



CURSO DE POSTGRADO

Metodología de la Investigación Científica

Departamento: Ciencias Sociales

PROF. LIC. CARMEN ALMAGUER RIVERÓN

Profesora Asistente en Filosofía y Sociedad, Especialista en Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Fecha: Según comunicación de los interesados.

Objetivos:

Delimitar y formular un problema de investigación científica.

Proporcionar las herramientas esenciales para dirigir la actividad cognoscitiva siguiendo las normas de la actividad.

Dirigido a:

Profesores, investigadores, ingenieros, gestores de la ciencia y la tecnología, comunicadores sociales, sociólogos y especialistas en medio ambiente.

Breve descripción:

Lo cuantitativo y lo cualitativo en el trabajo científico. Investigación científica e investigación tecnológica. Principales pasos, etapas y conceptos en el proceso de la investigación en ciencias sociales y tecnología: descripción, uso, limitaciones, ventajas y pertinencia.

Perfil del egresado:

El egresado del curso contará con las herramientas esenciales para el diseño de investigación tanto en el paradigma cuantitativo como cualitativo.

Duración: 30 horas

Criterios académicos:

Se obtienen tres créditos, que tiene validez para las maestrías y diplomados que se imparten en el ISMM.

Soporte técnico y bibliográfico:

El curso ha sido montado en soporte electrónico y se garantiza la reproducción por fotocopias de cualquier otro material complementario. Una vez matriculado se adquieren los derechos de compra de los disquetes.

Clientes potenciales:

Ingenieros, investigadores, profesores, sociólogos y ambientalistas.

Información de contacto:

CARMEN ALMAGUER RIVERÓN
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Las Coloradas s/n, CP 83329
Telf.: (53 24) 6614

Requisitos de matrícula:

Presentar documento que acredite ser graduado de nivel superior en las especialidades de filosofía, sociología, ciencias ambientales o ingenieriles.

Normas de inscripción y tasas de matrícula:

La colegiatura será de 120.00 USD. El pago se hará en el momento de la matrícula.

Diplomas:

Se otorga certificado que acredita haber aprobado el curso lo que exige la participación en las actividades evaluativas diseñadas.

Acceso y estancia en Cuba: Contactar con:

JOSÉ ISRAEL RODRÍGUEZ DOMÍNGUEZ
Gerente MERCADU S.A.
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Las Coloradas s/n, CP 83329
Telf.: (53 24) 6 6678, 6 6234, 6 4214 Fax: (53 24) 6 2290
jironrodriguez@moa.minbas.cu

Características geoquímicas de la mineralización cromífera del yacimiento Cayo Guan, Moa, Holguín, Cuba (segunda parte)

Geochemical Characteristics of the Chromite Ores from Cayo Guan Deposit, Moa, Holguín, Cuba (Second Part)

José Nicolás Muñoz Gómez

Profesor Titular. Doctor en Ciencias Geológicas. Especialista en Microscopía de Menas. Presidente de la Comisión Nacional de la Carrera de Ingeniería Geológica. Decano de la Facultad de Geología y Minería, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

RESUMEN: Aparecen, en esta segunda parte, las principales características geoquímica de la mineralización cromífera en el área del yacimiento Cayo Guan, Moa; se exponen los resultados geoquímicos sobre la mineralización cromífera accesorias en las litologías del complejo ofiolítico que conforman las rocas encajantes del yacimiento Cayo Guan, e incluye las espinelas cromíferas diseminadas de las manifestaciones: *Cromita* y *Narcizo*. Se estudiaron las relaciones geoquímicas entre los componentes principales: Cr_2O_3 - Al_2O_3 - FeO - MgO y los microcomponentes, fundamentalmente los contenidos de titanio, en forma de dióxido de titanio (TiO_2) y el hierro ferroso (FeO) y sus incidencias en las consideraciones genéticas de la mineralización cromífera en este campo mineral. Las espinelas cromíferas accesorias presentan contenidos de Cr_2O_3 entre 28,26% - 39,41%; las harzburgitas: $Cr_2O_3 = 40,23\%$, $Al_2O_3 = 23,71\%$; gabros olivínicos: $Cr_2O_3 = 38,64\%$, $Al_2O_3 = 24,54\%$ y las troctolitas: $Cr_2O_3 = 38,64$, $Al_2O_3 = 24,54$, con características típicamente podiformes. Finalmente, se relacionan los principales resultados y conclusiones geoquímicas arribados en la presente investigación.

