

I SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EL PAPEL DE LA INFORMATICA EN LA GEOLOGIA, LA MINERIA Y LA METALURGIA. SEPTIEMBRE/1993. (GEOMIMET-93 DE INFORMATICA)

Objetivos

- Analizar y debatir los resultados alcanzados en el campo de la informática en los trabajos geológicos, mineros y metalúrgicos.
- Compartir experiencias relativas a proyectos para introducir las técnicas de la informática en la rama geologo-minero-metalúrgica y en la educación superior.
- Conocer avances, productos e innovaciones en nuevas tecnologías aplicadas a la informática en el campo geológico, minero y metalúrgico.
- Intercambiar conocimientos y experiencias con especialistas de diferentes países, especialmente en el área iberoamericana en el campo de la informática geominera.
- Debatir los problemas referentes a la red de información geominera en el campo de la computación para los países iberoamericanos.

El seminario es organizado por el INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO de Moa y el INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO de España. Se celebrará del 28 al 30 de septiembre de 1993.

Podrán participar todos los profesionales y técnicos que laboran en el campo de la informática aplicada a la Geología, la Minería y la Metalurgia. Ingenieros, técnicos, profesores y estudiantes vinculados a la actividad geominera y metalúrgica.

El seminario se celebrará del 28 al 30 de septiembre de 1993 en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, provincia de Holguín, Cuba.

Presidentes: Dr. Rafael Trujillo Codorniu, ISMM.

Dr. Alfredo Iglesias López

Secretario: Dr. Secundino Marrero Ramírez, ISMM.

Miembros: Dr. Rafael Guardado Lacaba, ISMM.

Dr. Roberto Blanco Torrens, ISMM.

Dr. Gerardo Orozco Melgar, ISMM.

Dr. Juan Rodríguez Gamboa, ISMM.

Lic. Manuel Lores Vidal, ISMM.

El tema central será:
EL DESARROLLO DE LA INFORMATICA EN EL CAMPO DE LA GEOLOGIA, LA MINERIA Y LA METALURGIA PARA ENFRENTAR EL SIGLO XXI EN IBEROAMERICA

- Informática en los trabajos de búsqueda y prospección de yacimientos de minerales útiles.
- Informática en la explotación de yacimientos minerales a cielo abierto.
- Informática en la explotación de minas.
- Informática para la Mineralurgia.
- Informática en la Metalurgia.
- Nuevas tecnologías para la informática geominera.
- Bases de datos referentes a los trabajos geomineros y metalúrgicos.

- Actualización, mantenimiento y difusión de bases de datos.
- Elaboración de tesauros en la rama geominera.
- Elaboración de sistemas.
- Informática para: Cartografía Geológica, Explotación y Exploración de las Aguas Subterráneas, Presas mineras y escombreras. Catastro minero, Sondeo y perforaciones, Geofísica (Gravimetría, Sísmica, Magnetometría, Métodos eléctricos, Carotaje, otros), etc.
- Informática para la protección del medio y el aprovechamiento de los recursos naturales.
- Informática en la Ingeniería Geológica y los problemas relacionados con los riesgos y desastres naturales.

Los trabajos deben ser enviados en disquetes de 5,25 ó 3,5 pulgadas, formato DOS. Para la escritura del texto será utilizado un procesador de palabras del tipo WordPerfect o WordStar. Los idiomas a utilizar serán el español o el inglés.

Las ponencias serán expuestas en forma oral o gráfica. Los autores enviarán un resumen atendiendo los siguientes requisitos

El seminario se llevará a cabo en 6 sesiones de trabajo durante tres días aproximadamente.

El temario se desarrollará a través de:

- Conferencias
- Ponencias, comunicación oral de 10 minutos.
- Paneles o posters de (90 x 70) incluye discusión con los autores.
- Mesas redondas
- Exposición
- Presentación del software
- Excursiones

- Se prevee la participación de especialistas de Geología, Minería y Metalurgia, especialistas de Informática.

- Los interesados en participar como ponentes u observadores se inscribirán oficialmente mediante un módulo que al efecto forma parte de esta circular.

El seminario se realizará durante 3 días en 3 sesiones diarias de trabajo:

- I 09:00 - 10:45 horas
- II 11:00 - 12:45 horas
- III 14:00 - 16:45 horas

Paquete turístico

Se oferta en la residencia de postgrado del ISMM.

Habitación simple \$ 20.00

Habitación doble \$ 15.00

Apartamento \$ 35.00

FICHA DE INSCRIPCIÓN

Nombre _____
Apellidos _____
Teléfono _____ Telex _____ Fax _____
Dirección _____

Empresa _____

Título del trabajo _____

Necesita medios _____ Sí _____ No _____
Cuales _____

Cuota de inscripción 80.00 USD.

Inscríbete!



COORDINACIÓN

Dr. Secundino Marrero Ramírez
Dir. de Ciencia y Tecnología
Vice-Rectoría de Investigación y Educación de Postgrado
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
Holguín, Cuba.
Teléfonos: 6 66 78 6 44 75 6 65 02

LAS PARAGENESIS MINERALES EN LAS MENAS CROMIFERAS DEL YACIMIENTO "POTOSI", MOA, HOLGUIN, CUBA

Ing. José Nicolás Muñoz
Ing. Mario Campos Dueñas

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: El estudio de las menas cromíferas del yacimiento "Potosí", localizado al nordeste del municipio de Moa, se llevó a cabo a través de diferentes métodos de investigación de minerales, lo cual ha permitido profundizar en el conocimiento de sus menas, de las diferentes paragénesis existentes y además corroborar la presencia de rutilo (TiO₂) en las espinelas cromíferas. También se han identificado paragénesis sulfurosas primarias, típicas de las menas magmáticas de licuación: pirrotina-pentlandita-calcopirita-pirita, ocupando espacialmente los sistemas de grietas y microgrietas de las menas cromíferas. Se identificaron paragénesis sulfurosas características del proceso de serpentinización de las rocas básicas y ultrabásicas del complejo ofiolítico: mackinavita y heazlewoodita; así como fases de minerales del grupo del platino asociadas a los sulfuros de licuación, a la heazlewoodita y a las espinelas cromíferas.

ABSTRACT: This paper includes the analyses of different minerals parageneses associated with chromites spinels from "Potosí" deposit in Moa, Holguín, Cuba. The chromites ores are mainly high-aluminium chromium (refractory grade) and content: rutile, pyrrhotite, chalcopyrite and pentlandite, also are located laurite-erlichmanite phases, as well as, mackinavite, pirite and heazlewoodite.

Rutile presents two type of shape: a) acicular crystal (rutile - I) inclusion in chromites, formed simultaneously with chromites and b) xenomorphic crystal (rutile - II) interstitial to spinels chromites crystal. The sulfides minerals: pyrrhotite, chalcopyrite and pentlandite are located into microfractures systems of the chromites ores.

