

# ESTUDIO MINERALÓGICO DE CROMITITAS DE LA MINA “VICTORIA I”, CAMAGÜEY, CUBA



## CROMITITE MINERALOGICAL STUDY OF “VICTORIA I” MINE, CAMAGÜEY, CUBA

<http://opn.to/a/BxyDU>

Alfonso Chang Rodríguez<sup>1</sup>, Ileana Cabrera Díaz<sup>2</sup>, Carlos A. Toledo Sánchez<sup>2</sup>,  
Roxana Trueba<sup>2</sup>

**RESUMEN:** Esta investigación de caracterización mineralógica tiene como objetivo fundamental la identificación de los minerales presentes en 4 muestras de la zona de explotación del yacimiento Victoria I, incluyendo la búsqueda de metales preciosos. Para el estudio granulométrico se utilizaron 8 tamices. Para los Análisis Químicos se empleó un Espectrómetro de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES) modelo Spectroflame. Los difractogramas se realizaron por el método de polvos, en un equipo marca PANalytical, serie PW-3064. Los termogramas simultáneos CDB-TG-D1TG, se obtuvieron en un equipo modelo STA 449 F3. Las características mineralógicas se observaron en la lupa binocular MEIJI y las imágenes y espectros realizados se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido marca TESCAN, modelo 5130 SB y un analizador de rayos X de la marca OXFORD INSTRUMENTS modelo INCA 350. Por los resultados de ATD y mineralogía se establecieron las fases mayoritarias (espinelas cromíferas, óxidos de hierro, cuarzo y serpentinas) y minerales de alteración (el feldespato, la clorita, brucita, micas, calcita). En los estudios realizados por MEB se pudo observar la presencia de oro nativo y plata, así como minerales de níquel (hislevudita y pentlandita).

**Palabras clave:** Mineralogía, cromititas, Victoria I, Camagüey.

**ABSTRACT:** The main objective of present work is the mineralogical identification of the cromitites mine Victoria I, including precious metals. The four samples were prepared for granulometric analysis. The mineralogical characterization of the cromite ores requires the use of analytical methods and instrumental techniques as they are: chemical analysis of majority elements by ICP-AES Spectroflame model of the Germany SPECTRO firm; qualitative phase analysis by X-ray powder diffraction (XRD) using PANalytical equipment PW-3064 serie. The CDB-TG-D1TG termograms were obtained by equipment of Germany NETZSCH firm STA 449 F3 model. It was also carried out studies of detailed optic microscopy MEIJI with digital camera SONY and scanning electron microscopy (SEM) TESCAN, 5130 SB model and energy dispersive X-ray microanalysis (EDS) OXFORD INSTRUMENT, INCA 350 model. Were stablished majority phases (cromite spinels, iron oxides, quartz and serpentines) and alteration minerals (feldespars, chlorites, brucite, muscovite, calcite). The results of SEM show the presence of native gold, silver and nickel minerals (hislevudite and pentlandite).

**Keywords:** Mineralogy, cromitites, Victoria I, Camagüey.

---

Recibido: 01/10/2018

Aprobado en su forma original: 05/11/2018

<sup>1</sup>Empresa Geominera Camagüey (EGMC), Carretera Central Este Km. 5 ½, Camagüey, Cuba.  
CP-70600 Correo electrónico: [alfonsochr@geocmg.minem.cu](mailto:alfonsochr@geocmg.minem.cu)

<sup>2</sup>Centro Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica, CIPIMM, Carretera Varona No.12028,  
km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 10800, [gerardo@cipimm.minem.cu](mailto:gerardo@cipimm.minem.cu)

## INTRODUCCIÓN

En la década del 40 del siglo pasado se realizaron extracciones y exportaciones de cromo de la provincia de Camagüey por compañías norteamericanas. El volumen extraído fue superior a 1 000 000 t. Se conocen más de 300 yacimientos y manifestaciones, con distintos grados de estudio, con un volumen de recursos geológicos superior a 1 300 000 t de mineral de cromitas.

El yacimiento cromítico podiforme Victoria I se localiza a 30 km al NE de la ciudad Camagüey, a 40 km del puerto de Nuevitas. Ver [figura 1](#).

El yacimiento está vinculado con el nivel cumulativo del complejo ofiolítico ([Henares et al., 2010](#)). Las rocas encajantes de las menas están representadas por serpentinitas peridotíticas y duníticas. Los dos cuerpos minerales tienen un buzamiento hacia el SW. El mineral yace entre 76 y 5 metros sobre el nivel medio del mar. Según el conocimiento actual, el cuerpo mineral original era podiforme y fue partido por movimientos tectónicos.