Palabras claves: Espinelas cromíferas, complejo ofiolítico, harzburgitas, gabros olivínicos, troctolitas

ABSTRACT: In the present paper, are included main geochemical characteristics of the massive chromite ore deposit in Moa. This paper refers to geochemical results of the chrome accessory mineralization in lithologies of ophiolitic complex that constitute rocks of Cayo Guan deposit and includes chrome dispersed spinels of *Cromita* and *Narciso* occurrences. It was studied geochemical relations between principal components: Cr_2O_3 - Al_2O_3 - FeO - MgO and microcomponents, principally titanium content in the form of TiO_2 and FeO content and their incidences in the genetic considerations of chrome mineralization of this deposit. Accessory chromite spinels present contents of Cr_2O_3 , 28,26%, 39,41%; harzburgites: 40,23% Cr_2O_3 , 23,71% Al_2O_3 , olivine gabbro and troctolite 38,64% Cr_2O_3 , 24,54% Al_2O_3 are typically podiform chromites. Finally there is a reference about the main results and geochemical conclusions of this research.

Keywords: Chromites spinels, ophiolitic complex, harzburgites, olivine gabbros, troctolites

INTRODUCCIÓN

El yacimiento Cayo Guan, está localizado en el angosto valle del río del mismo nombre, el campo menífero está integrado además por el yacimiento *Cromita* y pequeñas manifestaciones minerales tales como: *Narcizo*, *Las Deltas* y otras de menor importancia.

En la década de los cuarenta el área fue estudiada por Thayer (1942) y Guild y Albear (1947), años más tarde los yacimientos cromíferos se investigaron por Kenarev y Murashko (1963), Dzuberá (1974) y más recientemente por Fonseca, E. et al. (1991) y Guerra, C.V., et al. (1995) y Muñoz Gómez (1997), (1998).

El yacimiento se localiza desde el punto de vista geológico en las litologías cumulativas ultramáficas muy próximas a los cúmulos máficos; petrológicamente las rocas ultramáficas están integradas por: harzburgitas serpentinizadas, dunitas enstatíticas y dunitas serpentinizadas, el complejo cumulativo gabroide está representado por: gabros normales, gabros olivínicos, troctolitas y noritas. Fonseca, E. et al. (1991), Guerra, C.V., et al. (1995).

En sentido general las litologías ultramáficas se presentan estratificadas y la mayoría de los

cuerpos minerales, en forma de lentes, son concordantes con las litologías encajantes. No obstante, los diques de gabro-pegmatitas son cortantes a las litologías presentes así como a la mineralización cromífera, que lo hace más abundante en los cuerpos minerales cromíferos, tal como había sido señalado por Guild (1947) Thayer (1942) y Muñoz Gómez (1995).

La mineralización cromífera está rodeada por dunitas y dunitas serpentizadas las que localmente transicionan a dunitas enstatíticas y a harzburgitas serpentizadas. Thayer (1942) y Guild (1947) habían coincidido en la presencia de texturas planas, y destacaron que son paralelas a la foliación de las peridotitas.

La composición química de la mineralización cromífera es muy similar entre los cuerpos minerales, por lo que a consideración de Thayer (1942) y de Guild (1947) se trataba de un solo cuerpo lenticular que fue cortado y desplazado por fallas, como sucede con el cuerpo mineral Franklin -cuerpo casi isométrico, podiforme- completamente limitado por fallas. Guild, P. y Albear J. F. (1947).

La mineralización cromífera masiva en los cuerpos minerales se acompaña de sulfuros tales como pirita, calcopirita y millerita, tal como ha sido expuesto por Fonseca, E. *et al.* (1991). También se han identificado fases de mineralización de los elementos del grupo del platino, representado en la serie isomórfica laurita-erlichmanita. Distler, V.V., Falcón, H.J., Muñoz Gómez, J.N., Campos Dueñas, M., (1989) y Muñoz Gómez, J.N. *et al.* (1991).

En el artículo se recogen las principales características geoquímicas del yacimiento Cayo Guan y su objetivo fundamental es analizar el comportamiento y papel de los elementos químicos que conforma la celda unitaria de las espinelas cromíferas accesorias, así como las implicaciones que en el orden genético se derivan del estudio geoquímico de la mineralización cromífera en el campo mineral del yacimiento. Mediante la caracterización geoquímica de la mineralización cromífera y de las espinelas cromíferas accesorias, se ha podido argumentar el carácter o tendencia genética de las menas cromíferas en el campo mineral del yacimiento Cayo Guan. Asimismo se han obtenido un determinado número de resultados geoquímicos los que contribuyen a un mayor conocimiento del área de estudio.

