisada, como stromeyerita.

HCl : —, puede haber cierta empañadura (que suele tardar).

KOH : —, en algunas muestras, mancha negruzca (en la stromeyerita más rápida e intensa).

Ligera corrosión: reacciona muy aprisa, mas no tanto como argentita. Se pule mejor que argentita, pero con grietas.

CUADRO de caracteres diferenciales, de Kalb y Bendig (1924):
A. Caracteres del ejemplar macroscópico:

	Dureza		Densidad	
	Mét. Ritz	Línea luminosa en sección	Hintze	Kalb
Argentita	2 ó más	Más blando que galena	7.2	7.235 ± 0.003
JALPAÍTA	< 3	id	6.877	6.765 ± 0.003
Stromeyerita	2 — 3	id	6.15	6.260 ± 0.003
Antimonita	2 — 3	—	5.5	—
Calcocita	2 — 3	Más duro que galena	5.8	5.785

B. Caracteres en sección pulida:

	Color	Nícoles +	Dureza	Examen por reflexión	Ataque HNO ₃
Argentita	gris	isótropo	galena	Superf. con puntos de Ag	—
JALPAÍTA	gris claro	anisótropo	galena	Puntos dispersos de Ag	—
Stromeyerita	gris azulado	anisótropo	galena	Aparecen con agua yodada	Raya aserrada
Calcocita	azul blanco	anisótropo	galena	—	Efervesc. y asterismo en (001)

Refl. moderada.

Refl. pleocr. clara.

Anisotropía: fuerte (desde débil a moderada), algo menos que stromeyerita.

Dureza: algo mayor que argentita y menor que galena.

Reemplazamientos: pechblenda, calcopirita.

Otras asociaciones: argentita, stromeyerita, plata nativa.

EL SISTEMA TERNARIO Ag-Cu-S

Algunos investigadores han dedicado su atención al grupo binario Ag_2S — Cu_2S .

Schwartz (1935) estudió las relaciones entre: calcocita (Cu_2S) — stromeyerita (AgCuS) — argentita (Ag_2S) calentando a 300° durante 3 días unas mezclas de la composición atribuida a la jalpaíta ($\text{Ag}_2\text{S} = 83.37\%$ y $\text{Cu}_2\text{S} = 17.16\%$) no obteniendo compuesto alguno distinto de argentita y stromeyerita; Halló AgCuS con temperatura de transición a 93° , verificando la existencia de una solubilidad considerable de Ag_2S en Cu_2S y viceversa. Los puntos de fusión de los términos más interesantes, que resultaron de la mezcla de calcocita y de argentita en varias proporciones se hallaron en una curva roma, indicadora de una mutua solubilidad completa, a temperaturas elevadas, no pudiendo observar discontinuidad alguna en la región de composición de la jalpaíta. Decidió en consecuencia que no se forma jalpaíta como compuesto independiente, sino que las muestras de su misma composición vienen siendo soluciones sólidas de Cu_2S con Ag_2S , reteniendo la estructura cristalina de la argentita.

Posteriormente Suhr (1955), con igual diseño, preparó muestras de elementos químicamente puros de acantita y de calcocita con intervalos de variación relativa del 5% atómico. El material se comprimió, pesó y selló al vacío en tubos de pyrex, calentándolos luego por tiempos diversos. Después verificó los cambios de peso experimentados y analizó las muestras por difracción de rayos X.

Habiendo calentado las muestras durante

18 días a 200°

12 días a 250°

26 días a 150°

(Cf. tabla de pág. 41)

concluyó por la existencia de una fase distinta $\text{Ag}_{75}\text{Cu}_{25}\text{S}_{50}$, correspondiente al mineral jalpaíta Ag_3CuS_2 (Cf. fig. 17). Esta fase es confirmada por Claringbull (1953).

En consecuencia, Suhr no constató la solución sólida postulada por Schwartz a temperatura ambiente, si bien pudo verificar la existencia de los términos:

Ag_2S , argentita.

AgCuS , correspondiente a stromeyerita.

Ag_3CuS_2 , correspondiente a JALPAITA.

Ag_2S — Cu_2S , compuesto rico en Ag.

— , compuesto rico en Cu, distinto de calcocita.

Cu_2S , calcocita.

Los estudios de Djurle (1958) sobre el sistema Ag-Cu-S, mediante aplicación de los rayos X, revelaron la existencia de tres fases ternarias de composiciones análogas: fórmula general $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$ ($0 \leq x \leq 2$):

$\text{Ag}_{1.55}\text{Cu}_{0.45}\text{S}$ = fase α (correspondiente al mineral jalpaíta).

$\text{Ag}_{1.20}\text{Cu}_{0.80}\text{S}$ = fase β (aun no identificada en la naturaleza).

$\text{Ag}_{1.93}\text{Cu}_{1.07}\text{S}$ = fase γ (correspondiente a la stromeyerita) todas ellas con la característica común de un 33.33 por ciento atómico de azufre, están en las fases cuasi-binarias de la línea Ag_2S — Cu_2S del diagrama ternario correspondiente.

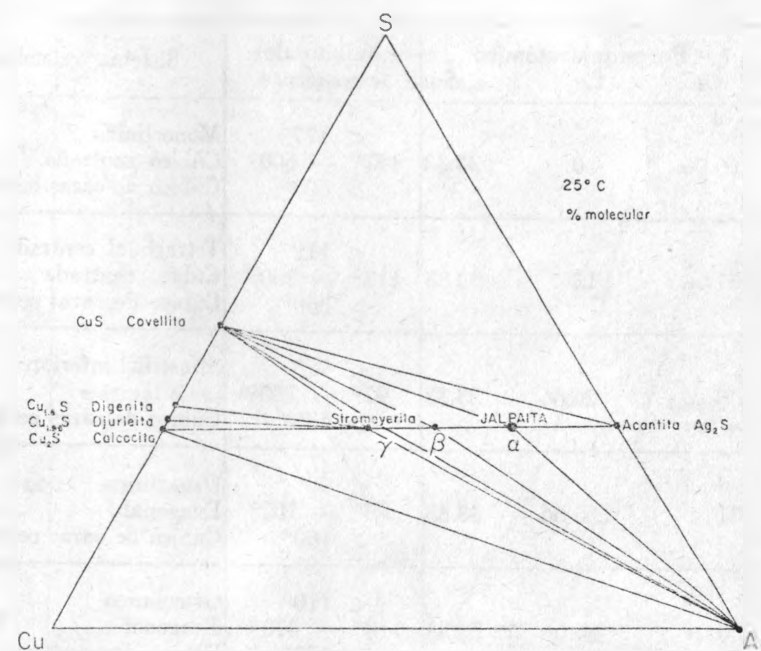


Fig. 11. Diagrama de la fase del sistema Ag-Cu-S. Sección isoterma a 20°C . El esquema se basa en los diagramas rontgenológicos, de polvos, de Guinier (en Djurle).

En cada una de estas tres composiciones aparecen 3 modificaciones diferentes (I, II, III) cuando la temperatura se eleva a partir de la temperatura ambiente.

En la tabla siguiente se exponen de una manera sinóptica las características peculiares a cada una de las modificaciones.

Con respecto a la fase cúbica de caras centradas, Cu_{2-y}S ($0 \leq y \leq 0.18$) en el sistema Cu-S, se cuenta con la posibilidad de que la fase ternaria $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$

pueda existir también con un déficit ligero de átomos de Cu o de Ag, o de ambos.

De entre todas esas modificaciones, nos interesan particularmente las tres modificaciones de la fase α , que son las correspondientes a nuestra jalpaíta. Más adelante se estudiarán sus espectros de difracción (pág. 44) y las dimensiones de sus celdas elementales (pág. 42).

TABLA.—Los sulfuros de la fórmula general $\text{Ag}_x\text{Cu}_x\text{S}$ ($0 \leq x \leq 2$)

Compuesto	Porcentaje atómico			Ambito de temperatura	Sistema cristalino
	Ag	Cu	S		
Ag_2S III				$< 177^\circ$	Monoclínico
„ II	66.66	0	33.33	$177^\circ - 600^\circ$	Cúbico centrada
„ I				$> 600^\circ$	Cúbico de caras centradas
α III				$< 112^\circ$	Tetragonal centrada
α II	51.66	15	33.33	$112^\circ - 300^\circ$	Cúbico centrada
α I				$> 300^\circ$	Cúbico de caras centradas
β III				$< 97^\circ$	Simetrías inferiores
β II	10	26.66	33.33	$97^\circ - 130^\circ$	Cúbico de caras centradas
β I				$> 130^\circ$	
γ III				$< 90^\circ$	Ortoclínico
γ II	31	35.66	33.33	$90^\circ - 180^\circ$	Exagonal
γ I				$> 180^\circ$	Cúbico de caras centradas
Cu_2S III				$< 110^\circ$	Ortoclínico
„ II	0	66.66	33.33	$110^\circ - 470^\circ$	Exagonal
„ I				$> 470^\circ$	Cúbico de caras centradas

El guión binario $\text{Cu}_2\text{S} - \text{Ag}_2\text{S}$. Las fases sólidas a alta temperatura se caracterizan cada una por una especie de red de S ordenada, por la que se distribuye una agrupación desordenada de cationes. Este orden catiónico se extiende a las fases de varias bajas temperaturas, haciendo dudar su referencia como polímeros de alta temperatura o como fase bien definida de baja temperatura. (Skinner 1966).