El presente trabajo de caracterización mineralógica tiene como objetivo fundamental la identificación de los minerales presentes en 4 muestras de la zona de explotación del yacimiento Victoria I, incluyendo la búsqueda de metales preciosos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo

Cantidad de muestras: 4

- M-20 Cromo Rajón, Tomada en la Banda Transportadora de clasificación manual de la Planta,
- F-1 Arena de Cromita, Tomada en el Lateral Noreste del Depósito de Arena,
- F-2 Arena de Cromita, Tomada en el Lateral Sur del Depósito de Arena,
- F-PC Arena de Cromita, Tomada en la Entrada de la Presa de Colas

### Equipamiento utilizado y parámetros de operación seleccionados

#### *Análisis Químico*

Se emplearon los métodos de disolución ácida y fusión con metaborato de litio para la preparación de las muestras.

Se empleó un Espectrómetro de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES) modelo Spectroflame de la firma SPECTRO de Alemania con las características o parámetros instrumentales que aparecen a continuación:

#### **Ópticas**

- 128 canales analíticos
- 5 sistemas ópticos



Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio.

- Montaje Paschen - Runge
- Diámetro del círculo de Rowland de 750 mm
- Red holográfica de Zerodur

### Monocromador

- Acceso directo a longitudes de onda
- 4 ranuras de entrada con obturadores conectados mediante fibra óptica a la fuente de luz
- Segmento móvil con 6 ranuras de salida y fotomultiplicadores

### Generador

- Potencia máxima de 2,5 kW
- Rutina automática de encendido del plasma estabilizado en potencia
- Frecuencia 27,12 MHz

#### Análisis granulométrico

Las muestras se molieron por debajo de 2 mm, se homogenizó y cuarteó tomándose 2 porciones, una para el análisis granulométrico y la segunda para moler por debajo de 0.074 mm para las

determinaciones de ATD, MEB y AQ. Para el estudio granulométrico se utilizaron 8 tamices.

#### Difracción de RX

Los difractogramas se realizaron por el método de polvos, en un equipo marca PANalytical, serie PW-3064, con los siguientes parámetros instrumentales de operación:

Para la interpretación se trabajó con el software X'Pert HighScore de PANalytical.

#### Análisis térmico Diferencial

Los termogramas simultáneos CDB-TG-DITG, se obtuvieron en un equipo de la firma alemana NETZSCH, modelo STA 449 F3, utilizándose para ello los siguientes parámetros instrumentales de operación:

#### Mineralógico

Las características mineralógicas se observaron en la lupa binocular MEIJI con cámara digital SONY.

#### Microscopía Electrónica de Barrido con Analizador de Rayos X.

Las imágenes y espectros realizados se obtuvieron mediante el empleo de un

Goniómetro	Vertical
Sistema de focalización	Bragg-Brentano
Radiación $K\alpha$	Cu (1,54060 Å)
Filtros	Ni
Diferencia de potencial aplicada	45 kV
Corriente anódica	40 mA
La calibración del equipo se chequea con patrón externo	Silicio
Registro angular	4-800 (2 $\theta$ )
Porta muestra giratorio	

Régimen de calentamiento	Dinámico
Masa de muestra	Se consigna en los termogramas
Masa del material de referencia ( $\alpha$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Se consigna en los termogramas
Tipo de crisoles	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (tamaño estándar)
Material del horno	SiC (T.amb. - 1500 °C)
Gas utilizado en la cámara de calentamiento	Aire
Flujo del gas protector de la termobalanza	20.0 ml/min (Ar)
Velocidad de calentamiento	10.0 K /min
Sensibilidad de la termobalanza	0.001 g - 35.0 g
Sensibilidad de las curvas DSC y TG	-0.001 - 5000 $\mu$ V/mg
Tiempo total de medición	1h 37 min 10 s
Rango de temperatura de trabajo	28 -1000 °C

	La microscopía
Detectores	De electrones secundarios y retrodispersados
Voltaje de aceleración	20 kV
Distancia de trabajo	23 mm
Corriente del haz	En posición 8
Inclinación de platina	0 grados
	El microanálisis
Tiempo de procesamiento	PT 5
Tiempo de adquisición	60 s (tiempo vivo)
Área barrida	Rectangular, inscrita

microscopio marca TESCAN, modelo 5130 SB y un analizador de rayos X de la marca OXFORD INSTRUMENTS modelo INCA 350, se trabajó bajo las condiciones siguientes:

Las imágenes de microscopía electrónica se procesaron mediante el software VEGA TC versión 1 y los microanálisis de rayos X mediante el software INCA ENERGY. Para las identificaciones de fases minerales se utilizó la información acumulada con el uso de estas técnicas sobre la base de minerales conocidos y la suministrada por las listas de minerales de la IMA, de acceso libre en INTERNET.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis Químicos

Los resultados del análisis químico a 4 muestras de la planta se pueden ver en la [Tabla 1](#).

### Análisis de Difracción de RX

En la [fig. 2](#) se exhibe el difractograma de la muestra F-2 ejemplificando cómo están constituidos estos materiales. Resalta como fase mayoritaria la espinela cuyos máximos se asemejan más a la variedad  $MgAl_2O_3$  aunque es de esperar que existan sustituciones isomórficas de otros metales como es el Cr y el Fe. Las otras fases en mayor contenido resultaron ser Clorita y Serpentina en bajos contenidos; y el par Calcita - Brucita como fases minoritarias de muy bajo

contenido. Los termogramas del análisis térmico corroboran lo mencionado ([Cabrera et al., 2018](#)).