Con el empleo de microscopía electrónica de barrido se determinó la composición química de las espinelas cromíferas, la que se expresan en óxidos de los elementos químicos que integran la celda unitaria del mineral.

Las espinelas cromíferas analizadas se distribuyen en:

- Espinelas cromíferas masivas
- Espinelas cromíferas accesorias en litologías de los complejos máficos y ultramáficos:
 - Accesorias en harzburgitas
 - Accesorias en gabros y troctolitas

Esta investigación ha sido publicada en dos partes: aquí, la segunda parte y final, se exponen los estu-

dios efectuados en las espinelas cromíferas accesorias en las litologías ultramáficas y máficas de la asociación ofiolítica que constituyen las rocas encajantes a la mineralización cromífera en el yacimiento Cayo Guan.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Espinelas cromíferas accesorias

Las espinelas cromíferas accesorias en las litologías del complejo máfico y ultramáfico se han estado utilizando como importantes indicadores geoquímicos y petrogenéticos, dada las características mineralógicas de las espinelas y su alta estabilidad ante diferentes procesos de alteración tales como la serpentización y variaciones hidrotermales-metasomáticas y la limitada migración geoquímica del cromo. En el área del yacimiento Cayo Guan se estudiaron muestras de espinelas cromíferas accesorias en harzburgitas serpentizadas (complejo cumulativo ultramáfico) en gabros olivínicos y troctolitas (complejo cumulativo máfico).

A continuación se exponen los contenidos de los componentes principales de las espinelas cromíferas accesorias. (Ver Tablas 1, 2, 3 y 4)

Macrocomponentes

Los componentes fundamentales de las espinelas cromíferas accesorias del área del yacimiento Cayo Guan: Cr_2O_3 - MgO - FeO - Al_2O_3 , manifiestan tendencias geoquímicas que reflejan las características genéticas de sus respectivas litologías. Así, las espinelas cromíferas accesorias en las harzburgitas serpentizadas presentan contenidos de Cr_2O_3 muy similares a las espinelas cromíferas accesorias del complejo máfico e incluso a las espinelas cromíferas masivas que constituyen las menas del yacimiento Cayo Guan sensu strictu. (Tabla no.1.)

Los contenidos de Al_2O_3 % se corresponden con los valores determinados para las espinelas cromíferas podiformes ricas en alúmina, con valores muy similares; no obstante es de destacar que las espinelas cromíferas del complejo máfico se manifiestan con contenidos inferiores a las espinelas cromíferas accesorias del complejo ultramáfico; resultados semejantes fueron obtenidos por Leblanc y Violette al investigar los yacimientos de Filipinas y Nueva Caledonia. Leblanc, M. and Violette, J. F., (1983).

Al parecer se produce la cristalización de las espinelas cromíferas muy adelantada en relación con la segregación de los minerales ferromagnesianos, por lo que no están influenciadas por los altos contenidos de Al_2O_3 del complejo máfico en relación con el complejo ultramáfico. No obstante, los contenidos de Al_2O_3 y Cr_2O_3 en las espinelas cromíferas masivas del yacimiento Cayo Guan y los contenidos de ambos óxidos en las espinelas cromíferas accesorias son muy semejantes, lo que revela que las litologías máficas presentes en el campo menífero formaban parte del resto de

TABLA 1 Contenidos en por ciento en peso de los componentes principales de las espinelas cromíferas accesorias en harzburgitas serpentizadas en el yacimiento "Cayo Guan", Moa.

Óxidos	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Rango
Cr_2O_3	48.13	17.4	39.41	30.73
Al_2O_3	50.12	21.88	28.26	28.24
MgO	18.73	9.89	13.39	8.84
FeO	25.06	13.66	18.54	11.4
TiO_2	0.31	0.14	0.25	0.17
MnO	0.7	0	0.04	0.7
NiO	0.26	0	0.11	0.26

TABLA 2. Contenidos en por ciento en peso de los componentes principales de espinelas cromíferas accesorias en gabros olivínicos del yacimiento Cayo Guan, Moa.

Óxidos	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Rango
Cr_2O_3	47.41	37.2	40.23	10.21
Al_2O_3	29.04	14.82	23.71	14.22
MgO	15.44	7.23	13.04	8.21
FeO	36.93	16.14	21.67	20.79
TiO_2	1.88	0.21	0.68	1.67
MnO	1.06	0.02	0.29	1.04
NiO	0.25	0	0.11	0.25

TABLA 3. Contenidos medios en por ciento en peso de los componentes principales en las espinelas cromíferas accesorias en troctolitas del yacimiento Cayo Guan, Moa.