La stromeyerita $\text{Cu}_{1+x}\text{Ag}_{1-x}\text{S}$ tiene su composición que se extiende desde CuAgS hasta Cu_2S (incluyendo las composiciones $\text{Cu}_{1.10}\text{Ag}_{0.9}\text{S}$ (propuesta por Suhr) y la $\text{Cu}_{1.07}\text{Ag}_{0.93}\text{S}$ (propuesta por Djurle), más no hacia Ag_2S).

La anchura de las regiones de la fase β y de la jalpaíta, aunque se supone ser muy estrecho, no se conoce con precisión.

Interesa particularmente el comportamiento de la jalpaíta: la fase β descrita por Djurle invierte a 97° hacia una fase de simetría compleja y desconocida. Skinner encuentra una temperatura de inversión de 94.4° hacia una

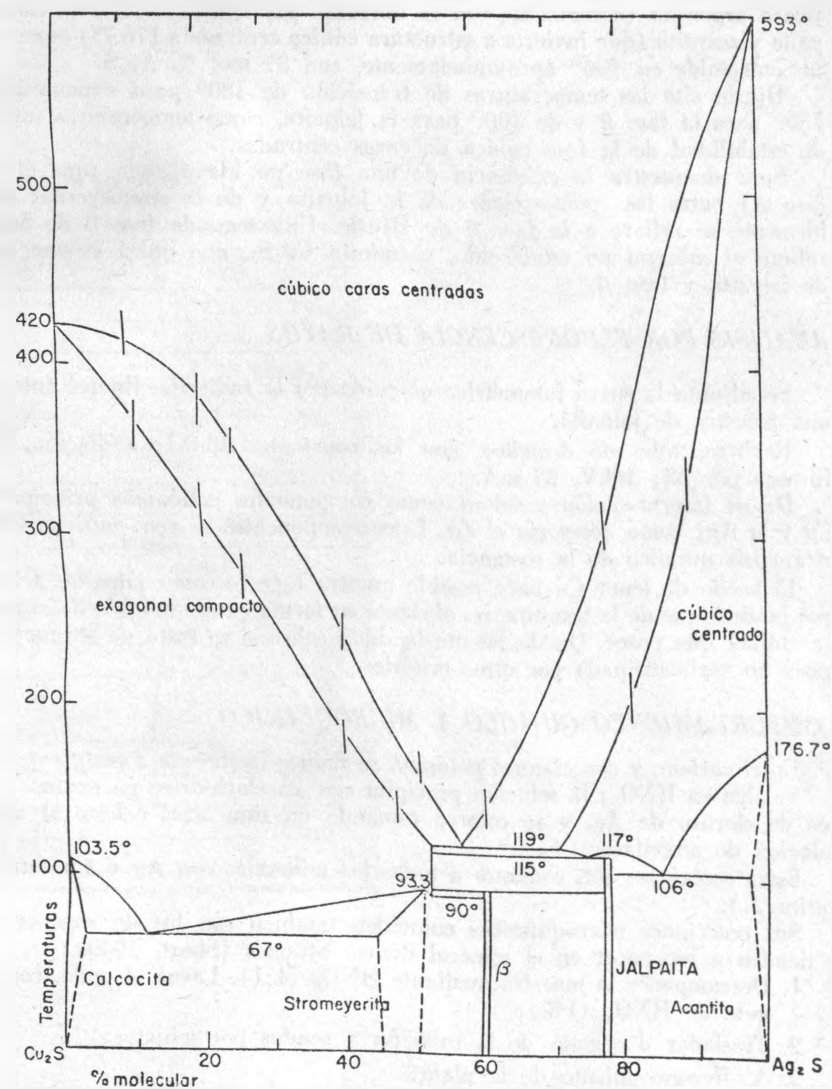


Fig. 11 bis. Sección binaria $\text{Cu}_2\text{S}-\text{Ag}_2\text{S}$, según Skinner (1966).

mezcla de jalpaíta más una fase de empaquetamiento exagonal compacto cuya composición es $\text{Cu}_{0.96}\text{Ag}_{1.04}\text{S}$.

La jalpaíta invierte a 117° hacia una estructura cúbica centrada, fase idéntica a argentita (coincidente con la obtenida por Djurle en 112°). Entre jalpaíta y acantita (que invierte a estructura cúbica centrada a 176.7°) se encuentra un eutectoide en 106° aproximadamente, con 87 mol % Ag_2S .

Djurle cita las temperaturas de transición de 180° para stromeyerita, de 130° para la fase β y de 300° para la jalpaíta, como temperaturas inferiores de estabilidad de la fase cúbica de caras centradas.

Suhr demuestra la existencia de una fase no identificada (que él llama fase A) entre las composiciones de la jalpaíta y de la stromeyerita: probablemente se refiere a la fase β de Djurle. Una segunda fase B de Suhr se refiere al mineral no establecido, carminita Cu_3S_2 , que quizá es una mezcla de jalpaíta y fase β .

ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Se adjunta la curva fotométrica obtenida por la radiación fluorescente sobre una muestra de jalpaíta.

Registro, tubo de centelleo, con las constantes 16-8-1; radiación $\text{CuK}\alpha$, filtrada por Ni; 40kV, 23 mA.

De su interpretación resultan como componentes catiónicos principales el Cu y la Ag; como accesorio el Zn. Estos componentes se ven confirmados por el análisis químico de la sustancia.

El hecho de tener Cu hace posible nuestra especie como jalpaíta, a la vez que la distingue de la acantita, no obstante su forma externa rígida de argentita (acantita) que posee. Queda latente la duda sobre si se trata de stromeyerita, hasta no verla disipada por otros criterios.

COMPORTAMIENTO QUÍMICO Y MICROQUÍMICO

En el carbón, y con cianuro potásico, se reduce fácilmente a plata cuprífera.

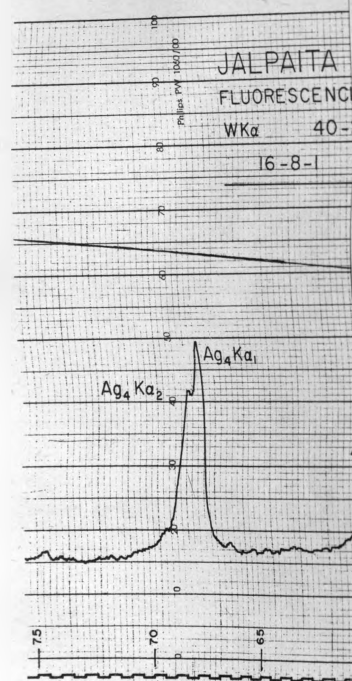
Soluble en HNO_3 ; la solución precipita con ác. clorhídrico en grumos blancos de cloruro de Ag, y se colorea tomando un tinte azul celeste al añadir solución de amoníaco.

Estas reacciones son comunes a todos los minerales con Ag y Cu (stromeyerita...).

Sus reacciones microquímicas coinciden también con las de stromeyerita, y tienden a reconocer en el mineral dichos cationes (Short, 1940):

1. Descomponer la muestra mediante HNO_3 (1:1). Lavar el ppdo. con una gota de HNO_3 (1%).
2. Trasladar dos gotas de la solución a sendos portaobjetos:
3. A. Reconocimiento de la plata:
Añádase un fragmento de bicromato K: se forman cristales rojos.
- B. Reconocimiento del cobre:
Añádase una gota de sulfocianuro de K y Hg: aparecen unos prismas y agregados musgosos de color amarillo verdoso.

MINERALES MEXICANOS 6 JALPAÍTA



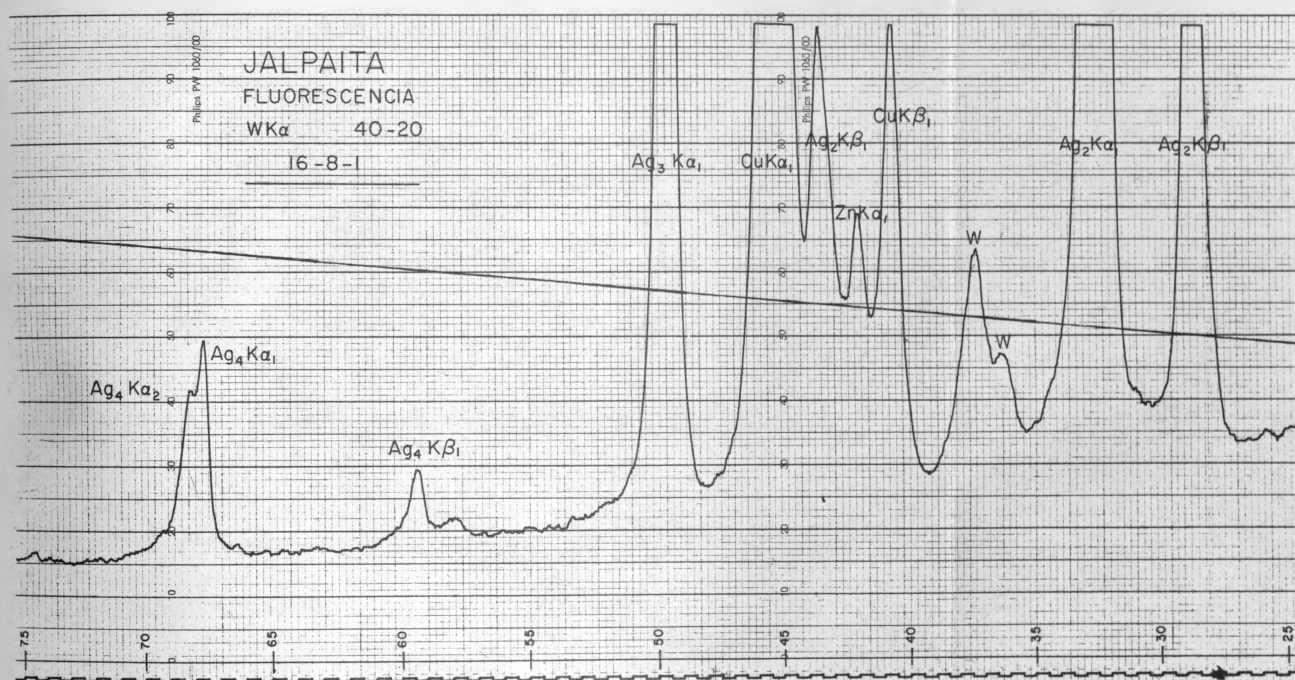
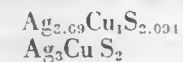


Fig. 12. Gráfica espectrofluorescente.