Laurite-erlichmanite phases of the platinum-group minerals occur in chromites, similar rutile I, and also in close association with sulfides minerals in microfractures systems of the chromites ores.

Finally, the variety of other sulfides with their corresponding characteristics are also analyzed.

INTRODUCCION

El yacimiento "Potosí", de menas cromíferas, se localiza a 23 km al SE de la ciudad de Moa en las márgenes del río Yamanigüey.

De acuerdo con los datos existentes en la literatura éste se conoce desde el año 1889, de éste se extrajeron unas 450 000 toneladas métricas de mineral con contenido medio de Cr₂O₃ de 37,7 % y SiO₂ de 3,21 %. Debido a errores tecnológicos durante su explotación fue cerrado, quedando aún reservas sin explotar.

El yacimiento "Potosí" carece de un estudio geológico-estructural detallado, por lo que hace algunos años geólogos de la Facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) iniciaron el estudio mineralógico de las menas cromíferas. El objetivo fundamental del presente trabajo es dar a conocer el estudio de los minerales metálicos asociados a las espinelas cromíferas.

Se tomaron muestras de afloramientos, de testigos de perforación y de diques de gabro-pegmatitas. Las mis-

mas se analizaron por medio de diferentes métodos de investigación de minerales y los resultados de la composición química de los minerales independientes se realizaron con microsonda electrónica (Electron Microprobe Analyses) del Instituto de Geología de los Yacimientos Minerales, Geoquímica, Petrografía y Mineralogía de la Academia de Ciencias de la URSS. Así mismo se llevaron a cabo numerosos análisis de microscopía de menas en el Laboratorio de Minerografía de la Academia de Minas de Freiberg, Alemania, donde se determinaron los valores de capacidad de reflejo con el empleo del microespectrofotómetro ocular AMPLIVAL-Polu-MFV- 4001 y otros parámetros. Estos estudios de microscopía de menas se concluyeron en el Laboratorio de Minerografía y el Laboratorio de Análisis Espectral de la Facultad de Geología del ISMM en Moa donde se realizaron análisis puntuales con el microanálizador-láser MLA-10.

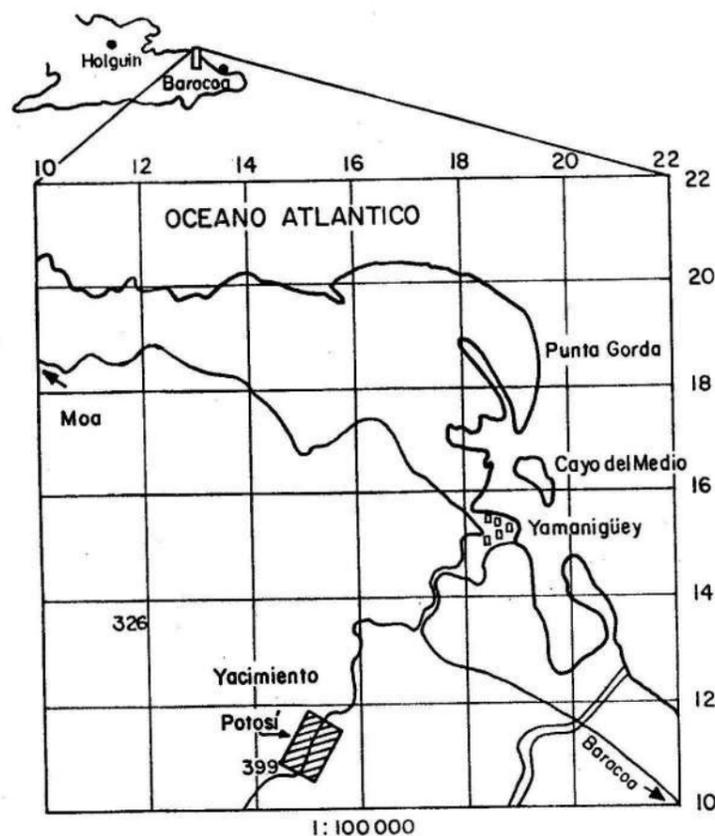


FIGURA 1. Ubicación geográfica del yacimiento "Potosí".

Características Geológicas Regionales

El yacimiento "Potosí" se encuentra genética y espacialmente vinculado con las rocas de la asociación ofiolítica pertenecientes al llamado "macizo" Moa-Baracoa, el cual forma un extenso cinturón de unos 1 200 km², que de forma casi continua aflora en las proximidades de la costa nor-oriental de las provincias de Holguín y Quantánamo.

Desde el punto de vista petrológico el corte ofiolítico del cinturón Moa-Baracoa se caracteriza por un desarrollo significativo del complejo cumulativo, el cual está representado por diferentes variedades de ultramafitas serpentinizadas y gabroides tanto bandeados como masivos. Con este complejo se asocia además una fase filoneana tardía representada por enormes diques de gabro-pegmatitas, los cuales poseen un particular desarrollo en la cercanía de los yacimientos y manifestaciones de cromitas de la periferia septentrional del cinturón y en especial de los alrededores del yacimiento "Potosí".

Los restantes complejos del corte ofiolítico tienen un desarrollo muy limitado, aflorando por lo general en forma de bloques dentro de las zonas de melange o como escamas tectónicas independientes.

El cinturón ofiolítico Moa-Baracoa se caracteriza por una compleja constitución estructural y constituye un cuerpo alóctono, que en su porción meridional yace tectónica-

mente sobre las secuencias del arco insular volcánico Cretácico. Por esta razón este cinturón, como en otras regiones de Cuba, presenta una estructura nappe escamosa, que se acompaña de complejas dislocaciones plicativas y de numerosas fallas abruptas más tardías que lo dividen en diferentes bloques. Además el corte ofiolítico presente en los límites de este cinturón presenta algunos signos de inversión tectónica, siendo ocupados por las ultramafitas los niveles estructurales superiores.

Desde el punto de vista genético las ofiolitas del cinturón Moa-Baracoa formaron parte del basamento de un mar marginal que durante el Mesozoico ocupó cierto espacio entre el Arco Insular Volcánico Cretácico y el paleomargen pasivo del continente norteamericano.

La mineralización cromítica asociada a las ofiolitas del cinturón Moa-Baracoa es esencialmente del tipo refractario y se localiza en dos niveles principales: el relacionado con la zona de transición de los cúmulos ultramáficos y máficos y en la parte superior de los cúmulos máficos. Además se asocian pequeños cuerpos a los diques de gabro-pegmatitas, las cuales presentan inclusiones brechoides de cromitas que fueron arrastradas de horizontes más profundos. En estos diferentes niveles se han identificado fases y minerales del grupo del platino vinculados a sulfuros primarios de Fe, Ni y Cu.