Óxidos	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Rango
Cr_2O_3	42.48	35.95	38.64	6.53
Al_2O_3	26.61	19.6	24.54	7.01
MgO	15.44	7.23	13.04	8.21
FeO	33.95	17.75	24.57	16.2
TiO	0.66	0.3	0.36	0.36
MnO_2	0.96	0.23	0.52	0.73
NiO	0.18	0	0.11	0.18

TABLA 4. Contenidos medios en por ciento en peso de las espinelas cromíferas masivas y de las espinelas cromíferas accesorias en el yacimiento Cayo Guan, Moa.

Espineles Cromíferas	Cr_2O_3	Al_2O_3	FeO	MgO	TiO_2	MnO	NiO
Masivas (menas)	40.75	26.98	15.99	14.93	0.29	0.21	0.13
Gabros olivínicos	40.23	23.71	21.66	13.04	0.68	0.29	0.11
Troctolitas	38.64	24.54	24.57	10.76	0.52	0.36	0.11
Harzburgitas	39.41	28.26	18.54	13.39	0.04	0.25	0.11

una antigua zona de transición entre las ultramafitas serpentinizadas y las litologías del complejo máfico gabroide.

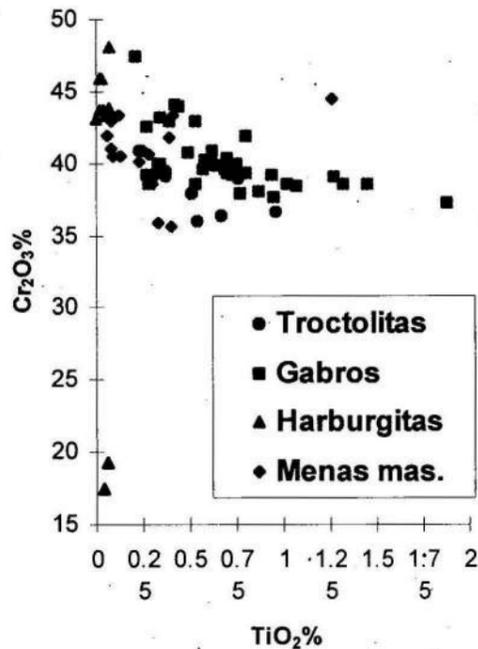


FIGURA 1 Diagrama de dispersión entre los contenidos de Cr₂O₃% y TiO₂% de las espinelas cromíferas masivas (menas) y las espinelas cromíferas accesorias del yacimiento Cayo Guan, Moa.

Estas zonas de transición son de extraordinaria importancia para la prospección de la mineralización cromífera, representada en este caso por los yacimientos Cayo Guan, Cromitas y Narcizo, entre otras manifestaciones minerales en el área.

En los macrocomponentes se destacan los altos contenidos de FeO% en las espinelas cromíferas accesorias los cuales son superiores a los contenidos internacionalmente establecidos para las espinelas cromíferas asociadas a los complejos ofiolíticos alpinos, [FeO = 15,0%].

El incremento del hierro en las espinelas cromíferas accesorias puede estar motivado por la intensa movilización del metal durante el proceso de serpentización afectando a todos los complejos y a los yacimientos minerales asociados y por ende a las espinelas cromíferas masivas, en las cuales, la actividad del hierro se pone de manifiesto al alterarse la espinela cromífera en forma de ferri-cromita, la que en forma de un anillo bordea a los cristales y agregados cromíferos; situación semejante se produce en el área del yacimiento Potosí.

Los datos expuestos corroboran un incremento sustancial del hierro en las espinelas cromíferas accesorias en las litologías del complejo cumulativo máfico, no excluyéndose la posibilidad de que procesos hidrotermales posteriores hayan contribuido a la modificación de la composición química primaria de las