ANÁLISIS QUÍMICO; FÓRMULA.



a/. Los primeros análisis de la jalpaíta fueron realizados por Richter (I) sobre los ejemplares recién descubiertos y descritos por Breithaupt (1858), de Jalpa. Se tienen asimismo los resultados analíticos de Bertrand (1872) obtenidos con base en otros ejemplares redescubiertos en Tres Puntas (Chile). La columna (III) de la tabla siguiente expone el análisis centesimal de Kalb y Bendig (1924) sobre una jalpaíta de Tomsk, Siberia.

	Ag_3CuS_2	I	II	III	IV
S	14.21	14.36	14.02	16.17	14.54
Ag	71.73	71.51	71.63	71.65	71.71
Cu	14.06	13.12	13.06	13.97	13.76
Fe	...	0.79	0.57	...	...
	<u>100.00</u>	<u>99.78</u>	<u>99.28</u>	<u>101.79</u>	<u>100.01</u>

La columna III expresa los resultados medios de 4 análisis:

	a	b	c	d
S	—	—	16.33	15.98
Ag	71.55	71.68	71.73	—
Cu	—	14.16	14.10	13.66
Fe	—	—	—	—

advirtiéndoles sus autores que son demasiado elevados los porcentajes de S debido probablemente al empleo de Br en los análisis.

La media de los resultados logrados para este trabajo sobre 3 muestras de jalpaíta, se expresa en la columna IV fragmentos de masas de jalpaíta, minuciosamente elegidos. Es de hacerse notar que no queriendo deteriorar en lo más mínimo el ejemplar cristalizado que se confió para este estudio, no se refieren a él los análisis expuestos.

En el registro fotométrico logrado por fluorescencia de rayos X se confirman los análisis citados (se excluye la presencia del Fe).

Con los análisis de Kalb y Bendig se tiene una de las principales evidencias de que la jalpaíta ha de considerarse como compuesto definido, demostrada así por la notable correlación con su composición teórica.

b/. Con base en los porcentajes expuestos en la col. IV, se calcula como fórmula de la jalpaíta,

	a %	b=pes. at	c=a: b	n= $\frac{c}{0.216556}$
S	14.54	32.066	0.453449	2.094
Ag	71.71	107.880	0.664720	3.069
Cu	13.76	63.54	0.216556	1
	100.01			



que es la fórmula de la jalpaíta justificada por su posición en el sistema ternario Ag-Cu-S.

Nótese ahora que las proporciones analíticas, aunque se ajustan a las de la mezcla isomorfa de Ag_2S y Cu_2S ; escribiendo la 2 $(\text{Ag}_3, \text{Cu}) \text{S}_2$, parece más bien querer decir que a la jalpaíta se la ha de considerar como un sulfuro (argentita) con sustitución de parte del Ag por Cu, $2[(\text{Ag}_{1.5} \text{Cu}_{0.5}) \text{S}]$, lo cual no es tan preciso.

La fórmula asignada por Hintze $(\text{Ag}, \text{Cu})_2 \text{S}$ no es tan exacta.

Según los estudios de Suhr (1955), confirmados por Djurle (1958) sobre el sistema ternario Ag-Cu-S, se han expresado las relaciones siguientes entre composición química y fases observadas:

Relación atómica [Ag + Cu] : S = 2 : 1			compuesto
Ag	: Cu	S	
		50	
100	—		Acantita, plata
95	5	50	Acantita, jalpaíta, trazas de plata
90	10	50	Acantita, jalpaíta, trazas de plata
85	15	50	Acantita, jalpaíta, trazas de plata
80	20	50	Jalpaíta, acantita
75	25	50	JALPAÍTA
70	30	50	Jalpaíta, α , trazas de plata
65	35	50	Jalpata, fase α
60	40	50	Fase α , jalpaíta, stromeyerita
55	45	50	Stromeyerita, fase α , trazas de jalpaíta
50	50	50	Stromeyerita, trazas de jalpaíta
45	55	50	Stromeyerita
40	60	50	Stromeyerita, fase β
35	65	50	Stromeyerita, fase β
30	70	50	Stromeyerita, fase β
25	75	50	Stromeyerita, fase β
20	80	50	Stromeyerita, fase β
15	85	50	Stromeyerita, fase β , trazas de cobre
10	90	50	Fase β , stromeyerita, cobre
5	95	50	Fase β , stromeyerita, cobre

se halla jalpaíta con las fórmulas comprendidas entre $(\text{Ag}, 95, \dots)$ y $(\text{Ag}, 50, \dots)$, si bien su composición ideal corresponde a $(\text{Ag}, 75, \dots)$.

En la fórmula general de Djurle, $\text{Ag}_{2-x} \text{Cu}_x \text{S}$ ($0 < x < 2$), resulta para nuestras muestras analizadas.



con pequeña diferencia en la Ag, que calculada directamente es 1.523. Su posición como fase α en el sistema ternario está bien justificada.

CELDA ELEMENTAL

Como ya se indicó anteriormente (pág. 35) se adopta en este trabajo como definición de jalpaíta, ser el término fase α del sistema ternario Ag-Cu-S

(fórmula general $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$; con $0 \leq x \leq 2$), y concretamente $\text{Ag}_{1.55}\text{Cu}_{0.45}\text{S}$ con tres modificaciones por elevación de temperatura; transiciones a

112° la inferior, y a

290° — 310° la superior.

Se deben a Djurle (1958) las características reticulares de estas modificaciones, determinadas a partir de diagramas de difracción. Por ahora, se admiten a priori y como hipótesis de trabajo estas dimensiones reticulares, esperando confirmarlas más adelante.

Modificación αIII

Celda tetragonal centrada

— Temperatura a 20°:

$$a_0 = 8.673 \pm 0.0004 \quad c_0 = 11.756 \pm 0.006 \quad c/a = 1.358 \text{ A}$$

— Temperatura a 105°:

$$a_0 = 8.725 \pm 0.009 \quad c_0 = 11.74 \pm 0.001 \quad c/a = 1.3455 \text{ A}$$

$$a_0 = 8.725 \pm 0.009 \quad c_0 = 11.74 \pm 0.001 \quad c/a = 1.3455 \text{ A}$$

$Z = 8$

Densidad calculada 6.765 gr/cm³ (coincidente con la observada) óptima para una celda a temperatura algo superior a la ambiente.

Modificación αII

Celda cúbica centrada

— Temperatura 116°,

— Temperatura 152°,

— Temperatura 300°,

$$\left. \begin{array}{l} a_0 = 4.825 \text{ A} \\ a_0 = 4.836 \text{ A} \\ a_0 = 4.870 \text{ A} \end{array} \right\} \pm 0.005 \text{ A}$$

$Z = 1$

Modificación αI

Celda cúbica de caras centradas.

— Temperatura 300°,

— Temperatura 400°,

— Temperatura 500°,

$$\left. \begin{array}{l} a_0 = 6.110 \\ a_0 = 6.123 \\ a_0 = 6.140 \end{array} \right\} \pm 0.006$$

$Z = 2$

Es de hacer notar (Tabla, Pág. 36) que todas las fases del sistema Ag-Cu-S tienen su modificación I con red cúbica de caras centradas, cuyas dimensiones

de la arista a_0 siguen una correlación negativa con respecto a x de la fórmula general, al calcularse esas longitudes extrapolando a 600°:

x en $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$	a_0 A
0	6.269 ± 0.02
0.45	6.153 ± 0.06
0.80	6.055 ± 0.06
1.07	6.000 ± 0.09
2.00	5.752 ± 0.01

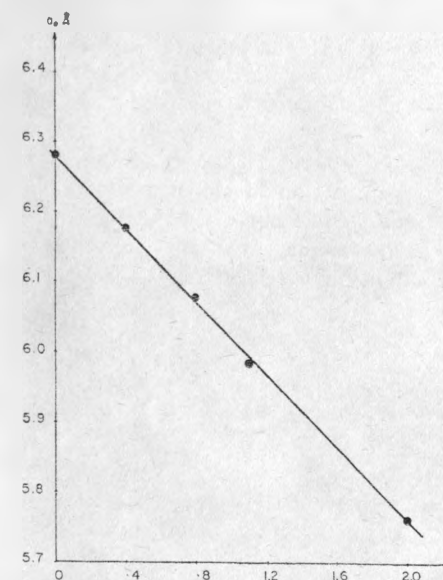


Fig. 13. Variación de la arista del cubo de $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$ en función de x .

lo cual indicaría que el sistema $\text{Ag}_2\text{S} - \text{Cu}_2\text{S}$ es sólo una modificación común en alta temperatura de $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$ ($0 \leq x \leq 2$).