ANÁLISIS DE LAS PARÁGENESIS DE LAS MENAS CROMIFERAS Y LOS MINERALES METÁLICOS

Espinelas Cromíferas: Entre las menas cromíferas del yacimiento "Potosí" se distinguen: menas masivas (las que predominan) bandeadas, nodulares y dispersinadas. Relacionadas con los diques de gabro-pegmatitas se manifiestan texturas masivas y brechosas, predominando estas últimas. Se determinó la composición química de las espinelas por microsonda electrónica (Microprobe Electron Analyses) de las que se distinguen:

Magnocromita: (Mg,Fe) Cr₂O₄
 Alumocromita: (Al,Fe) Cr₂O₄
 Cromopicotita: (Mg,Fe) (Cr,Al)₂O₄

En el análisis de la composición de las espinelas cromíferas se pudo comprobar un incremento de las cromopicotitas en las menas masivas del yacimiento "Potosí" (cromita-I), y un ligero incremento de la alumocromita en las espinelas brechoides (cromita-II) en los diques de gabro-pegmatitas. En las espinelas del yacimiento "Potosí" se localizan menas refractarias (Cr₂O₃ : 30-38 %) y menas metalúrgicas (Cr₂O₃ : 40-46 %); las menas brechoides de las gabro-pegmatitas manifiestan bajo contenido de Cr₂O₃ (26-30 %).

Los principales parámetros ópticos determinados en las menas cromíferas se relacionan a continuación:

Color: gris, gris claro.

Birreflexión: no se manifiesta.

Relación con la luz polarizada: isotrópica.

Reflejos internos: se manifiestan ocasionalmente sobre todo en los bordes de los agregados independientes, en inmersión son visibles: carmelita oscuro-carmelita rojizo oscuro.

Capacidad de reflejo: 10 % - 12 % ; variable, se incrementa con el aumento del Cr₂O₃.

Microdureza (VNH): valor medio calculado: 1 835 kg/mm².

Las estructuras más frecuentes se corresponden con las variedades de cristalización, entre ellas la variedad sideronítica es predominante en las cromitas diseminadas. Ocasionalmente se presentan estructuras de composición de soluciones sólidas, variedad de emulsión con el rutilo (TiO₂). En sentido general se manifiestan estructuras metamórficas fundamentalmente asociadas a procesos de dinamometamorfismo lo cual se observa en un intenso agrietamiento de los cristales y agregados cromíferos.

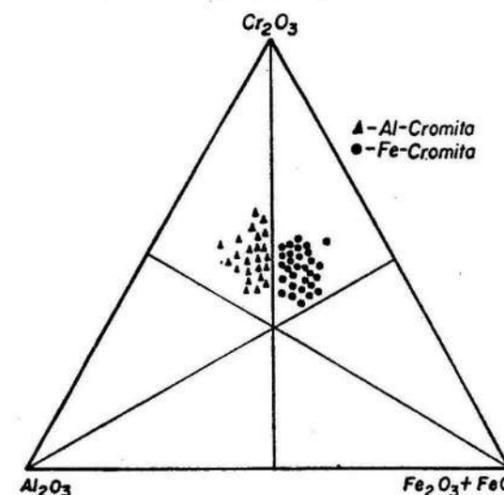


FIGURA 2. Representación gráfica de las menas cromíferas del yacimiento "Potosí".

TABLA 1. Resultados de los análisis de las menas cromíferas del yacimiento "Potosí", Moa, Holguín, Cuba. (Instituto de Geología de los Yacimientos Minerales, Geoquímica, Petrografía y Mineralogía de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú). (% en peso en óxidos). Electron micro probe analysis)

Muestra	FeO + Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	NiO	Total
P-36-a	18,40	44,94	-	0,27	12,81	23,37	0,08	99,87
P-36-b	18,66	42,45	0,54	0,31	14,56	23,14	0,11	99,77
P-36-c	18,99	42,62	0,44	0,24	14,08	23,43	0,10	99,90
P-36-d	18,89	41,14	0,58	0,12	14,56	24,58	0,15	100,02
P-40-2a	27,51	38,01	1,86	0,18	11,01	19,90	-	98,47
P-40-2b	26,25	38,73	1,64	0,18	10,94	20,62	-	98,36
P-40-2c	26,44	38,38	1,68	0,38	10,90	20,33	-	98,11
P-40-2d	27,61	37,78	1,20	0,32	11,49	20,21	-	98,61
P-40-2e	25,47	38,49	1,35	0,29	11,45	21,11	-	98,16
P-40-3	28,17	38,29	2,24	0,37	10,85	18,88	-	98,8
P-45-1-1	18,52	39,84	0,27	0,27	15,19	25,84	-	99,93
P-45-1-2	18,00	39,02	0,41	0,28	15,23	26,36	-	99,3
P-45-1-3	17,90	39,76	0,34	0,26	14,96	26,09	-	99,31
P-45-2-2	18,49	40,31	0,35	0,35	14,21	25,88	-	99,59

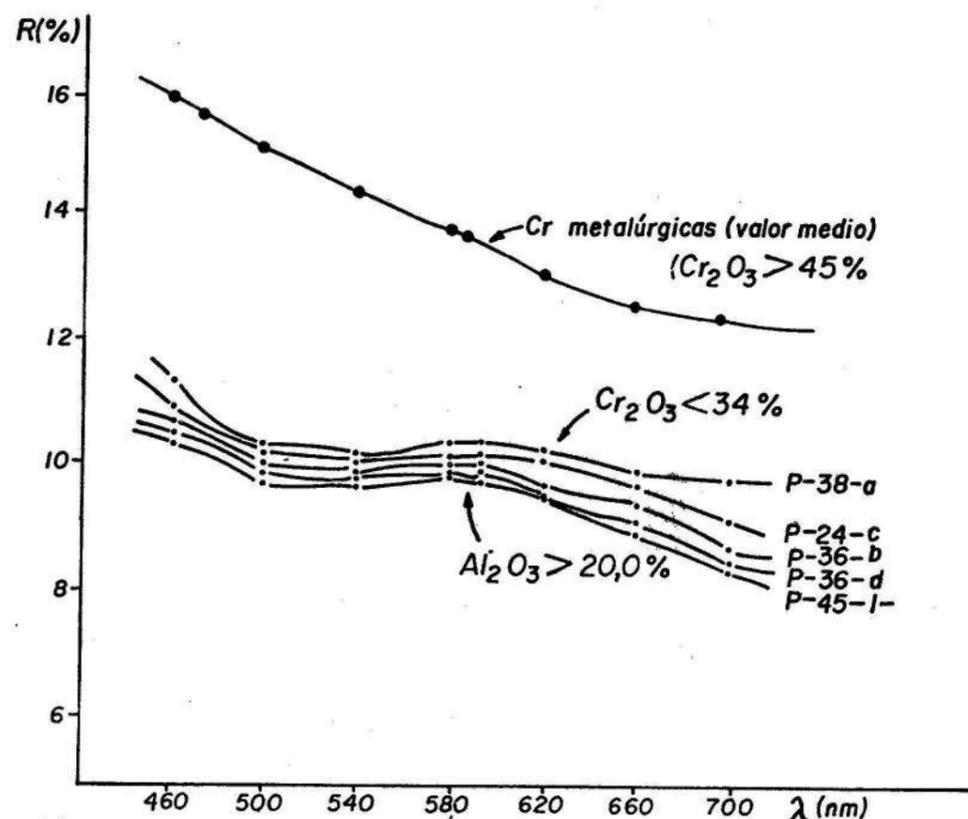
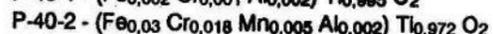
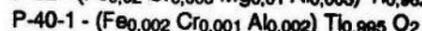