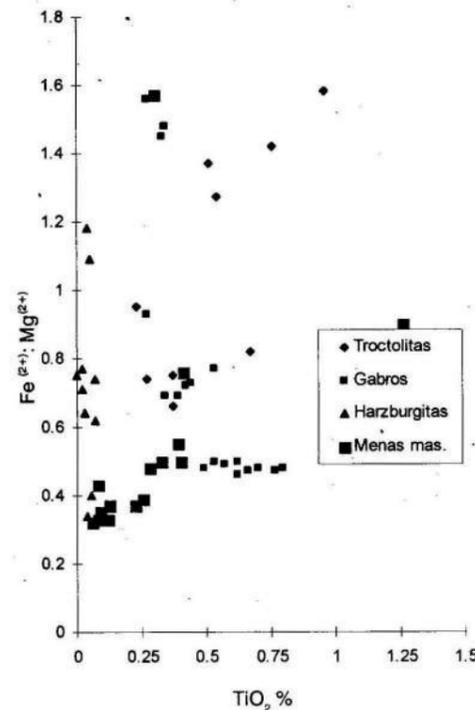


FIGURA 2. Diagrama de dispersión entre los contenidos de TiO₂% y los valores de la relación geoquímica Fe²⁺: Mg²⁺ en las espinelas cromíferas masivas (menas) y las espinelas cromíferas accesorias del yacimiento Cayo Guan, Moa.

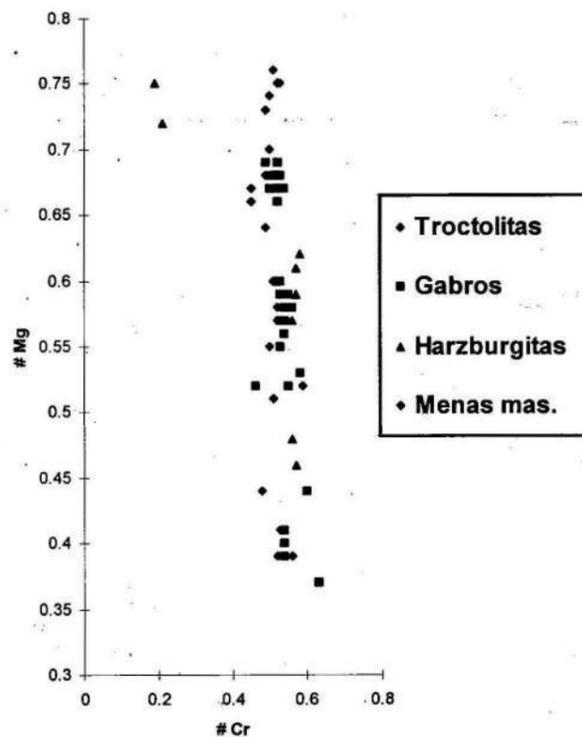


FIGURA 3. Diagrama de dispersión entre las relaciones geoquímicas # Cr = Cr³⁺ / (Cr³⁺ + Al³⁺) y # Mg = Mg²⁺ / (Mg²⁺ + Fe²⁺) en las espinelas cromíferas masivas (menas) y las espinelas cromíferas accesorias del yacimiento Cayo Guan, Moa.

espinelas cromíferas, manifestándose el proceso de alteración en la periferia de los cristales y agregados cromíferos.

Los contenidos de MgO son bajos en sentido general y no rebasan el 15%, lo cual es lógico debido a la relación inversa entre los contenidos de MgO y FeO. No obstante los contenidos de MgO van disminuyendo los valores desde las harzburgitas serpentinizadas hasta las litologías del complejo máfico. En sentido general se aprecia una similitud entre las espinelas cromíferas del complejo ultramáfico serpentizado y las espinelas cromíferas masivas que conforma las menas del yacimiento Cayo Guan manifestándose esa misma correspondencia entre las espinelas cromíferas accesorias en las litologías del complejo máfico.

Microcomponentes

En los microcomponentes de las espinelas cromíferas accesorias, -TiO₂-NiO-MnO-, se expresan los contenidos de sus valores medios en la Tabla 4, en comparación con los valores medios determinados en las menas masivas. Los valores medios calculados para el NiO son casi constantes en todas las espinelas, de igual manera se valora el contenido de MnO, siendo el mayor valor en las litologías del complejo cumulativo máfico. Los contenidos de MnO se incluyen en el intervalo en los valores determinados para otros yacimientos cromíferos cubanos y extranjeros. (Ver Tabla 5)

Entre los microcomponentes se distinguen los contenidos de TiO₂ en las espinelas cromíferas accesorias en las harzburgitas serpentinizadas y las litologías del complejo máfico (troctolitas y gabros olivínicos).

La relación entre los contenidos de TiO₂% y los contenidos de Cr₂O₃% en las espinelas cromíferas accesorias, están representadas (Figura 1), y se delimitan dos campos bien definidos: 1. harzburgitas serpentinizadas con

bajo contenido de TiO₂ (TiO₂ < 0,25%) a las que se asocian algunas muestras de menas; 2. las troctolitas y gabros olivínicos con muestras de espinelas cromíferas masivas con contenidos de TiO₂ > 0,15%. Como se demuestra, quedan bien definidos el complejo cumulativo ultramáfico -harzburgitas serpentinizadas- del complejo cumulativo máfico -gabros olivínicos y troctolitas-, manifestándose un incremento de TiO₂ en los gabros olivínicos.