DIAGRAMAS DE CRISTAL GIRATORIO

Se tallaron dos barritas del ejemplar de jalpaíta según sus direcciones (100) y (111). Al someterlas al haz de rayos X, $\text{CuK}\alpha$, 30 kV, 20 mA, y por duraciones variables, se lograron varios diagramas, mas no los que eran de esperar; sino en todos los casos las figuras de Debye, cuyos arcos demuestran cierta

orientación estadística de una multitud de laminillas que obran por modo de polvo cristalino. Las partículas estructurales de la jalpaíta sufren una dispersión metamíctica en su orientación: ello se debe a que formado el mineral a una temperatura superior, cambió al enfriarse su constitución interna aunque manteniendo la rigidez de la forma externa. Este comportamiento no es anómalo en el par de grupos de la argentita y de la stromeyerita.

La argentita es monoclinica holoédrica pseudo-ortorrómbica a temperaturas inferiores de 179°C (acantita) y cúbica holoédrica a temperaturas superiores. Por su parte, comportamiento análogo siguen los minerales cupríferos correspondientes en el grupo de la stromeyerita: ésta presenta su punto de transformación a los 78°C .

Con los diagramas obtenidos se prueba que la jalpaíta, cuyo diagrama de polvo es análogo al de argentita, cristalizaría a temperatura superior a los 179°C , o por lo menos a 116° consolidando su forma externa compatible con estas nuevas condiciones ambientales; luego, al enfriarse hasta tomar la temperatura ambiente, sufrieron una transformación sus partículas estructurales, que al adaptarse a un nuevo grupo puntual, presentan el desorden propio de un diagrama de polvo.

Son notables en estos diagramas, las figuras de puntos que aparecen cerca del haz primario y que manifiestan la simetría propia del eje de giro de la barrita tallada en cada caso: cuaternaria y ternaria, respectivamente.

Dada la naturaleza del problema, no se cree de utilidad entrar en los cálculos de esta orientación estadística observada.

DIAGRAMAS DE POLVO

Los diagramas de polvo obtenidos por Schwartz (1935) sobre muestras de jalpaíta de Hostotipaquillo, Zac., y los de sus mezclas experimentales de argentita (Ag_2S 82.4%) y calcocita (Cu_2S 17.6%) calentadas durante 3 días a 300° , resultaron ser muy semejantes a los de argentita pura.

Al irradiar muestras de polvo de los compuestos experimentales preparados por Suhr (1955) (Cf. pág. 54) para estudiar el comportamiento del sistema binario $\text{Ag}_2\text{S} - \text{Cu}_2\text{S}$, obtuvo la serie de diagramas representados en la fig. 17, entre los que se nota una fase distinta indicada por la flecha, $\text{Ag}_{75}\text{Cu}_{25}\text{S}_{80}$ que corresponde al mineral jalpaíta Ag_3CuS_2 : Suhr y Claringbull están acordes en confirmar su existencia.

Los estudios de Djurle (1958) sobre las modificaciones de la fase α (Cf. págs. 48 y 55) en el sistema ternario Ag-Cu-S , que corresponde a la jalpaíta, se basaron en los tres diagramas polvo (radiación $\text{CuK}\alpha$) que publica. Aquí se recalcularon los de las tres subfases y para todas las temperaturas citadas, colocando en sendas columnas los valores de Q (y no de $\sin^2\theta$ como lo hace Djurle), d , los símbolos y las intensidades relativas sólo en las líneas notadas por este autor. Este conjunto de diagramas se adopta para definir la especie jalpaíta.

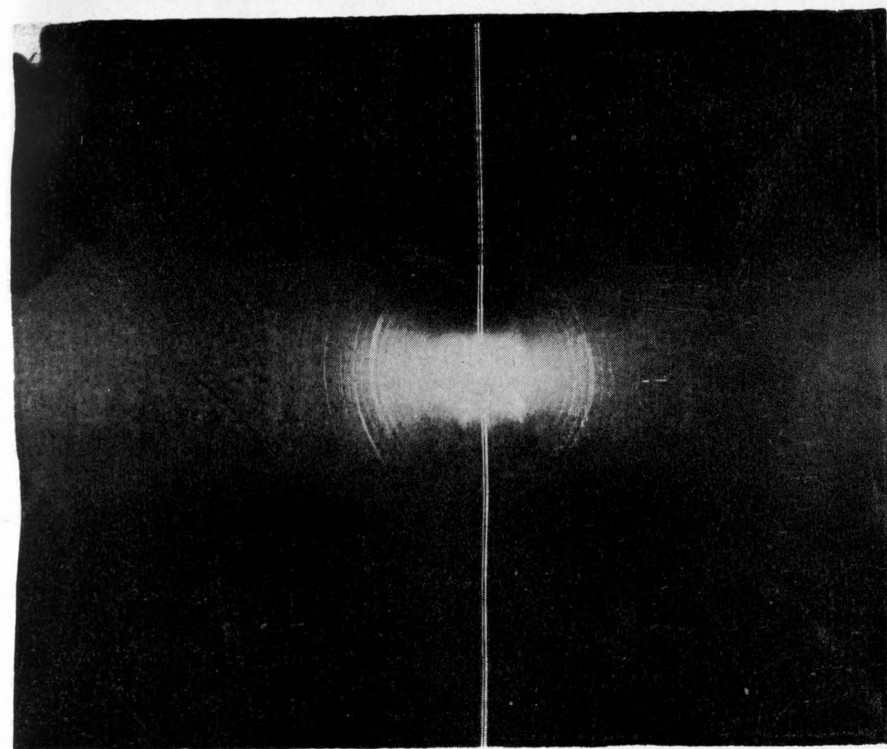


Fig. 14. Diagrama de cristal giratorio. Doble oscilación 45° . $[100]$. Rad. Cu filtro Ni: 40kV, 30 mA.

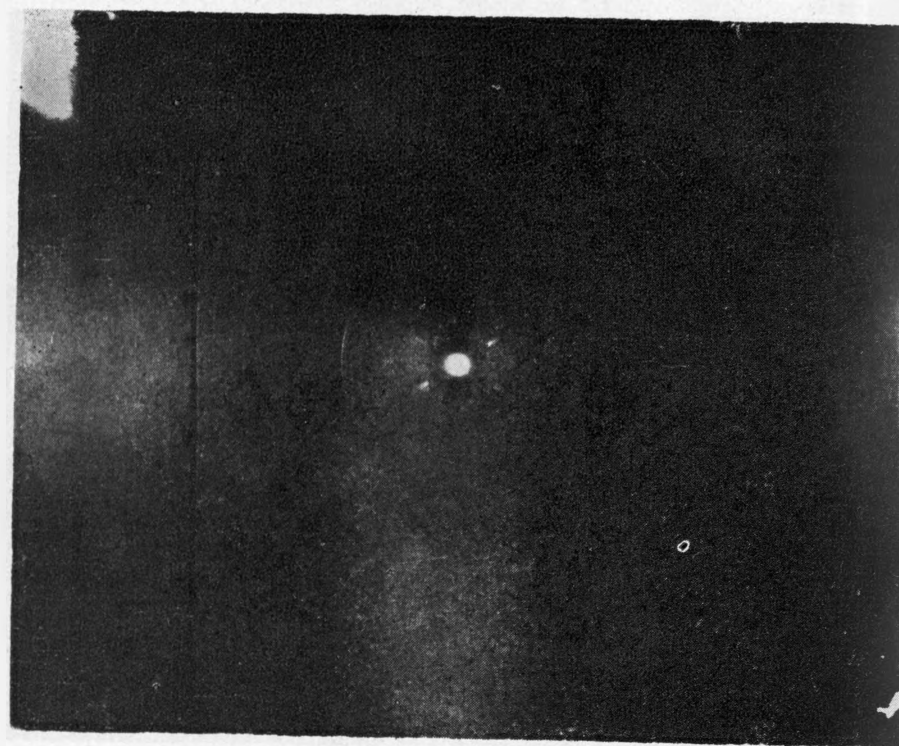


Fig. 15. Diagrama de cristal giratorio. Doble oscilación 45° [111]. Rad. Cu, filtro Ni: 40 kV, 30 mA.

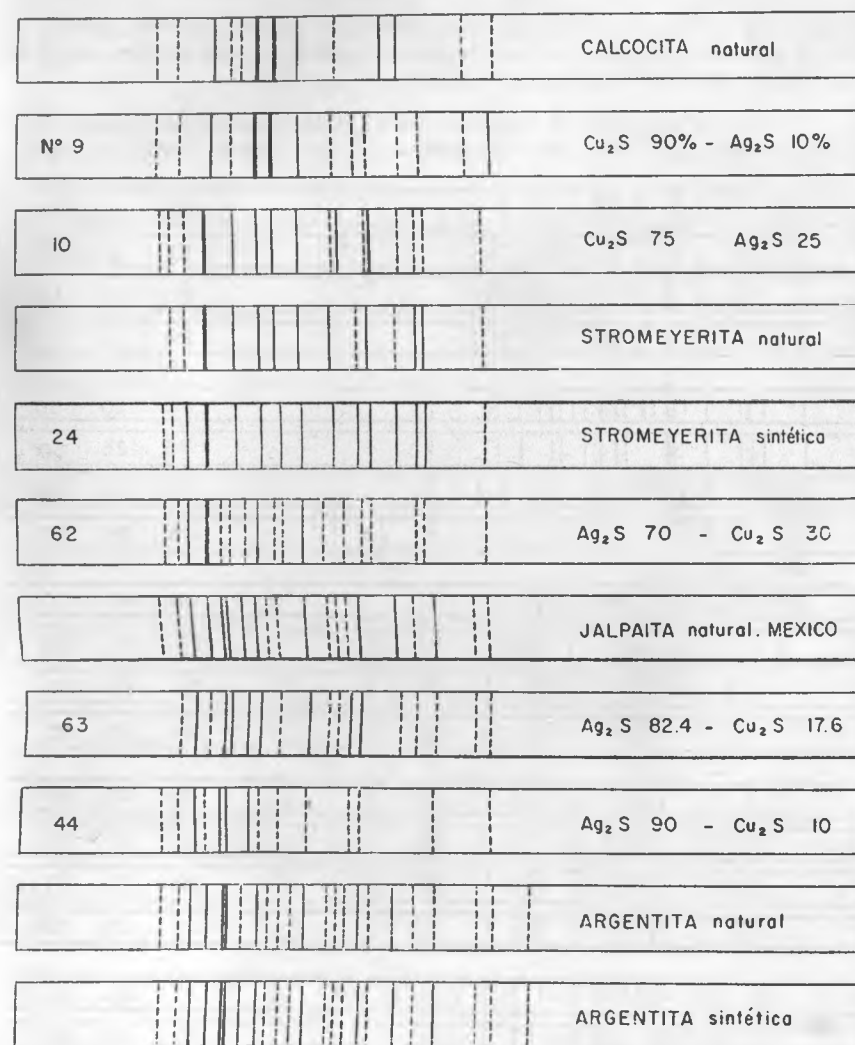


Fig. 16. Cuadro comparativo de los diagramas de polvo de stromeyerita, argentita, calcocita y sus mezclas, obtenidos por Schwartz (1935).