### Termogramas

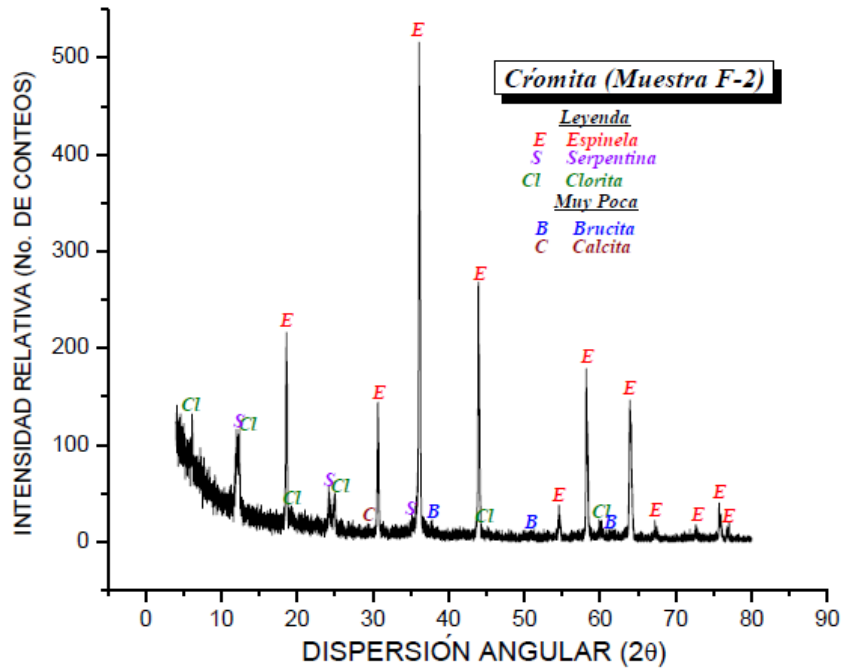
Como indica la difracción de rayos X estamos en presencia de muestras con un alto contenido de óxidos por la baja pérdida de peso total, Sobre todo en la muestra M-20 donde solo se pierde un 1% del peso total de la muestra. Adicionalmente a la espinela cromífera podemos encontrar las señales de Clorita, Serpentina en bajas cantidades y se puede encontrar también muy baja concentración de brucita y goethita (o hidróxidos). La calcita aparece solamente en la muestra F-2. La [tabla 2](#) contiene las concentraciones másicas de las fases encontradas en las muestras, el termograma de la muestra F-1 se pueden ver en la [figura 3](#).

#### Fracciones Finas

A través del análisis a las fracciones finas de las mismas muestras se advierte como aspecto general el incremento de la señal correspondiente a la pérdida de masa de carbonato de calcio (Calcita) en todas las muestras. El resto de las fases mineralógicas se mantienen con similar proporción másica. Se aprecia también una baja pérdida de peso total lo que indica la elevada presencia de óxidos en las muestras [ver termograma 4](#). A continuación se presenta el termograma de la fracción fina de la muestra F-1.

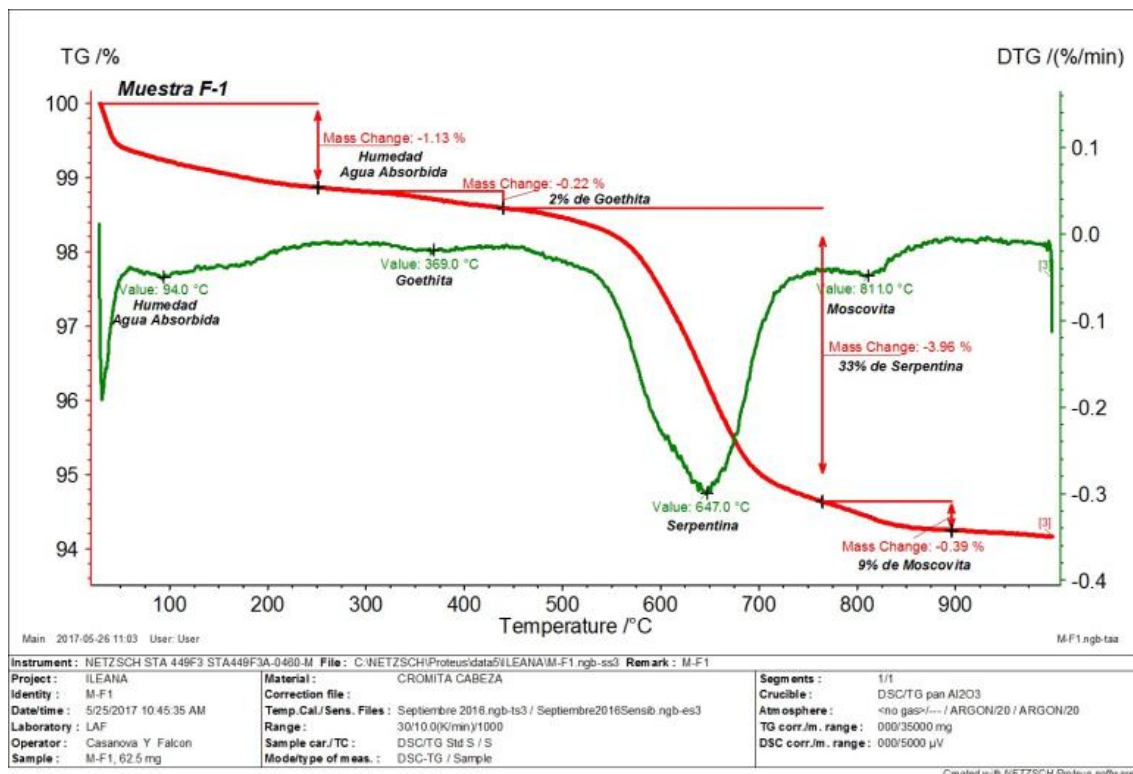
**Tabla 1.** Resultados Químicos en %.