Complementariamente al análisis anterior, se tiene un resultado similar al estudiarse la reacción geoquímica Fe²⁺: Mg²⁺ y los contenidos de TiO₂% (Figura 2) donde se corrobora la distribución de las espinelas cromíferas accesorias, en las harzburgitas serpentinizadas con bajo contenido de TiO₂, las que presenta un reducido intervalo (0,40 < Fe²⁺: Mg²⁺ < 0,45), es decir, se ubican en el campo de las espinelas cromíferas pódiformes.

La mayoría de las muestras de espinelas cromíferas accesorias de las litologías cumulativas máficas se distribuyen en el campo de las espinelas cromíferas estratiformes; llama la atención la distribución de varias muestras de gabros olivínicos alrededor del contenido Fe²⁺: Mg²⁺ = 0,50 límite entre ambos campos. Se trata de muestras cuyos contenidos de hierro casi duplican los contenidos de magnesio, se ubican además muestras de espinelas cromíferas masivas menas), todas por encima de 0,25% de TiO₂. (Figura 2)

Al analizarse el # Mg y el # Cr en las espinelas cromíferas accesorias se pone de manifiesto: a) un intervalo muy restringido en el # Cr: 0,1 < # Cr < 0,6 lo que corrobora la similitud de los contenidos de Cr₂O₃ y Al₂O₃ en los diferentes tipos de espinelas, incluyendo a las menas del yacimiento Cayo Guan (Figura 3); b) un intervalo amplio en el # Mg: 0,35 < # Mg < 0,77 que demuestra las amplias variaciones de los contenidos de hierro y magnesio en las espinelas cromíferas masivas y accesorias.

TABLA 5 Contenidos medios de las menas masivas de varios yacimientos de génesis podiforme. * Valores tomados de Leblanc, M. y Nicolas, A., (1992). ** Contenidos tomados de Greentaum, D. (1977)¹⁰. *** Contenidos del presente estudio. Todos los valores en por ciento en peso. [Análisis por microsonda electrónica de barrido].

Yacimientos Cromíferos	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	TiO ₂	MnO	Total
Tiébaghi-N.Caledonia *	58.39	11.15	14.3	15.57	0.11	0.13	99.65
Anna-Madelaide N. Cal.*	51.42	19.53	13.68	14.65	0.03	0.5	99.81
Poum-N. Caledonia *	60.14	9.56	18.1	10.93	0.02	0.76	99.51
Poum-N. Caledonia *	29.57	39	12.64	18.07	0.25	0.34	99.87
Acoje-Filipinas *	54.93	13.15	19.75	11.42	0.21	0.17	99.63
Coto- Filipinas *	35.79	32	14.86	16.53	0.32	0.15	99.65
Troodos- Chipre**	54.5	14.15	12.26	14.2	0.19	0.13	95.43
Cayo Guan - Cuba ***	40.75	26.98	15.99	14.93	0.29	0.21	99.13
Potosí - Cuba ***	39.98	22.83	22.09	13.01	1.06	0.27	99.24
Amores - Cuba ***	36.17	27.32	17.76	18.26	0.24	0.19	99.94
Mercedita - Cuba ***	38.43	29.14	14.53	16.54	0.28	0.26	99.18

Es de singular importancia que las espinelas cromíferas accesorias en las harzburgitas serpentizadas se distribuyen en el mismo campo que las espinelas cromíferas accesorias del complejo máfico, que demuestra que las harzburgitas serpentizadas constituyen, en el campo menífero del yacimiento Cayo Guan, la litología transicional, junto con las dunitas enstatíticas, hacia las litologías del complejo cumulativo gabroide, tal como ha sido señalado por E. Fonseca al estudiar el área del yacimiento Cayo Guan. Fonseca, E. et al. 1991).