DIAGRAMAS DE POLVO DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS: Se obtuvieron varios diagramas de polvo, fotográficos de Debye-Scherrer, aparte de los deducidos a partir de diagramas de cristal oscilante. Al ser medidos se hizo notar la escasez de sus líneas importantes. Los tres diagramas de difracción con registro

fotométrico se lograron mediante tubo de Geiger, radiación de Cu filtrada, 35 kV. 20 mA. Los dos primeros con el aparato de difracción del Instituto de Geología; el III con el del Instituto de Física.:

I.—Con las constantes del aparato 2-0.6-2 y una velocidad de registro 24-96, es el más parecido al diagrama fotográfico: de una línea de fondo casi regular-

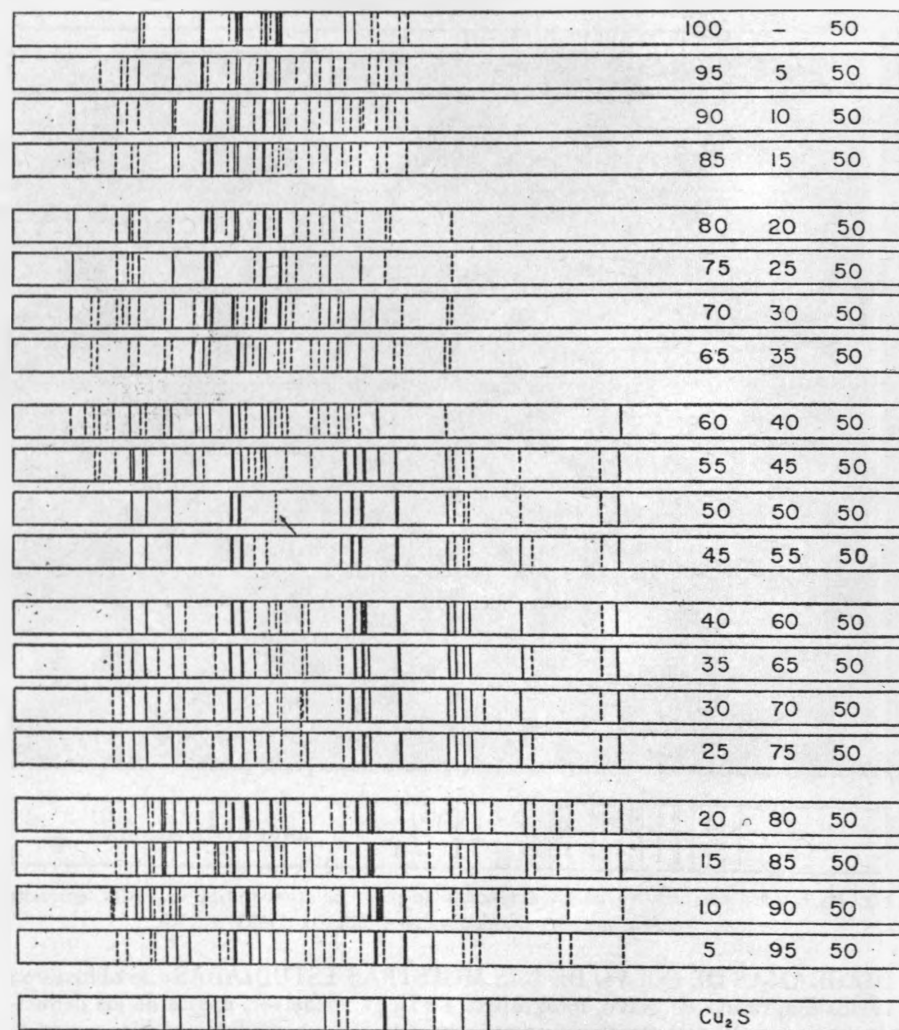


Fig. 17. Cuadro comparativo de los diagramas de polvo obtenidos por Suhr, con rad. de Co filtrada. La flecha sobre el diagrama de Ag₂Cu₂S₂ descubre trazas de jalpaíta.





Fig. 18. Cuadro sinóptico de los diagramas de jalpaíta (fase α del sistema Ag-Cu-S) con las modificaciones indicadas en la tabla correspondiente. Los diagramas se construyeron en función de d , superior a 1.000.

mente sinuosa se destacan tres grupos de máximos relativamente más importantes.

II.—Diagramas cuyas contantes del aparato son 1-0.6-1 y velocidad de registro 60/60 se lograron precisar algunos máximos del fondo sinuoso.

III.—Resultó un registro más sobrio en líneas, con constantes del aparato 4-8-1, destacándose los máximos más característicos.

Además, se colocan en la tabla comparativa de diagramas que se expone a continuación, las bandas de dos registros fotográficos (IV) logrados con la cámara de Debye (diámetro 114.6 mm. y radiación de Cu filtrada), así como la lectura de los diagramas de cristal giratorio (V) por los ejes [111] y [100], que dieron como resultado unos anillos de Debye con cierta orientación estadística de sus partículas (metaméticos).

De la comparación de todos esos diagramas obtenidos, con los citados como diagramas de definición (Cf. pág. 59) se deduce la naturaleza de las muestras estudiadas. Nótese que no hay que esperar la coincidencia de todas las líneas pues no se está seguro de pertenecer éstas exclusivamente a jalpaíta; sino que es suficiente la de los máximos más intensos. Por esta misma razón no se han calculado las formas cuadráticas y deducido de ellas todas las demás constantes del cristal, sino seguido un camino inverso. El examen de la presentación gráfica (fig. 18) de los diagramas de definición, indica rápidamente los caracteres exclusivos de la jalpaíta.

DIAGRAMAS DE ALGUNAS MUESTRAS ANALIZADAS

Laborat. Geología				L. Física		Laborat. Cristalogr.			
Reg. I		Reg. II		Reg. III		Reg. IV		Reg. V	
I	d	I	d	I	d	I	d	I	d
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
d	7.189	—	—	—	—	—	—	dd	6.393
d	6.533	—	—	—	—	d	6.018	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	d	5.792
—	—	—	—	—	—	f	5.062	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	m	5.367
—	—	—	—	—	—	—	—	f	4.997
—	—	—	—	—	—	—	—	f	4.870
—	—	—	—	—	—	—	—	f	4.548
—	—	—	—	—	—	—	—	m	4.236
—	—	—	—	—	—	—	—	d	4.024
—	—	—	—	—	—	f	3.691	dd	3.656
—	—	—	—	—	—	dd	3.445	f	3.466
—	—	—	—	d	3.398	—	—	—	—
—	—	—	—	d	3.360	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	dd	3.219	—	—
dd	3.150	dd	3.150	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	m	3.055	f	3.047	m	3.076
d	2.900	m	2.900	—	—	—	—	d	3.005
—	—	—	—	f	2.811	ff	2.824	m	2.894
—	—	d	2.768	—	—	—	—	d	2.794
m	2.657	d	2.655	—	—	dd	2.696	dd	2.649
—	—	—	—	f	2.583	dd	2.604	ff	2.612
—	—	—	—	—	—	dd	2.506	—	—
—	—	m	2.443	—	—	d	2.433	m	2.476
ff	2420	ff	2.415	ff	2.415	—	—	—	—
f	2342	f	2.348	ff	2.360	—	—	d	2.351
—	—	dd	2.285	—	—	d	2.207	dd	2.293
—	—	—	—	dd	2.209	—	—	—	—
—	—	dd	2.211	—	—	dd	2.067	m	2.147
—	—	—	—	dd	2.074	—	—	m	2.087
f	2.069	dd	2.025	—	—	d	1.976	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	d	1.937
m	1.920	—	—	—	—	f	1.906	dd	1.893
						etc.		etc.	