No. Muestra	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe	MgO	St	P	SiO <sub>2</sub>
M-20	33.50	29.05	0.68	9.96	17.80	0.50	≤0.005	7.86
F-1	23.70	21.13	0.90	9.30	20.88	0.55	≤0.005	10.16
F-2	29.60	25.36	0.74	9.96	18.94	0.36	≤0.005	15.45
F-PC	26.17	23.14	0.95	9.78	19.20	0.46	≤0.005	11.18



**Figura 2.** Difractogramas de RX de la muestra F-2  
**Tabla 2.** Contenido de fases de las cuatro muestras %.

Muestras	Goethita	Brucita	Clorita	Serpentina	Calcita	Micas	Epidota
M F-PC	5	-	11	15	-	11	-
M 20	-	-	2	3	-	1	4
M F-1	2	-	-	33	-	9	-
M F-2	1	1	11	5	1	3	-



**Figura 3.** Termograma de la muestra F-1

Los contenidos se encuentran plasmados en la [tabla 3](#).

### Análisis granulométrico

Para el estudio granulométrico se utilizó un esquema de 8 tamices el resultado del mismo se observa en la [tabla 4](#).

### Mineralógico

Las muestras en general presentan un alto contenido de espinelas cromíferas seguido de óxidos de hierro, serpentina, calcita, cuarzo, clorita y minerales de alteración. Esto se puede ver en la [tabla 5](#).

Los contenidos de cromita en las muestras de Rajón y arenas cumplen con el requerimiento establecido para la exportación ya que oscila entre 60 y 48%.

### Microscopía Electrónica de Barrido

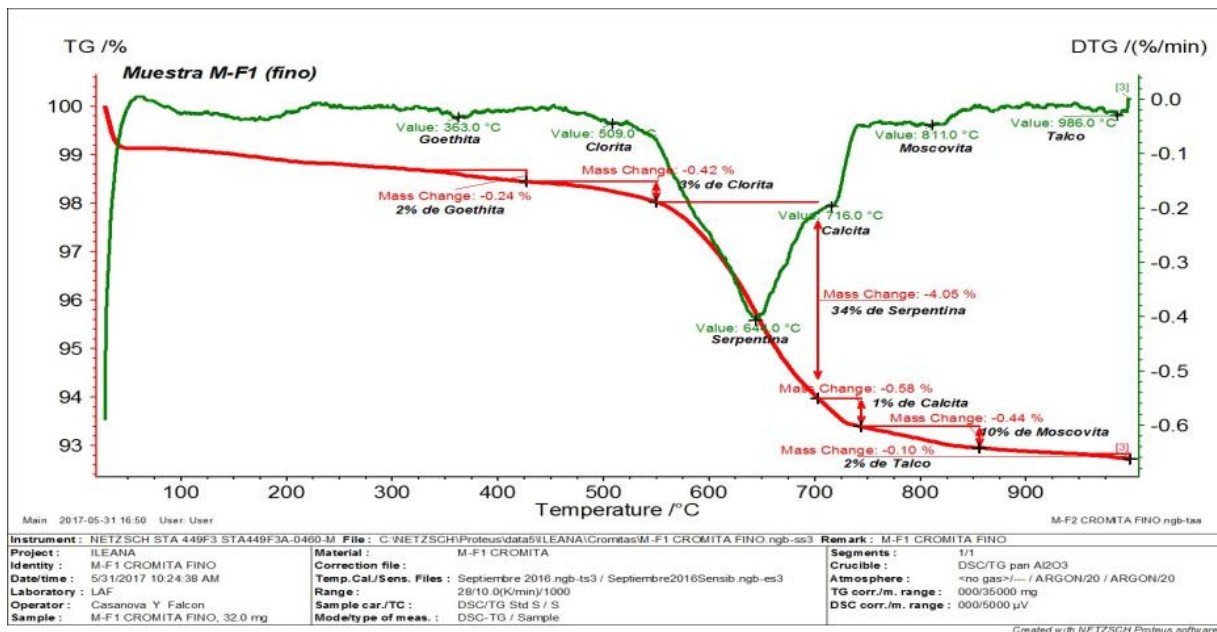
Los resultados obtenidos para las diferentes muestras se presentan a continuación:

- M 20 (banda transportadora). Se identificaron mediante análisis puntuales un conjunto de minerales que se enumeran a continuación:

1. Baritina
2. Clorita

**Tabla 3.** Contenido de fases en la fracción fina de las cuatro muestras.

Muestras	Goethita	Brucita	Clorita	Serpentina	Calcita	Micas	Talco
M F-PC (fino)	1	-	5	10	2	4	-
M 20 (fino)	3	1	5	8	6	1	-
M F-1 (fino)	2	-	3	34	1	10	2
M F-2 (fino)	3	1	4	28	3	8	-



**Figura 4.** Termograma de la fracción fina de la muestra F-1

**Tabla 4.** Resultado del análisis granulométrico por vía húmeda en %.

Fracciones mm	M- F1	M- F2	M- 20	M- PC
+2.0	17.211	20.15	16.9	4.84
-2.0+1.0	16.2	17.15	13.1	5.73
-1.0+0.5	12.96	19.21	16.5	17.37
-0.5+0.212	14.64	19.34	9.43	14.4
-0.212+0.106	13.3	10.49	13.7	3.19
-0.106+0.074	4.16	4.1254	9.92	14.51
-0.074+0.063	3.087	1.72	9.22	2.30
-0.063	18.022	7.8146	11.23	37.61

3. Corindón
4. Covelina
5. Esfalerita
6. Espinela cromífera
7. Galena
8. Hislevudita
9. Materia orgánica
10. Oro nativo (fino, por debajo de 2 um)
11. Óxido de hierro
12. Pentlandita
13. Plata nativa
14. Serpentina

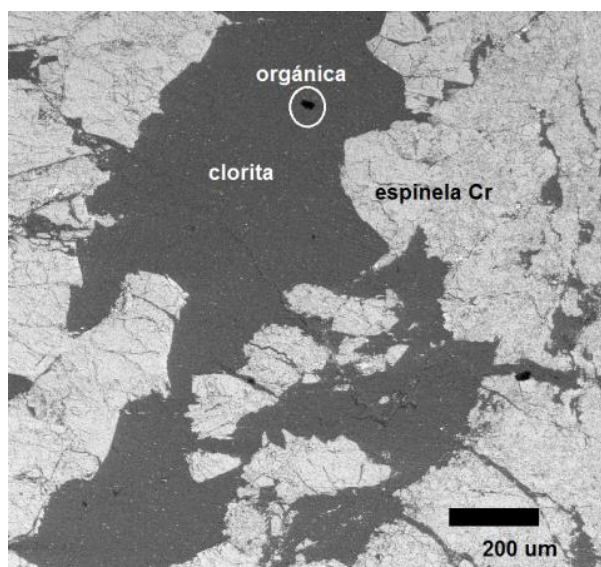
Con vistas a determinar el papel que juegan estos minerales en la formación del material que

se analiza, se procedió a la realización de observación directa de porciones de roca mediante Microscopía Electrónica, así como de composición química para elementos por encima de 0,05%. Como resultado de este trabajo se determinó la presencia en la muestra de cantidades significativas de espinela cromífera, acompañada fundamentalmente por clorita y serpentina. La [fig. 5](#) que se muestra a continuación ilustra este resultado.

Respecto a la composición elemental general de la muestra, una porción de la misma se sometió a análisis mediante espectrometría de Rayos X. El resultado de este análisis, junto al de las muestras restantes, se presenta en la [fig. 6](#). Se observa en M 20 un contenido relativamente alto de cromo (21.11%) y de hierro (8.89%), respecto

**Tabla 5.** Resultados del estudio mineralógico.

Minerales	M-20	F1	F2	F-PC
Cromita	60.4439	51.8638	48.7999	12.7644
Goethita	14.8198	9.3922	14.0195	44.6478
Cuarzo	8.8789	8.6250	10.6576	9.3490
Mica	-	4.4665	1.6277	0.8970
Feldespatos	4.2556	-		5.1207
Clorita	5.5844	4.4138	8.4287	10.9596
Serpentina	2.5236	6.7035	5.1039	13.3394
Calcita	3.4939	3.5325	5.4820	2.3027
Epidota	-	2.4170	3.5574	0.6193
Talco	-	0.6943	1.4414	-
Magnetita	-	2.7035	0.8818	-
Total	100%	100%	100%	100%