FIGURA 3. Comparación de las curvas de dispersión de la capacidad de reflejo de las menas refractarias, en relación con el valor medio obtenido para las menas metalúrgicas. Yacimiento "Potosí". Todas las mediciones referidas al Patrón Internacional de Silicio Puro (99,99 %); $\lambda = 486 \text{ nm}$, $R = 39,4 \%$; $\lambda = 551 \text{ nm}$, $R = 36,6 \%$; $\lambda = 589 \text{ nm}$, $R = 35,2 \%$ y $\lambda = 656 \text{ nm}$, $R = 34,0 \%$ (Microscopio AMPLIVAL - Pol u - Microespectrofotómetro ocular MFV-4001).

Rutilo: En la formación de las menas cromíferas del yacimiento "Potosí" y durante el estadio protomagmático se formaron cristales idiomórficos aciculares de rutilo (TiO_2); reportándose aquí como rutilo I y el rutilo II en cristales subredondeados en las grietas de las cromitas. El rutilo I se manifiesta en forma prismática con cristales que varían desde $45\text{-}50 \mu\text{m}$ hasta $2,6 \text{ mm}$, casi nunca se presenta en forma xenomórfica. En algunas secciones pulidas se pudieron identificar finísimas agujas de rutilo I dispersas en la masa de las espinelas cromíferas sin orientación predominante; las dimensiones de estas agujas son de $1\text{-}10 \mu\text{m}$ de longitud. De acuerdo con el análisis realizado el rutilo I se segregó y cristalizó en el fundido cromítico y el rutilo II como una fase posterior durante el proceso de diferenciación cristalizando en los sistemas de grietas.

El rutilo (I-II) se identificó a través de microscopía de menas y del análisis de microsonda electrónica (tabla 2) (fotografías B, C, D y E).

Fórmulas cristaloquímicas:



De los análisis de microscopía de menas en el rutilo se tienen los siguientes parámetros:

Color: gris claro (se destaca bien en el seno de las espinelas cromíferas).

Birreflexión: no se manifiesta.

Relación con la luz polarizada: anisotrópico (enmascarado por el efecto de los reflejos internos).

TABLA 2. Resultados de los análisis de rutilo (I-II) en espinelas cromíferas del yacimiento "Potosí".

Muestra	FeO+Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	Total
P-32	1,40	0,75	96,25	-	0,40	0,35	99,15
P-40-1	0,19	0,27	99,21	-	-	0,21	99,88
P-40-2	0,21	2,62	96,62	0,38	-	0,19	100,2

Reflejos internos: bien definidos (rojos, naranjas, amarillos).

Microdureza: valor medio $\text{VHN}_{100} = 1\ 276,43 - (916,18; 1\ 854,10)$. (Tabla No.3).

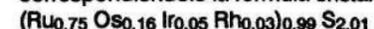
TABLA 3. Resultados de los análisis de microdureza de diferentes minerales metálicos en las paragénesis de las menas cromíferas del yacimiento "Potosí". (Microdurómetro PMT-3 Lomo, San Petersburg; $x' t = 15$ segundos; $P = 100 \text{ gr}$)-VHN- Kg/mm² muestras: (PS-6; PS-10; PS-12; PS-18; PS-24a; PS-36a,b; PS-38e; PS-41a; PS-43a,b)

No. de Ensayos	Pirrotina (Fe _{1,5} S) VHN	Rutilo TiO ₂ VHN	Pentlandita (Fe,Ni) ₉ Se ₈ VHN	Espinelas Cromíferas (Fe,Mg)(Fe,Al,Cr) ₂ O ₄ VHN	Pirita Fe S ₂ VHN
1	291,96	1854,10	218,21	1893,41	1193,67
2	372,42	1236,62	253,84	1765,36	1014,27
3	359,41	1324,25	240,25	1924,50	1154,21
4	353,70	1328,64	211,06	1871,55	1206,43
5	351,34	1434,62	246,18	1798,24	1178,25
6	360,10	916,8	206,24	1786,52	1056,93
7	355,81	1084,35	254,21	1876,11	1179,23
8	328,75	1185,62	219,53	1852,16	1194,23
9	294,96	976,18	215,94	1759,55	1024,41
10	350,55	1423,77	227,48	1827,44	1118,64
Valor Medio:	339,90	1276,43	229,29	1835,48	1132,02
Intervalo más frecuente:	(230-390)	(933-1280)	(202-203)	(1036-2000)	(913-1524)
Desviación Standard	26,3	231,71	17,0	53,9	70,23

Laurita-Erichmanita: La identificación de una fase del grupo del platino en las menas cromíferas del yacimiento "Potosí" constituye un elemento de extraordinaria importancia desde el punto de vista mineralógico y metalogénico. Se identificaron las series isomórficas del sulfuro de rutenio al sulfuro de osmio ($\text{RuS}_2 - \text{OsS}_2$); lo que se corresponde con la laurita-erlichmanita. La serie fue identificada en las menas cromíferas, localizándose además en los sulfuros primarios calcopirita-pirrotina-pentlandita en los sistemas de microgrietas de las espinelas cromíferas. Las dimensiones de los granos varían entre los $8\text{-}12 \mu\text{m}$. En la muestra PS-24 correspondiente a las menas masivas del yacimiento "Potosí" se obtuvo el siguiente resultado de la microsonda electrónica:

Ru	Os	Ir	Rh	S	Total
41,22 %	16,42 %	5,60 %	1,49 %	35,26 %	99,99 %

correspondiéndole la fórmula cristaloquímica:



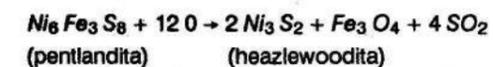
El análisis se realizó según las siguientes condiciones del haz de electrones: 2 Os L α 1; 3 Ir L α 1; 4 Ru L α 1; 1 S K α 1; 6 Ca K α 1; 7 K K α 1; 8 Fe K α 1 y 9 Cr K α 1

El análisis correspondiente a la espinela cromífera de la muestra anterior en puntos muy próximos a la laurita-erlichmanita la sitúan entre una cromita-magnocromita, según los datos siguientes (% en peso):

Muestras	FeO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	Total
PS-24-a	13,11	40,87	0,14	0,26	17,21	-	99,23
PS-24-b	14,38	41,04	0,13	0,22	16,99	-	100,0

La formación de esta paragénesis nos sugiere un alto valor de la fugacidad del azufre en conjugación con altos rangos de temperatura, correspondientes a los estadios iniciales del proceso de diferenciación magmática de las litologías ultrabásicas del complejo ofiolítico.