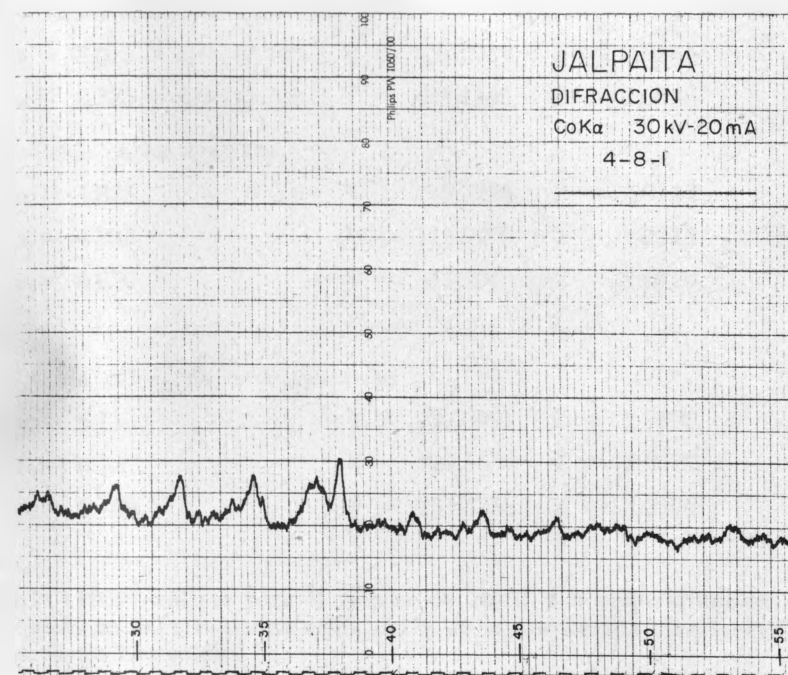


Fig. 19. Registro espectrofotométrico de una muestra de jalpaita.

CONTENIDO DE LA CELDA ELEMENTAL

A partir de la densidad de la jalpaíta $d = 6.765$ determinada experimentalmente primero por Kalb y Bendig y luego confirmada para este trabajo, se calculó su volumen molecular V_m para la fórmula admitida Ag_3CuS_2 ,

$$V_m = \frac{P_m}{d \cdot N} = \frac{451.312}{6.765 \cdot 0.60236 \cdot 10^{24}} = \frac{749.239}{6.765} = 110.752$$

P_m = peso molecular

y por los volúmenes de las diferentes celdas admitidas para la jalpaíta (pág. 55) se calcula el valor de Z :

 α III — Celda tetragonal centrada

$$20^\circ \quad a_0 = 8.673 \quad c_0 = 11.756 ; V = 884.2969 ; Z = 7.9844$$

$$105^\circ \quad a_0 = 8.725 \quad c_0 = 11.740 ; V = 893.7145 ; Z = 8.0695$$

 α II — Celda cúbica centrada

$$116^\circ \quad a_0 = 4.825 \quad V = 112.3288 ; Z = 1.0142$$

$$152^\circ \quad a_0 = 4.836 \quad V = 113.0990 ; Z = 1.0212$$

$$300^\circ \quad a_0 = 4.870 \quad V = 115.5013 ; Z = 1.0428$$

$$Z = 1$$

 α I — Celda cúbica de caras centradas

$$300^\circ \quad a_0 = 6.110 \quad V = 228.0991 ; Z = 2.0595$$

$$400^\circ \quad a_0 = 6.12 \quad V = 229.5582 ; Z = 2.0727$$

$$500^\circ \quad a_0 = 6.140 \quad V = 231.4755 ; Z = 2.0900$$

$$Z = 2$$

Djuric (1958) calcula para Z valores de 16, 2 y 4 respectivamente, por tomar quizás en cada caso una celda doble de la que resulta directamente de las traslaciones elementales.

Es de notar que por este procedimiento es posible vislumbrar la celda estable, la correspondiente a $Z = 8$, con un volumen $V = 886.016$ que correspondería a una celda tetragonal centrada a temperaturas algo superiores a la ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- BREITHAUPT, A. (1858). Beschreibung neuer Mineralien. 7. Jalpait. Berg-und hüttenmännische Zeitung 17.11(1858)85.
- SENARMONT, M. de (1859). Extraits de Minéralogie. Sur la Jalpaïto. Annales des Mines, Paris (V) 17(1860)69.
- AGUILERA, J. A. (1898). Catálogos Sistemáticos y Geográficos de las especies Mineralógicas de la Rep. Mexicana. Inst. Geol. de México. Vol. 11 (1898).
- HINTZE, C. (1904). Handbuch der Mineralogie. Vol I, Primera parte. Verl. von Veit & Co. Berlin y Leipzig (1904).
- ALCALÁ, M. (1909). Informe sobre el estado que guardan los labrados de la mina "La Leonera". Mun. de Jalpa, Dto. de Juchipila, Zac. Secretaría de Fomento, México. Memoria (1908-1909)153-156.
- KALB, y BENDIG, M. (1924). Erzmikroskopische Untersuchung der Mineralreihe Silberglanz-Kupferglanz. Jalpait von Schlangenberg. (Smeinogorsk) im Altai Centralblatt für Min., Geol. u. Palaeontol. Stuttgart (1924)516-519.
- SALAZAR SALINAS, L. (1928). Elementos de Geología. N° 42 a. Pág. 84). Talleres Gráficos de la Nación. México (1928).
- FLETCHER, A. R. (1929). Mexico's lead-silver manto deposits and their origin. Eng. and Mining Jour. 129(1929)509-513.
- LANDERO, C. F. (1934). Notas sobre los Minerales primeramente descubiertos en México. Acad. Nac. de Ciencias, Mem y Rev. 54(1934)392.
- SCHWARTZ, G. M. (1935). Relations of Chalcocite-Stromeyerite-Agenticite. Econ. Geol. 30(1935)128-146.
- BASTIN, E. S. (1941). Paragenetic relations in the silver ores of Zacatecas, Mexico. Econ. Geol. 36.4(1941)371-400.
- STRUNZ, H. (1949). Mineralogische Tabellen. Akad. Verlagsgesellschaft. Leipzig (1949), 2° Ed.
- CLARINGBULL, (1953). Natural and Synthetic Jalpaite, Ag_3CuS_2 . Mineralogical Society, London. Meeting 26 marzo 1953. Mineralog. Abstracts. 12(1954)289.
- SUHR, N. (1955). The Ag_2S System. Econ. Geol. 50(1955)347-350.

- BODENLOS, A. F. (1956). Notas sobre la geología de la Sierra Madre en la sección Zimapán-Tamazunchale. Excursiones A-14 y C-6 (1956). págs. 293-309. Congr. Geol. Internac., XX (1956) México.
- KLOCKMANN, F. y RAMDOHR, P. (1955). Tratado de Mineralogía (Trad. F. Pardillo). G. Gili. Barcelona (1955).
- FRIES, C. (1956). Bosquejo geológico de la región entre México, D. F. y Acapulco, Gro. Congr. Geol. Internac., XX (1956), México. Excursiones A-9 y C-12. págs. 7-53.
- PALACHE, C., BERMAN, H. y FRONDEL, C. (1958). The System of Mineralogy of J. D. Dana and E. S. Dana, Yale University 1837-1892. J. Wiley. New York (1958) 7ª Ed.
- DJURLE, S. (1958). An X-ray Study on the System Ag-Cu-S. Acta. Chem. Scand. 12.7(1958)1427-1436. Acta. Chem. Scand. 12.7(1958)1415-1427.
- DANA, (1958). Véase Palache, C., Mermann, H. y Frondel, C. (1958).
- SEGERSTROM, K. 1961). Geology of the Bernal-Jalpan Area. Est. de Querétaro, México. U.S. Geol. Surv. Bulletin 1104-B(1961).
- SKINNER, B. J. (1966). The System Cu-Ag-S. Econ. Geol. 61.1(1966)1-26.

BOLETINES DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

- | | | |
|--|---------------|---------------|
| 50.— <i>Las Meteoritas Mexicanas</i> , por JOSÉ C. HARO, 1931. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 51.— <i>Zonas Mineras de los Estados de Jalisco y Nayarit</i> , por TOMÁS BARRERA, 1931. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 53.— <i>Topografía Sepultada en la Región de Santa Rosalía, B. C.</i> , por IVAN F. WILSON, 1948. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 54.— <i>Paleontología y Estratigrafía del Plioceno de Yepómera</i> , Edo. de Chihuahua (Primera Parte), por JOHN F. LANCE, 1950. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 55.— <i>Los Estudios Paleobotánicos de México</i> , por MANUEL MALDONADO KOERDELL, 1950. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 56.— <i>Las Provincias Geohidrológicas de México</i> , (Segunda Parte), por ALFONSO DE LA O. CARREÑO, 1954. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 57.— <i>Espeleología Mexicana, Cuevas de la Sierra Madre Oriental de la Región de Xilitla</i> , por FEDERICO BONET, 1953. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 58.— <i>Geología y Paleontología de la Región de Caborca</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1954. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| Pt. III.— <i>Fauna Pérmica de El Antimonio, Oeste de Sonora, México</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1965. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 59.— <i>Los Depósitos de Bauxita en Haití y Jamaica y posibilidades de que Exista Bauxita en México</i> , por GUILLERMO P. SALAS, 1959. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 60.— <i>Geología del Estado de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Guerrero</i> , Región Central Meridional de México, por CARL FRIES, JR., 1960. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 61.— <i>Fenómenos Geológicos de Algunos Volcanes Mexicanos</i> , por LUIS BLÁSQUEZ L., ARMANDO REYES LAGOS, FEDERICO MOOSER y JOSÉ L. LORENZO, 1961. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 62.— <i>Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur</i> , entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero, por ZOLTAN DE CSERNA, 1965. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 63.— <i>Contribución al Estudio de Minerales y Rocas</i> , por EDUARDO SCHMITTER y RUTH ROJAS DE GÓMEZ, 1962. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 64.— <i>Estudios Geocronológicos de Rocas Mexicanas</i> , por CARL FRIES JR. 1962. Agotado (Out of print). | \$ 25.00 M.N. | \$ 2.50 Dlls. |
| 65.— <i>Estudios Mineralógicos y Petrográficos del Casquete y la Sal de Algunos Damos Salinos del Istmo de Tehuantepec, México</i> , por SALVADOR ENCISO DE LA VEGA, 1963. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |

- 66.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos* BOLEITA, por FRANCISCO J. FABREGAT, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 67.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México, Partes I-IV.*
- Pt. I.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AMADO YÁÑEZ CORREA, 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. II.—*Sistemática y Distribución de los Géneros de Diatomeas de la Laguna de Términos Campeche, México*, por ANGEL SILVA B., 1963. \$ 15.00 M.N. \$ 1.50 Dlls.
- Pt. III.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AGUSTÍN AYALA, 1963. \$ 75.00 M.N. \$ 7.50 Dlls.
- Pt. IV.—*Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANTONIO GARCÍA CUBAS, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 68.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la "Playa Washington" al S.E. de Matamoros, Tamps.*, por LUIS RAFAEL SEGURA V., 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 69.—*Geología del Area delimitada por el Tomatal, Huitzuc y Mayanacán, Estado de Guerrero* por José MA. BOLÍVAR, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 70.—*Derrames Cineríticos Las Américas de la Región de El Oro Tlalpujahua, Estados de México y Michoacán*, parte centromeridional de México por CARL FRIES JR., C. S. ROSS y ALBERTO OBREGÓN PÉREZ. En preparación (Being prepared)
- 71.—*Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí*, por DIEGO A. CÓRDOVA, EUGENIO CSERNA y ALEJANDRO BELLO BARRADAS, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 72.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos, la PLUMOSITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1964. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 73.—*Contribuciones del Laboratorio de Geocronometría. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Discusión de Principios y Descripción de la Determinación Geoquímica por el Método Plomo Alfa o Larsen*, por CÉSAR RINCÓN ORTA, 1965.
- Pt. II.—*Nuevas aportaciones Geocronológicas y Técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*, por CARL FRIES, JR., y CÉSAR RINCÓN ORTA. 1965.

- Pt. III.—*Compendio de Edades de Radiocarbono de Muestras Mexicanas de 1962 a 1964*, por JOSEFINA VALENCIA y CARL FRIES, JR., 1965. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 74.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua. Partes I-II.*
- Pt. I.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua*, por LUTHER W. BRIDGES. Geología del Area de Plomosas.
- Pt. II.—*(Notas sobre la Geología de la Región de Placer de Guadalupe y Plomosa, Chih.)*, por ZOLTAN DE CSERNA, 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 75.—*Estudios Minerológicos.*
- 1.—*Mineralización de Telurio en la Mina de la Moctezuma, cerca de Moctezuma, Sonora.*
- 2.—*Métodos de Laboratorio para la Separación y Purificación de Muestras Minerales*, 1965. \$ 20.00 M.N. \$ 2.00 Dlls.
- 76.—*Estudios de Mineralogía. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Los Minerales de Manganeso de Molango, Hgo.*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. II.—*Caolinita de Estructura Desordenada de Concepción de Buenos Aires, Edo. de Jalisco, México*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. III.—*Nota Preliminar sobre la Identificación por Rayos X, de Oxido Tálico Tl_2O_3* por JESÚS RUIZ CORONA y GLORIA AYALA ROJAS, 1965. \$ 35.00 M.N. \$ 3.50 Dlls.
- 77.—*Los Minerales Mexicanos 3. DURANGITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 78.—*Los Minerales Mexicanos 4. CUMENGEITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 79.—*Los Minerales Mexicanos 5. LIVINGSTONITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 80.—*"Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán"*, por FEDERICO BONET. \$ 60.00 M.N. \$ 6.00 Dlls.
- 81.—*Ecology Distribution and Texonomy of Recent Ostracoda of Laguna de Términos Campeche, México*, por GUSTAVO A. MORALES. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 82.—*Estudios de Geocronometría y Mineralogía*, por J. PANTOJA A., RICHARD V. GAINES, LIBERTO DE PABLO y F. J. FABREGAT. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 83.—*Minerales Mexicanos 6 JALPAITA* por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1967. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.

Para su adquisición diríjase al:
Instituto de Geología, Oficina de Publicaciones — Ciudad Universitaria,
México 20. D. F.

La edición del Boletín 83 se terminó el 9 de diciembre de 1967 en las prensas de la Editorial Stylo, Durango 290, México 7, D. F.

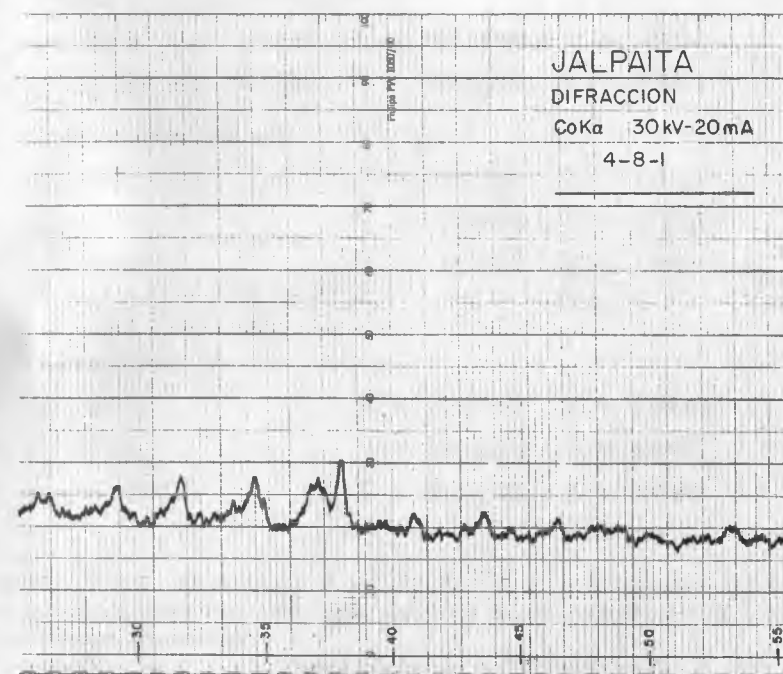


Fig. 19. Registro espectrofotométrico de una muestra de jalpaíta.

CONTENIDO DE LA CELDA ELEMENTAL

A partir de la densidad de la jalpaíta $d = 6.765$ determinada experimentalmente primero por Kalb y Bendig y luego confirmada para este trabajo, se calculó su volumen molecular V_m para la fórmula admitida Ag_3CuS_2 ,

$$V_m = \frac{P_m}{d \cdot N} = \frac{451.312}{6.765 \cdot 0.60236 \cdot 10^{24}} = \frac{749.239}{6.765} = 110.752$$

$P_m = \text{peso molecular}$

y por los volúmenes de las diferentes celdas admitidas para la jalpaíta (pág. 55) se calcula el valor de Z :

 α III — Celda tetragonal centrada

$$20^\circ \quad a_0 = 8.673 \quad c_0 = 11.756 ; V = 884.2969 ; Z = 7.9844$$

$$105^\circ \quad a_0 = 8.725 \quad c_0 = 11.740 ; V = 893.7145 ; Z = 8.0695$$

 α II — Celda cúbica centrada

$$116^\circ \quad a_0 = 4.825 \quad V = 112.3288 ; Z = 1.0142$$

$$152^\circ \quad a_0 = 4.836 \quad V = 113.0990 ; Z = 1.0212$$

$$300^\circ \quad a_0 = 4.870 \quad V = 115.5013 ; Z = 1.0428$$

$$Z = 1$$

 α I — Celda cúbica de caras centradas

$$300^\circ \quad a_0 = 6.110 \quad V = 228.0991 ; Z = 2.0595$$

$$400^\circ \quad a_0 = 6.12 \quad V = 229.5582 ; Z = 2.0727$$

$$500^\circ \quad a_0 = 6.140 \quad V = 231.4755 ; Z = 2.0900$$

$$Z = 2$$

Djurle (1958) calcula para Z valores de 16, 2 y 4 respectivamente, por tomar quizás en cada caso una celda doble de la que resulta directamente de las traslaciones elementales.

Es de notar que por este procedimiento es posible vislumbrar la celda estable, la correspondiente a $Z = 8$, con un volumen $V = 886.016$ que correspondería a una celda tetragonal centrada a temperaturas algo superiores a la ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- BREITHAUPT, A. (1858). Beschreibung neuer Mineralien. 7. Jalpait. Berg-und hüttenmännische Zeitung 17.11(1858)85.
- SENARMONT, M. de (1859). Extraits de Minéralogie. Sur la Jalpaïte. Annales des Mines, Paris (V) 17(1860)69.
- AGUILERA, J. A. (1898). Catálogos Sistemáticos y Geográficos de las especies Mineralógicas de la Rep. Mexicana. Inst. Geol. de México. Vol. 11 (1898).
- HINTZE, C. (1904). Handbuch der Mineralogie. Vol I, Primera parto. Verl. von Veit & Co. Berlin y Leipzig (1904).
- ALCALÁ, M. (1909). Informe sobre el estado que guardan los labrados de la mina "La Leonera". Mun. de Jalpa, Dto. de Juchipila, Zac. Secretaría de Fomento, México. Memoria (1908-1909)153-156.
- KALB, y BENDIG, M. (1924). Erzmikroskopische Untersuchung der Mineralreihe Silberglanz-Kupferglanz. Jalpait von Schlangenberg. (Smeinogorsk) im Altai Centralblatt für Min., Geol. u. Palaeontol. Stuttgart (1924)516-519.
- SALAZAR SALINAS, L. (1928). Elementos de Geología. N° 42 a. Pág. 84). Talleres Gráficos de la Nación. México (1928).
- FLETCHER, A. R. (1929). Mexico's lead-silver manto deposits and their origin. Eng. and Mining Jour. 129(1929)509-513.
- LANDERO, C. F. (1934). Notas sobre los Minerales primeramente descubiertos en México. Acad. Nac. de Ciencias, Mem y Rev. 54(1934)392.
- SCHWARTZ, G. M. (1935). Relations of Chalcocite-Stromeyerite-Argentite. Econ. Geolog. 30(1935)128-146.
- BASTIN, E. S. (1941). Paragenetic relations in the silver ores of Zacatecas, Mexico. Econ. Geol. 36.4(1941)371-400.
- STRUNZ, H. (1949). Mineralogische Tabellen. Akad. Verlagsgesellschaft. Leipzig (1949), 2° Ed.
- CLARINGBULL. (1953). Natural and Synthetic Jalpaite, Ag_3CuS_2 . Mineralogical Society, London. Meeting 26 marzo 1953. Mineralog. Abstracts. 12(1954) 289.
- SUHR, N. (1955). The Ag_2S System. Econ. Geolog. 50(1955)347-350.