**Figura 5.** Muestra M 20, presencia de espinela cromífera, clorita y escasa materia orgánica.

a las muestras restantes, lo que indica un contenido mayor de espinela cromífera

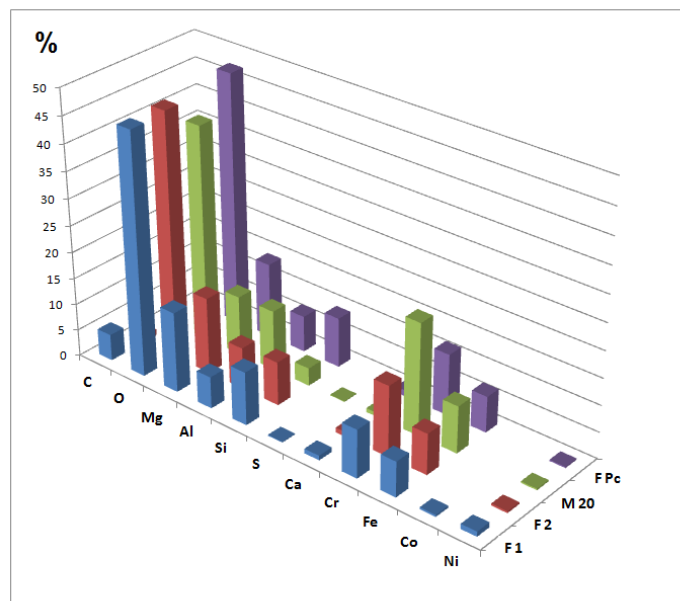
Con relación a los minerales minoritarios detectados en la muestra se observó la presencia de oro nativo, así como minerales de níquel, como la hislevudita y la pentlandita. La [fig. 7](#) que siguen ilustra este resultado.

En el caso de esta muestra, por corresponder a la banda transportadora, se realizó un análisis de contenidos de óxidos el cual se comparó con los aportados en el correspondiente pasaporte de muestras. El resultado de este análisis se presenta en la [tabla 6](#).

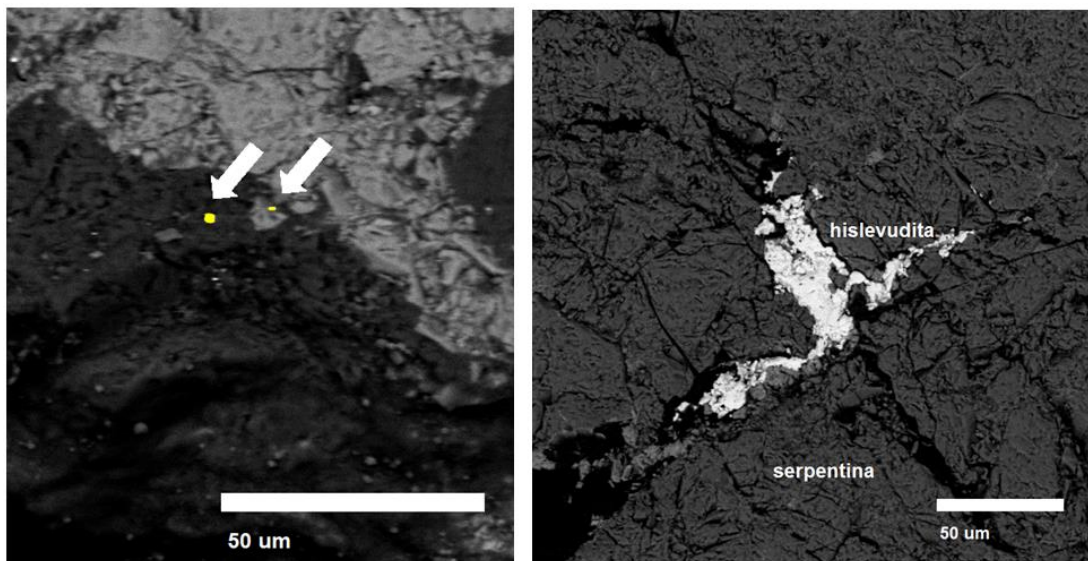
Los resultados obtenidos están en un orden cercano al esperado para el yacimiento, observándose un contenido ligeramente superior de cromo, hierro y magnesio que puede estar asociado a mayor presencia de espinela cromífera en la porción de muestra que se tomó.

• F 1 (arena de cromita). Se identificaron mediante análisis puntuales un conjunto de minerales que se enumeran a continuación:

1. Baritina
2. Bismuto
3. Clorita



**Figura 6.** Composición química general obtenida para porciones de las 4 muestras recibidas. Se aprecia un contenido mayor de Cr y Fe en M 20.



**Figura 7.** Presencia de partículas de oro nativo (izquierda) e hislevudita en M 20.

4. Covelina
5. Cuprita
6. Esfalerita
7. Espinela cromífera
8. Galena
9. Hislevudita
10. Materia orgánica
11. Óxido de hierro
12. Pentlandita
13. Serpentina

(6.67%), respecto a las muestras restantes, lo que indica un contenido bajo de espinela cromífera.

Con relación a los minerales minoritarios detectados en la muestra es de señalar la presencia de escasas partículas de minerales de níquel y baritina.