La serie laurita-erlichmanita se localizó en los sulfuros primarios magmáticos en contacto con pentlandita y heazlewoodita, lo cual puede explicarse por la existencia primero de la paragénesis: espinela cromífera-pentlandita-laurita-erlichmanita. Posteriormente, durante los procesos de serpentinización de las ultramafitas, se oxidó la pentlandita según la concepción de P. Ramdohr:



formándose la heazlewoodita y se mantuvieron inalteradas las fases de la serie laurita-erlichmanita.

Heazlewoodita: En esta paragénesis la heazlewoodita se desarrolló durante el proceso de serpentinización, siendo identificada por microscopía de menas y por microsonda electrónica (Electron Microprobe Analyses).

Se determinaron los parámetros ópticos y físicos de la heazlewoodita.

Color: amarillo a amarillo crema.

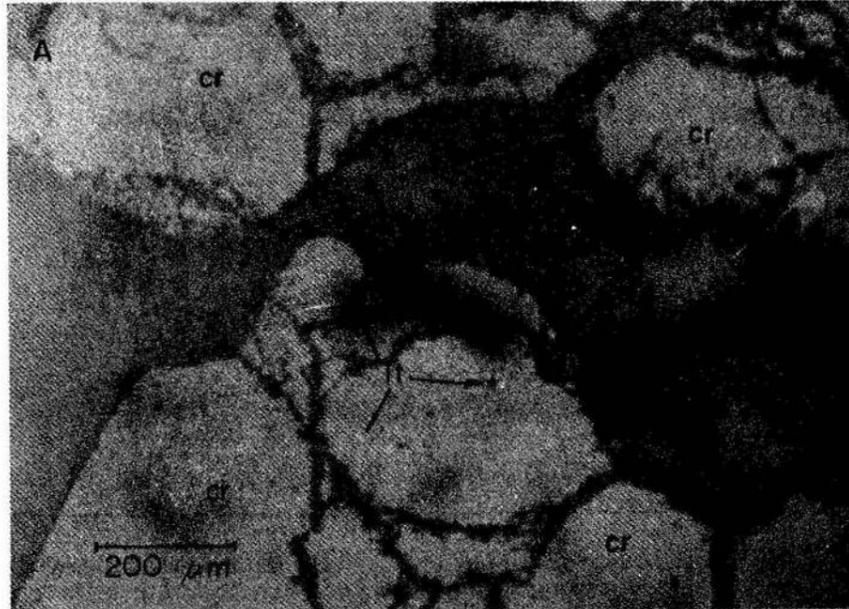
Birreflexión: débil, algunas veces no visible; mejor en inmersión.

Anisotropía: se manifiesta fuertemente con cambios de coloración que van desde el violeta claro al violeta oscuro; verde pálido al verde oscuro.

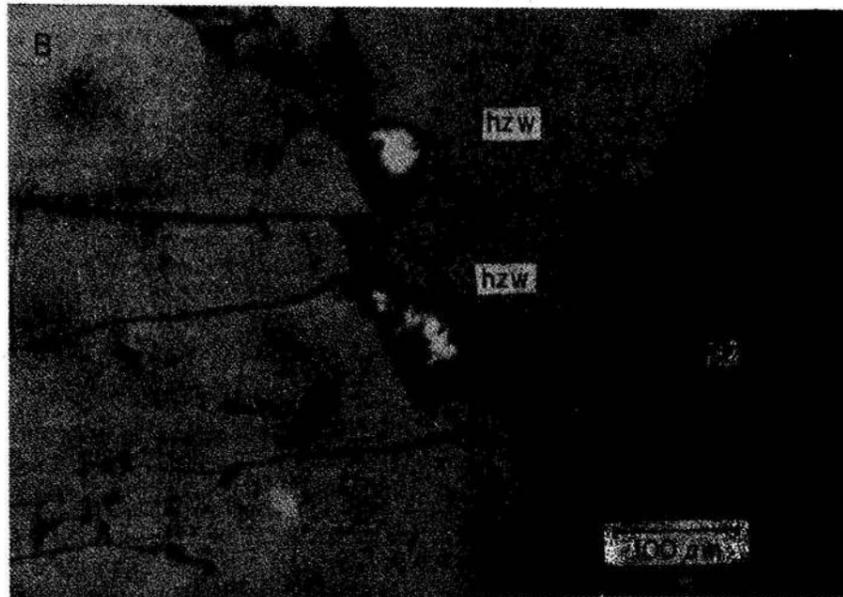
Reflejos internos: no presenta.

Microdureza VHN₁₀₀: 267,45 kg/mm²; 296,28 kg/mm² y 38,15 kg/mm².

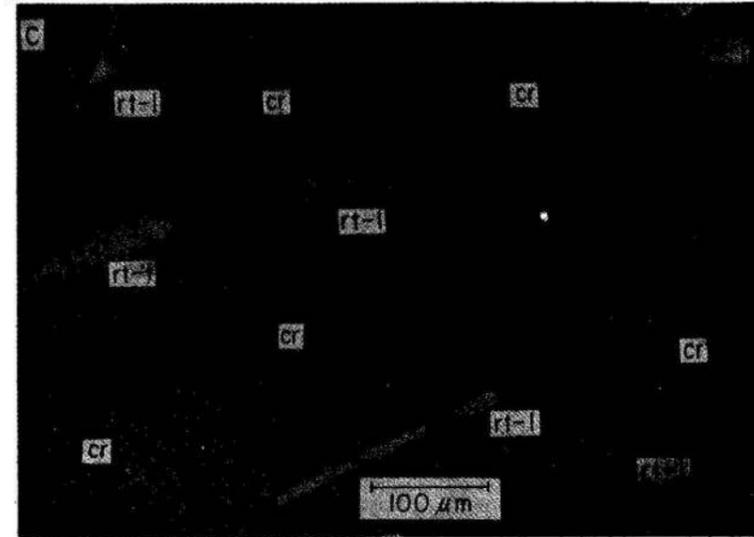
Del análisis de la microsonda electrónica se reportó la siguiente composición química (% en peso): Fe - 0,19; Cu - 0,16; Ni - 72,28; S - 27,0; suma - 99,82; correspondiéndole la fórmula cristaloquímica:



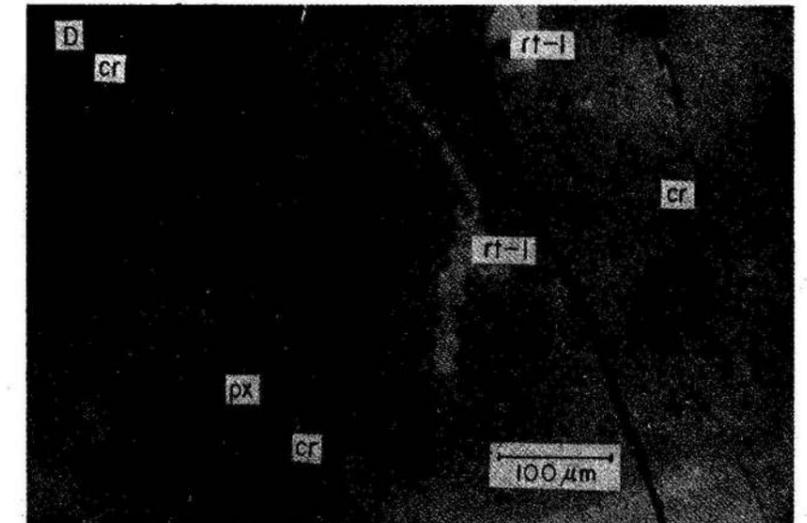
A. Microfotografía. Muestra PS-22 c. Cristales y granos de la serie laurita-erlichmanita en espinelas cromíferas (Cr); st - silicato estéril; lt - laurita-erlichmanita; luz reflejada sin nicoles cruzados; en aire. (JENAPOL - U).



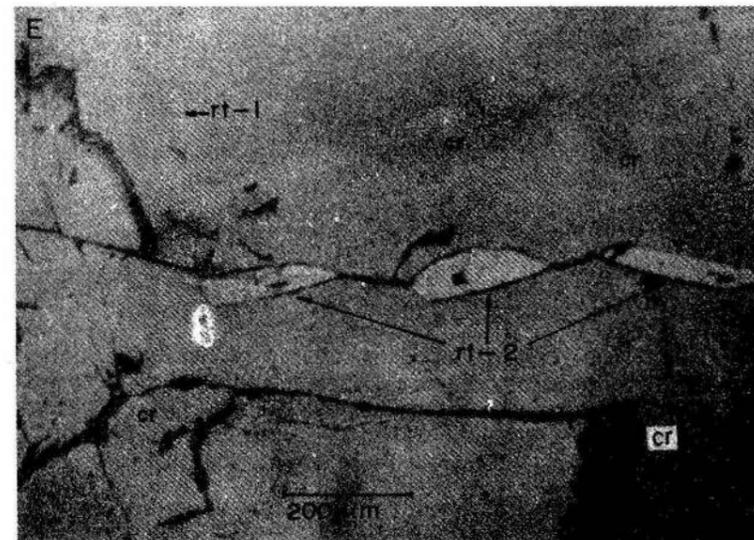
B. Microfotografía. Muestra PS-1 a. Granos de heazlewoodita (hzw) en espinelas cromíferas (Cr) muy agrietadas; se observa un grano de rutilo I (rt-1). Luz reflejada, en aire, sin nicoles cruzados. (JENAPOL - U).



C. Microfotografía. Muestra PS-6a; donde se presentan cristales idiomórficos de rutilo I (rt-1) en el seno de las espinelas cromíferas (Cr). Obsérvese que las grietas son posteriores. Luz reflejada, en aire, con nicoles cruzados.



D. Microfotografía. Muestra PS-8 b. Segregación xenomórfica de rutilo I (rt-1) en las masas de las espinelas cromíferas (Cr); px - piroxeno. Luz reflejada, en aire, con nicoles cruzados. (JENAPOL).



E. Microfotografía. Muestra PS-18. Cristales en grieta de rutilo II (rt-2); cr - espinelas cromíferas, rt-1 - rutilo I. Luz reflejada, en aire, nicoles cruzados (JENAPOL - U).

Sulfuros Primarios: Bajo esta denominación hemos incluido los sulfuros típicos de paragénesis de licuación en las menas de génesis magmática: pirrotina - pentlandita (I) - calcopirita - pirita; las cuales rellenan los sistemas de microgrietas de las espinelas cromíferas del yacimiento "Potosí". Se detectó una yacencia similar en el Distrito Kristna Andhra Pradesh en la India (Krishna Rao, 1964).

La pirrotina en esta paragénesis es el sulfuro más abundante, se identificó por microscopía, siendo sus principales parámetros:

Color: crema con tonalidades rosadas.

Birreflexión: se observa con variaciones al crema.

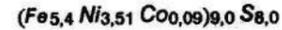
Relación con la luz polarizada: muy anisotrópico con tonalidades típicas.

Reflejos internos: no presenta.

Microdureza (VHN): valor medio calculado, $VNH_{100} = 339,90 [291,96 ; 372,42] \text{ kg/mm}^2$ (Tabla 3).

La pentlandita (I), como se analizó anteriormente, es portadora de las fases platiníferas de la serie laurita-erlichmá-nita en paragénesis con la heazlewoodita. En este caso la pentlandita (I) presenta intercrecimientos con la pirrotina en los sistemas de grietas de las espinelas antes menciona-

das, y es formación posterior a las espinelas cromíferas. La pentlandita (I) presenta altos contenidos de Fe, tal como lo sugiere la siguiente fórmula cristaloquímica:



Además se ha identificado pentlandita (II) en asociaciones con piroxenos-plagioclasas y en espinelas cromíferas brechoides en los diques de gabro-pegmatitas las cuales cortan a las menas del yacimiento "Potosí" (Thayer, T.P., 1940) y a las rocas ultrabásicas colindantes al yacimiento "Potosí". La pentlandita (II) se presenta en cristales idiomórficos en los diques de gabro-pegmatitas con dimensiones hasta de 1 cm. En la pentlandita (II) se localiza además la presencia de heazlewoodita, mackinavita y en menor grado pirita. La pentlandita (II) identificada por microscopía de menas presenta los siguientes parámetros:

Color: crema a blancuzco.