- BODENLOS, A. F. (1956). Notas sobre la geología de la Sierra Madre en la sección Zimapán-Tamazunchale. Excursiones A-14 y C-6 (1956). págs. 293-309. Congr. Geol. Internac., XX (1956) México.
- KLOCKMANN, F. y RAMDOHR, P. (1955). Tratado de Mineralogía (Trad. F. Pardillo). G. Gili. Barcelona (1955).
- FRIES, C. (1956). Bosquejo geológico de la región entre México, D. F. y Acapulco, Gro. Congr. Geol. Internac., XX (1956), México. Excursiones A-9 y C-12. págs. 7-53.
- PALACHE, C., BERMAN, H. y FRONDEL, C. (1958). The System of Mineralogy of J. D. Dana and E. S. Dana, Yale University 1837-1892. J. Wiley. New York (1958) 7^o Ed.
- DJURLE, S. (1958). An X-ray Study on the System Ag-Cu-S. Acta. Chem. Scand. 12.7(1958)1427-1436. Acta. Chem. Scand. 12.7(1958)1415-1427.
- DANA, (1958). Véase Palache, C., Mermann, H. y Frondel, C. (1958).
- SEGERSTROM, K. (1961). Geology of the Bernal-Jalpan Area. Est. de Querétaro, México. U.S. Geol. Surv. Bulletin 1104-B(1961).
- SKINNER, B. J. (1966). The System Cu-Ag-S. Econ. Geol. 61.1(1966)1-26.

BOLETINES DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

- | | | |
|---|---------------|---------------|
| 50.— <i>Las Meteoritas Mexicanas</i> , por JOSÉ C. HARO, 1931. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 51.— <i>Zonas Mineras de los Estados de Jalisco y Nayarit</i> , por TOMÁS BARRERA, 1931. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 53.— <i>Topografía Sepultada en la Región de Santa Rosalía</i> , B. C., por IVAN F. WILSON, 1948. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 54.— <i>Paleontología y Estratigrafía del Plioceno de Yepómera</i> , Edo. de Chihuahua (Primera Parte), por JOHN F. LANCE, 1950. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 55.— <i>Los Estudios Paleobotánicos de México</i> , por MANUEL MALDONADO KOERDELL, 1950. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 56.— <i>Las Provincias Geohidrológicas de México</i> , (Segunda Parte), por ALFONSO DE LA O. CARREÑO, 1954. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 57.— <i>Espeleología Mexicana, Cuevas de la Sierra Madre Oriental de la Región de Xilitla</i> , por FEDERICO BONET, 1953. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 58.— <i>Geología y Paleontología de la Región de Caborca</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1954. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| Pt. III.— <i>Fauna Pérmica de El Antimonio, Oeste de Sonora, México</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1965. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 59.— <i>Los Depósitos de Bauxita en Haití y Jamaica y posibilidades de que Exista Bauxita en México</i> , por GUILLERMO P. SALAS, 1959. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 60.— <i>Geología del Estado de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Guerrero</i> , Región Central Meridional de México, por CARL FRIES, JR., 1960. | \$ 50.00 M.N. | \$ 5.00 Dlls. |
| 61.— <i>Fenómenos Geológicos de Algunos Volcanes Mexicanos</i> , por LUIS BLÁSQUEZ L., ARMANDO REYES LAGOS, FEDERICO MOOSER y JOSÉ L. LORENZO, 1961. | \$ 20.00 M.N. | \$ 2.00 Dlls. |
| 62.— <i>Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur</i> , entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero, por ZOLTAN DE CSERNA, 1965. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 63.— <i>Contribución al Estudio de Minerales y Rocas</i> , por EDUARDO SCHMITTER y RUTH ROJAS DE GÓMEZ, 1962. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |
| 64.— <i>Estudios Geocronológicos de Rocas Mexicanas</i> , por CARL FRIES JR. 1962. Agotado (Out of print). | \$ 25.00 M.N. | \$ 2.50 Dlls. |
| 65.— <i>Estudios Mineralógicos y Petrográficos del Casquete y la Sal de Algunos Domo Salinos del Istmo de Tehuantepec, México</i> , por SALVADOR ENCISO DE LA VEGA, 1963. | \$ 30.00 M.N. | \$ 3.00 Dlls. |

- 66.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos* BOLEITA, por FRANCISCO J. FABREGAT, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 67.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, Partes I-IV.
- Pt. I.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AMADO YÁÑEZ CORREA, 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. II.—*Sistemática y Distribución de los Géneros de Diatomeas de la Laguna de Términos Campeche, México*, por ANGEL SILVA B., 1963. \$ 15.00 M.N. \$ 1.50 Dlls.
- Pt. III.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AGUSTÍN AYALA, 1963. \$ 75.00 M.N. \$ 7.50 Dlls.
- Pt. IV.—*Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANTONIO GARCÍA CUBAS, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 68.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la "Playa Washington" al S.E. de Matamoros, Tamps.*, por LUIS RAFAEL SEGURA V., 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 69.—*Geología del Area delimitada por el Tomatal, Huitzaco y Mayanacán, Estado de Guerrero* por José MA. BOLÍVAR, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 70.—*Derrames Cineríticos Las Américas de la Región de El Oro Tlalpujahua, Estados de México y Michoacán*, parte centromeridional de México por CARL FRIES JR., C. S. ROSS y ALBERTO OBREGÓN PÉREZ. En preparación (Being prepared)
- 71.—*Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí*, por DIEGO A. CÓRDOVA, EUGENIO CSERNA y ALEJANDRO BELLO BARRADAS, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 72.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos*, la PLUMOSITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1964. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 73.—*Contribuciones del Laboratorio de Geocronometría*, Partes I-III.
- Pt. I.—*Discusión de Principios y Descripción de la Determinación Geoquímica por el Método Plomo Alfa o Larsen*, por CÉSAR RINCÓN ORTA, 1965.
- Pt. II.—*Nuevas aportaciones Geocronológicas y Técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*, por CARL FRIES, JR., y CÉSAR RINCÓN ORTA, 1965.

- Pt. III.—*Compendio de Edades de Radiocarbono de Muestras Mexicanas de 1962 a 1964*, por JOSEFINA VALENCIA y CARL FRIES, JR., 1965. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 74.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua*, Partes I-II.
- Pt. I.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua*, por LUTHER W. BRIDGES. Geología del Area de Plomositas.
- Pt. II.—(Notas sobre la Geología de la Región de Placer de Guadalupe y Plomosa, Chih.), por ZOLTAN DE CSERNA, 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 75.—*Estudios Mineralógicos*.
- 1.—*Mineralización de Telurio en la Mina de la Moctezuma, cerca de Moctezuma, Sonora*.
- 2.—*Métodos de Laboratorio para la Separación y Purificación de Muestras Minerales*, 1965. \$ 20.00 M.N. \$ 2.00 Dlls.
- 76.—*Estudios de Mineralogía*, Partes I-III.
- Pt. I.—*Los Minerales de Manganeso de Molango, Hgo.*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. II.—*Caolinita de Estructura Desordenada de Concepción de Buenos Aires, Edo. de Jalisco, México*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. III.—*Nota Preliminar sobre la Identificación por Rayos X, de Oxido Tálico TL₂O₃* por JESÚS RUIZ CORONA y GLORIA AYALA ROJAS, 1965. \$ 35.00 M.N. \$ 3.50 Dlls.
- 77.—*Los Minerales Mexicanos 3. DURANGITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 78.—*Los Minerales Mexicanos 4. CUMENGEITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 79.—*Los Minerales Mexicanos 5. LIVINGSTONITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 80.—*"Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán"*, por FEDERICO BONET. \$ 60.00 M.N. \$ 6.00 Dlls.
- 81.—*Ecology Distribution and Texonomy of Recent Ostracoda of Laguna de Términos Campeche, México*, por GUSTAVO A. MORALES. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 82.—*Estudios de Geocronometría y Mineralogía*, por J. PANTOJA A., RICHARD V. GAINES, LIBERTO DE PABLO y F. J. FABREGAT. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 83.—*Minerales Mexicanos 6 JALPAITA* por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1967. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.

Para su adquisición diríjase al:
Instituto de Geología, Oficina de Publicaciones — Ciudad Universitaria,
México 20, D. F.

La edición del Boletín 83 se terminó el 9 de diciembre de 1967 en las prensas de la Editorial Stylo, Durango 290, México 7, D. F.