- F 2 (arena de cromita). Se identificaron mediante análisis puntuales un conjunto de minerales que se enumeran a continuación:

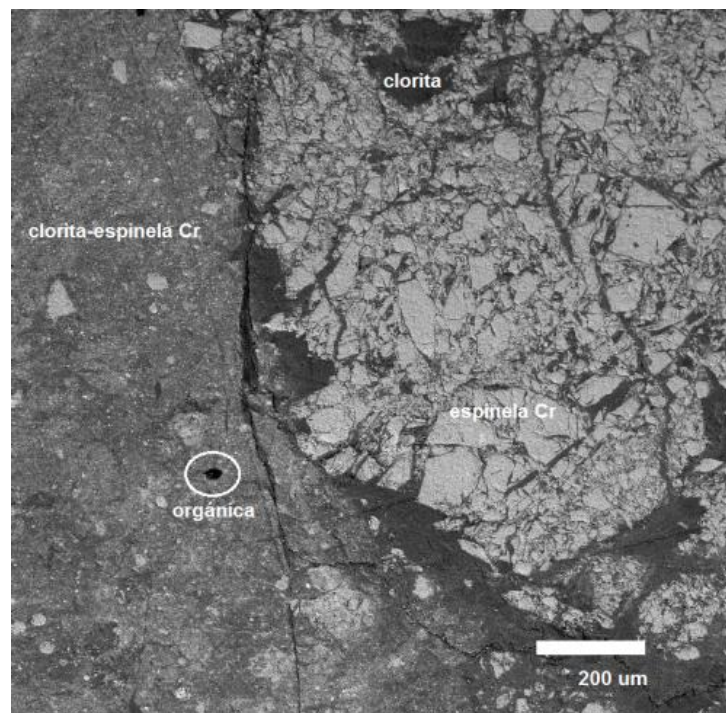
1. Baritina
2. Clorita
3. Cuprita
4. Esfalerita
5. Espinela cromífera
6. Galena
7. Hislevudita
8. Óxido de hierro

Se determinó la presencia en la muestra de cantidades significativas de espinela cromífera, acompañada fundamentalmente por clorita y serpentina. La [fig. 8](#) que se muestra a continuación ilustra este resultado.

Se observa la presencia en F 1 de un contenido relativamente bajo de cromo (9.15%) y de hierro

**Tabla 6.** Resultados del análisis de contenidos de óxidos

Óxido	Contenido según pasaporte (%)	Contenido medido (%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.80	32.76
SiO <sub>2</sub>	7.06	8.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.20	24.32
CaO	1.25	1.21
FeO	10.70	12.09
MgO	19.10	21.59



**Figura 8.** Muestra F 1, presencia de espinela cromífera, clorita y escasa materia orgánica.

## 9. Serpentina

Se determinó la presencia en la muestra de cantidades significativas de espinela cromífera, acompañada fundamentalmente por clorita y serpentina. La [fig. 9](#) que se muestra a continuación ilustra este resultado.

Se observa la presencia en F 2 de un contenido medio de cromo (13.31%) y de hierro (7.75%), respecto a las muestras restantes, lo que indica un contenido medio de espinela cromífera.

Con relación a los minerales minoritarios detectados en la muestra es de señalar la presencia de escasas partículas de minerales de níquel.

- F Pc (arena de cromita). Se identificaron mediante análisis puntuales un conjunto de minerales que se enumeran a continuación:

1. Baritina
2. Covelina
3. Espinela cromífera
4. Galena
5. Hislevudita

## 6. Pentlandita

## 7. Óxido de hierro

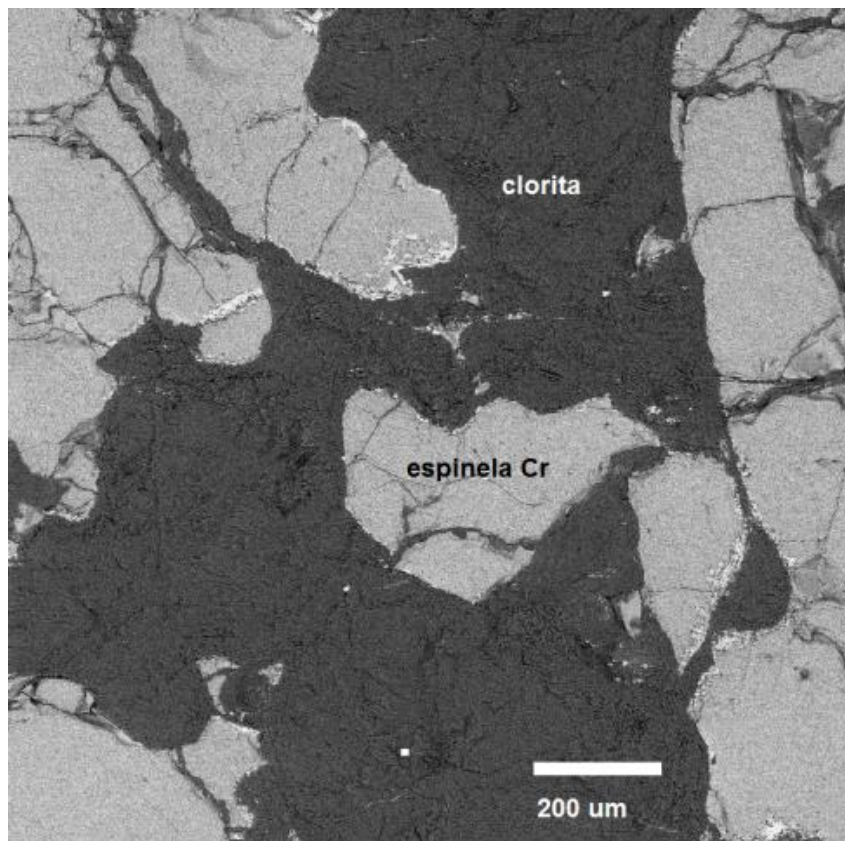
## 8. Serpentina

## 9. Siegenita (sulfuro de Ni con alto contenido de Co)

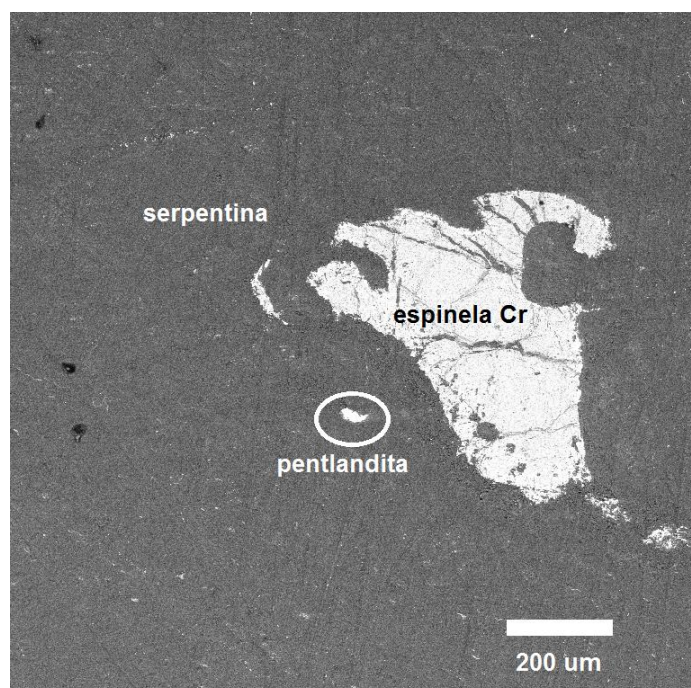
Se determinó la presencia en la muestra de cantidades significativas de espinela cromífera, acompañada fundamentalmente por serpentina. La [fig. 10](#) ilustra este resultado.

Se observa la presencia en F Pc de un contenido relativamente bajo de cromo (11.6%) y de hierro (6.81%), respecto a las muestras restantes, lo que indica un contenido relativamente bajo de espinela cromífera.

Con relación a los minerales minoritarios detectados en la muestra se observó la presencia de escasos minerales de níquel, como la hislevudita y la pentlandita, así como del mineral siegenita, que corresponde también a un sulfuro de níquel pero con elevado contenido de cobalto.



**Figura 9.** Muestra F 2, presencia de espinela cromífera y clorita.



**Figura 10.** Muestra F Pc, presencia de espinela cromífera, serpentina y aislada pentlandita.

### CONCLUSIONES

1. En las muestras investigadas se observó el predominio de la espinela cromífera, acompañada por lo general de clorita y serpentina como minerales formadores. Se detectó en la muestra M 20 un contenido relativamente más alto de dicho mineral de cromo.
2. Como otros minerales de interés, se observó la presencia de oro nativo fino y plata en la muestra M 20, así como de minerales de níquel, hierro y cobalto en la propia M 20. En menor medida se encontraron en las muestras restantes, por lo que consideramos recomendable que sean ampliados los análisis de composición de estos materiales.
3. La muestra de Cromo Rajón según los resultados de los ensayos de granulometría y químico, cumple con los parámetros de calidad exigidos por el cliente para su exportación.

### AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica, por la realización de las

determinaciones químicas, análisis granulométricos, difractométricos, térmicos y mineralógicos. Expresamos nuestro reconocimiento y gratitud a los colegas, quienes revisaron minuciosamente el artículo, por sus atinadas sugerencias que nos permitieron mejorar la forma y el contenido del manuscrito.

### BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, I.; Toledo, C. A.; Trueba, R.; et al., 2018. Estudio mineralógico de 4 muestras de la zona de explotación del yacimiento "Victoria I". CIPIMM. Reporte Técnico.
- Henares, S.; González, J.; Gervilla, F.; Proenza, J.; Chang, A.; González, R., 2010. Las cromititas del Complejo Ofiolítico de Camagüey, Cuba: un ejemplo de cromititas ricas en aluminio. Boletín de la sociedad geológica mexicana, volumen 62, no. 1, abril, pp. 173-185. ISSN 1405-3322.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)