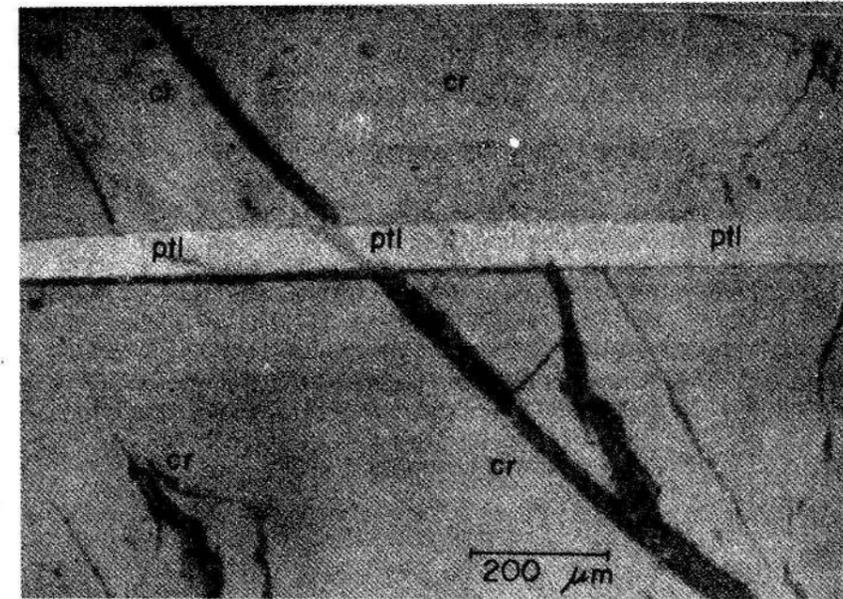
Birreflexión: no se manifiesta.

Relación con la luz polarizada: isotrópica.

Microdureza (VHN): valor medio calculado: $VNH_{100} = 229,29 \text{ kg/mm}^2 (26,24 - 254,21) \text{ kg/mm}^2$.

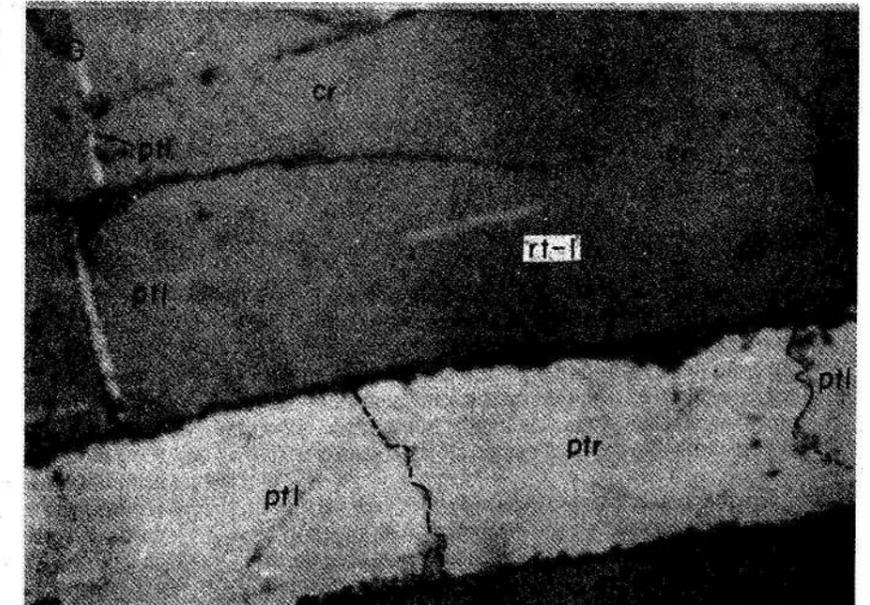


F. Microfotografía. Muestra PS-6-a. Pirrotina (pr) relleno de microgrietas en las espinelas cromíferas (cr). Luz reflejada, en aire, sin nicoles cruzados (JENAPOL-U).



G. Microfotografía. Muestra PS-10. Pirrotina (pr) entre pentlandita (pt) en las espinelas cromíferas (cr). Se observa además un cristal de rutilo (r) paralelo a la microgrieta. Luz reflejada; en aire, sin nicoles cruzados (JENAPOL-U).

H. Microfotografía. Muestra PS-9. Pentlandita (pt) de formación posterior a las espinelas cromíferas (cr). Luz reflejada; en aire, sin nicoles cruzados (JENAPOL-U).



En una muestra se identificó una descomposición sólida (emulsión) entre la pentlandita (II) y pirrotina; esta última en forma de finísimas incrustaciones esferoides (diámetros de 3, 5, 6 μm). El resto de los sulfuros, calcopirita, pirita y mackinavita, están subordinados a la pirrotina y a la pentlandita; presentándose en agregados xenomórficos; también se han localizado pequeños cristales de magnetita (de 5-14 μm de diámetro) en las espinelas cromíferas pero en las muestras analizadas apenas se han presentado.

Debido a la comunidad de origen de la pirrotina-pentlandita y el resto de los sulfuros primarios asociados a los primeros segregados magmáticos en los complejos gabroides y su localización en las espinelas cromíferas en sus sistemas de grietas y microgrietas y además en los diques cortantes de gabro-pegmatitas, nos sugiere evidentemente, una formación posterior al emplazamiento del complejo ofiolítico y a las menas cromíferas en forma de inyección de los sulfuros primarios.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis de la composición mineralógica de las espinelas cromíferas del yacimiento "Potosí" podemos concluir:

1. En las menas cromíferas se distinguen las paragénesis minerales siguientes:

Paragénesis A:

Cromita - (I)	- cristales idiomórficos (aciculares).
Rutilo - (I)	- descomposición de solución sólida.
Rutilo - (II)	- cristales xenomórficos en microgrietas.

Paragénesis B:

B-1	Cromita-magnocromita	- (Cromita-I).
	Laurita-erlichmanita	- (Independiente en las espinelas cromíferas).
B-2	Alumo-cromo-picotita	- (Cromita-I).
	Pentlandita - (I)	
	Pirrotina	(Todos los sulfuros en sistemas de grietas y microgrietas).
	Calcopirita	
	Pirita	
	Laurita-erlichmanita	

Paragénesis C:

Cromita (I)
Pentlandita (I)
Laurita-erlichmanita
Heazlewoodita
Mackinavita

Paragénesis D:

Cromita (II) (brechoide)	- en diques de gabro-pegmatitas.
Pentlandita (II)	
Plagioclasa	
Minerales serpentiniticos	
Piroxenos	
Uvarovita	