CONCLUSIONES

Los principales conclusiones geoquímicas de los dos artículos sobre la geoquímica de la mineralización cromífera en el yacimiento Cayo Guan quedan integrados:

- Desde el punto de vista geoquímico se demuestra el carácter podiforme de las menas cromíferas masivas del yacimiento Cayo Guan y las espinelas cromíferas accesorias asociadas a los complejos ofiolíticos.
- Se comprueba en relación con los contenidos de FeO% y TiO₂% cierta tendencia hacia el campo de las espinelas cromíferas asociadas a intrusiones estratiformes, lo que se demuestra en las relaciones: Cr₂O₃% - TiO₂% y (Fe²⁺:Mg²⁺) - TiO₂%
- Utilización, por primera vez, en el estudio de la mineralización cromífera -menas y espinelas accesorias- de los contenidos de TiO₂ como indicador petrogenético y geoquímico; lo que ha facilitado argumentar el carácter genético de la mineralización cromífera en el yacimiento Cayo Guan.
- Se comprobó el papel activo del hierro durante el proceso de serpentización en los complejos ultramáficos y máficos, inclusive, un incremento adicional del metal en las litologías del complejo ofiolítico y yacimientos minerales asociados debidos a efectos hidrotermales-metasomáticos.
- Los contenidos de magnesio presentan una amplia distribución en las espinelas cromíferas accesorias en las litologías de los complejos cumulativos ultramáfico y máficos de la asociación ofiolítica
- El empleo de microscopía electrónica de barrido para la determinación de la composición química de las espinelas cromíferas masivas y accesorias ha permitido incrementar la precisión y confiabilidad de los resultados analíticos de los elementos químicos que integran las menas cromíferas. Estos resultados analíticos pueden ser utilizados para medir el grado de eficiencia industrial en la planta de beneficio de Punta Gorda, Moa.
- Se demuestra que las relaciones geoquímicas entre el número de cationes trivalentes principales de las espinelas cromíferas (Cr³⁺ - Al³⁺ - Fe³⁺) permite discriminar el origen primario de las menas, en función de las sustituciones mutuas. En las menas podiformes asociadas a los complejos ofiolíticos la sustitución se produce entre los cationes Cr³⁺ - Al³⁺ y el Fe³⁺ permanece

con bajos valores y casi constante; tal como sucede en las menas masivas del yacimiento Cayo Guan, en cambio, si la sustitución se produce entre los cationes Cr³⁺ - Fe³⁺ y el Al³⁺ permanece casi constante y con bajos valores se está en presencia de espinelas cromíferas de génesis estratiforme.

- En los microcomponentes: TiO₂ - NiO - MnO - de las espinelas cromíferas accesorias, los contenidos de sus respectivos metales se encuentran por encima del valor del clarke en la litosfera, en el níquel (Ni_{clarke} = 99,0 ppm); el manganeso (Mn_{clarke} = 1,060 ppm) y el titanio solo una muestra está por encima de la abundancia natural del metal (Ti_{clarke} = 6,320 ppm)

BIBLIOGRAFÍA

- AUGÉ, T. AND P. MAURIZOT: "Stratiform and Alluvial Platinum Mineralization in the New Caledonia Ophiolite Complex", en *The Canadian Mineralogist*, vol. 33, pp. 1023-1045, 1995.
- BOUDIER, F. AND A. NICOLAS: "Nature of the Mohotransition Zone in the Oman ophiolite", en *Journal of Petrology*, vol. 36, no.3, pp. 777-796, 1995.
- DICKEY, J. S. JR.: "A hypothesis of origen for podiform chromite deposits", en *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 39, pp.1061-1074, 1975.
- DISTHER, V.V., H.J. FALCÓN, J.N. MUÑOZ GÓMEZ, D.M. CAMPOS: "Disulfuros de rutenio, osmio, rodio y otros minerales platiníferos en los macizos hiperbasíticos de Cuba Oriental, Academia de Ciencias de Cuba (inédito), 1989.
- DZUBERA, A.: Informe sobre la evaluación geólogo-minera de los yacimientos de extracción histórica, Empresa Geólogo-Minera de Oriente, 1974.
- FONSECA, E., et al.: Informe final sobre el tema 401-12: Geología de los yacimientos cromíticos con evaluación pronóstica, Academia de Ciencias de Cuba, 1991.
- FONSECA, E., V.M. ZEPEPUGUIN, M. HEREDIA: "Particularidades de la estructura de la asociación ofiolítica en Cuba", en *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, no. 9, pp.31-46, 1989.
- GUILD, P.M., D. E. FLINT, J.F. ALBEAR: "Petrology and Structure of the Moa Chromite District, Oriente Province, Cuba", en *U.S. Geological Survey*, vol. 28, no.2, pp. 218-246, 1947.
- GUERRA, C.V. Y M. NAVARRETE: Informe sobre los resultados de los trabajos de generalización de la información geológica sobre cromitas refractarias de la región Moa-Baracoa y delimitación de las áreas perspectivas en los flancos de yacimientos explotados. (Inédito). Empresa Cromo-Moa, Moa, 1995.
- GREENBAUM, D.: "The Chromitiferous Rocks of the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus", en *Economic Geology*, vol. 72, pp. 1175-1194, 1977.
- IRVINE, T. N.: "Chromian Spinels as Petrogenetic Indicator", en *Canadian Journal of Earth Science*, vol.2, no. 6, pp. 648-671, 1965.
- KÉNAREV V., V. Y. MURASHKO: Informe sobre los trabajos de prospección y exploración geológica de los yacimientos de cromitas: Delta II, Narcizo I - II y Melba, Empresa Geólogo-Minera de Oriente, 1963.
- LEBLANC M., L. F. VIOLETTE: "Distribution of Aluminium-rich and Chromium-rich Chromite Pods in Ophiolites Peridotites", en *Economic Geology*, vol.78, pp. 293-301, 1983.
- LEBLANC, M. A. NICOLAS: "Les Chromites Ophiolitiques", en *Chron. rech. Min.*, no. 507, pp. 3-25, 1992.

LEBLANC, M., G. CEULENER: "Chromite Crystallization in the Multicelular Magma Flow: Evidence from a Chromite Dike in the Oman Ophiolite", en *Lithos*, vol.27, pp. 231-257, 1992.

LEWIS, J.F., J.N. MUÑOZ GÓMEZ, J. C. LABRADA GÓMEZ AND P. GENYONG: "Mineralogy and Petrology of the Potosí and Cayo Guan Ophiolite Rocks and Associated Podiform Chromite Deposits", en 30th International Geological Congress, Beijing, R. P. China, pp. 1-16, 1996.

MUÑOZ GÓMEZ, J.N., et al.: "Acerca de la presencia de los elementos del grupo del platino asociados al complejo ofiolítico en el noroeste de Cuba", en *Resúmenes*, Seminario Internacional de Lixiviación Ácida de Minerales Lateríticos, Moa, Holguín, Cuba, pp. 21, 1991.

MUÑOZ GÓMEZ, J. N.: "Las paragénesis minerales del yacimiento Potosí y su sucesión genética", en *Minería y Geología*, vol. XII, no. 3, Moa, Holguín, Cuba, pp.23-31, 1995.

MUÑOZ GÓMEZ, J. N.: "Geoquímica y mineralogía de la mineralización cromífera asociada al complejo ofiolítico en la región de Moa-Baracoa, Cuba", Tesis Doctoral, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, pp. 161, Moa, 1997.

MUÑOZ GÓMEZ, J.N.: "Características geoquímicas de la mineralización cromífera del yacimiento 'Cayo Guan', (primera parte)", en *Minería y Geología*, vol. XV, no. 1, Moa, Holguín, Cuba, pp. 27-35, 1998.

THAYER, T.P.: "Chome resources of Cuba", en *U. S. Geological Survey Bulletin*, 1942.

THAYER, T.P.: "Principal Features and Origin of Podiform Chromite Deposits and some Observations on the Guleman-Sodirag District, Turkey", *Economic Geology*, vol.59, pp.1497-1524.

THAYER, T.P.: "Podiform chromite deposits", en *Economic Geology, Monograph 4*, pp. 132- 146, 1969.

SISTEMAS DE INGENIERÍA



El libro presenta los elementos teóricos indispensables que requieren los grupos multidisciplinarios que se ocupan del diseño de sistemas automatizados para la preparación y toma de decisiones, bajo criterios múltiples relacionados con la ingeniería.

En particular, trata de sistemas destinados para el diseño de productos, herramientas, instalaciones, etc., de la generación de tecnologías de fabricación, de la dirección de la producción y de la operación de los procesos.

El texto expone de manera clara y concisa cada uno de los temas tratados y presenta, en algunos de ellos, conocimientos avanzados que facilitan comprender la interrelación mutua existente entre tareas, métodos y temas estudiados. Consolida la teoría con numerosos ejemplos prácticos, propios de las ingenierías (metalúrgica, mecánica, química, industrial), parte importante de los cuales es fruto de la experiencia profesional del autor, que aporta soluciones no reportadas aún en la bibliografía especializada.



JOSÉ ARZOLA RUIZ (Guantánamo, 1945). Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor e Investigador Titular del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" de La Habana. En los últimos 25 años ha trabajado en temas relacionados con los sistemas de dirección organizativos, tecnológicos y de operación de procesos. Ha publicado numerosos artículos, es autor del método de optimización discreta Selección de propuestas y de un libro con igual nombre.