- El rutilo (I) - (II) en la paragénesis (A) se diferencia espacial y temporalmente de las espinelas cromíferas, el rutilo (I) es idiomórfico y acicular y también en descomposición de solución sólida en las espinelas cromíferas; el rutilo (II), xenomórfico y subredondeado en los sistemas de microgrietas de las espinelas cromíferas.
- La presencia en la paragénesis (B) de la serie laurita-erlichmanita nos sugiere una segregación en los estadios iniciales de la diferenciación magmática durante los procesos de cristalización de las espinelas cromíferas, bajo condiciones de elevadas temperaturas y altos valores de la fugacidad del azufre.
- La heazlewoodita asociada a las espinelas cromíferas, se formó por procesos de oxidación de la pentlandita (II); durante la serpentización de los complejos litológicos de las ofiolitas.
- Las paragénesis (B-2) y (D) con la presencia de sulfuros magmáticos y su yacencia en los sistemas de grietas de las espinelas cromíferas y en los diques de gabro-pegmatitas, nos sugiere un proceso magmático en profundidad más joven que todas las formaciones del complejo ofiolítico y de la mineralización cromífera a ella vinculada. Esta actividad magmática posterior al emplazamiento de las ofiolitas tiene manifestaciones en otras áreas y yacimientos de la región, actualmente en estudio.
- La existencia de las paragénesis minerales asociadas a las menas cromíferas recomienda un estudio detallado de la composición mineralógica de las menas del yacimiento "Potosí", cuando se reinicie su exploración y explotación; así mismo se recomienda un análisis profundo de la yacencia, petrología y mineralogía de los diques de gabro-pegmatitas y sus relaciones con las diferentes litologías del complejo ultramáfico de la región Moa-Baracoa.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todos los que de una forma u otra han contribuido a la ejecución del presente trabajo; en especial al Dr. V.V. Distherpor sus recomendaciones y los resultados de los servicios de la microsonda electrónica realizados en el Instituto de Geología de los Yacimientos Minerales, Geoquímica, Petrología y Mineralogía de la

Academia de Ciencias de Moscú; al Profesor Dr. Manfred Wolf por sus sugerencias, recomendaciones y los servicios de Microscopía de Menas de la Academia de Minas de

Freiberg, Alemania; al Dr. Gerardo Orozco Melgar por la lectura del manuscrito y sus sugerencias y a la Ing. Bárbara Fuentes Herrera por el mecanografiado del manuscrito.

REFERENCIAS

- BLISS, N.W. and W.H. MACIEAN: "The Paragenesis of Zoned chromite from Central Manitoba", *Geochim. et Cosmochim. Acta*, V. 39, pp. 973-990, 1975.
- BUNCH, T.E. and L.H. FUNCHS: "A New Mineral: Buzinaite Cr S at the Tucson Meteorite", *American Mineralogist*, V. 54, p. 1509, 1969.
- CABRI, L.J.: "Platinum-Group Elements: Mineralogy, Geology", Recovery, 1981.
- Ed. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Ottawa, Ontario, CIM Special Volume 23.
- CAMERON, E.N. and G.A. DESBOROUGH: "Origin of Certain Magnetite Bearing Pegmatites in the Eastern Part of the Bushveld Complex, South Africa", *Economic Geology*, V. 77, pp. 197-225, 1964.
- CAMERON, E.N.: "Unusual Titanian-Chromian Spinel from the Eastern Bushveld Complex", *American Mineralogist*, V. 58, pp. 172-188, 1973.
- CHAMBERLAIN, J.A. and R.N. DELABIO: "Mackinawite and Vallerite in the Muskox Intrusion", *American Mineralogist*, V. 5, pp. 682-695, 1965.
- CHRISTIAN, H.M. and D. JOHAN: "The Platinum-Group Chemistry and Mineralogy of the UG-2 Chromitite Layer of the Bushveld Complex", *Economic Geology*, V. 77, pp. 1348-1366, 1982.
- DESBOROUGH, G.A.; J.J. FINNEY and B.F. LEONARD: "Phase Relations of Pyrrhotite", *Economic Geology*, V. 6, pp. 1431-1450, 1965.
- HAWLEY, J.E. and V.A. HOW: "Intergrowths of Pentlandite and Pyrrhotite", *Economic Geology*, V. 52, pp. 132-139, 1957.
- JOHNSTON, W.D.: "Nodular Orbicular and Banded Chromite in Northern California", *Economic Geology*, V. 31, pp. 417-427, 1936.
- KENAREV, V.V.: "Características mineralógicas del yacimiento Potosí, Cuba", *Revista Tecnológica*, V. 14, No. 3, La Habana, 1966.
- KRACHENKO, G.G. y O. SANTANA: "Estructura y perspectiva cromíferas en algunas regiones de los macizos ultrabásicos de Cuba", 1984.
- KRAUSS, J.: Informe operativo con el cálculo de reserva de los yacimientos de "Cayo Guam", "Cromita", "Potosí" y "Deldo I", 1970.
- KRISHNA RAO, J.S.R.: "Chromite from Kondapalle, Krishna District Andhra Pradesh, India", *Economic Geology*, V. 59, pp. 678-683, 1964.
- LEONARD, B.; G. DESBOROUGH and N.J. PAGE: "Ore Microscopy and Chemical Compositions of Some Laurites", *American Mineralogist*, V. 54, pp. 1330-1346, 1969.
- MURASHKO, V. y LARIONOV: Informe sobre los resultados de los trabajos de revisión y evaluación de búsqueda para las cromitas metalúrgicas en la provincia de Oriente, C.N.F.G. Inv. Ciudad de la Habana, 1967.
- OHNSTETTER, D. et al.: "Cryptic Compositional Variation in Laurite and Enclosing Chromite from the Bird River Sill, Manitoba", *Economic Geology*, V. 81, pp. 1159-1168, 1981.
- PAGE, N.G.; D. CASSARD and J. HAFFTY: "Palladium, Platinum, Rhodium, Ruthenium and Iridium in Chromitites from the Massif du Sud Tiébaghi Massif, New Caledonia", *Economic Geology*, V. 77, pp. 1571-1777, 1982.
- PEYERL, W.: "The influence of the Driekop Dunite Pipe on the Platinum-Group Mineralogy of the UG-2 Chromite in its Vicinity", *Economic Geology*, V. 77, pp. 1432-1438, 1982.
- RAMDOHR, P.: *The Ore Minerals and their Intergrowths*, 2nd. edn., Oxford, 2 Vols. 1205 p, Pergamon Press, 1980.
- SEMENOV, Y.L.: "Yacimientos cromíticos de Cuba", *Revista Tecnológica*, nros. 3 y 4, La Habana, 1968.
- SNETSINGER, K.G.: "Erlichmanite, OsS, a New Mineral", *American Mineralogist*, V. 56, p. 1501, 1971.
- STOCKMAN, H.W. and P.F. HLAVA: "Platinum-Group Minerals in Alpine Chromitites from Southwestern Oregon", *Economic Geology*, V. 79, pp. 491-508, 1984.
- TALKINTON, R.W. and B.R. LIPIN: "Platinum-Group Minerals in Chromites Seams of the Stillwater Complex, Montana", *Economic Geology*, V. 81, pp. 1179-1186, 1986.
- THALHAMMER, O.A.R. and E.F. STUMPFL: "Platinum-Group Minerals from Hochgrössen Ultramafic Massif, Sytria: First Reported Occurrence of PGM in Austria, Institution of Mining and Metallurgy, 1988.
- THAYER, P.T.: "Chrome Resources of Cuba. U.S. Geological Survey, Bulletin 935, pp. 1-74, 1941-42.