

**GEOINFO'2000**  
**HABANA-CUBA**

**V TALLER INTERNACIONAL**

**GEOINFO'2000**

El Instituto de Geofísica y Astronomía y la División de Geomatemática de la Sociedad Cubana de Geología, convocan a todos los interesados en participar en el V Taller Internacional «Informática y Geociencias» GEOINFO'2000.

Este evento se efectuará del 21 al 24 de noviembre del año 2000 en La Habana, Cuba, y reunirá a especialistas de diferentes ramas de las ciencias de la Tierra y del Espacio, así como a profesionales de las Matemáticas y la Informática interesados en la solución de tareas de la Geología, Geofísica, Ecología, Geografía, Meteorología, Oceanología, Sismología, Astronomía y otras ciencias.

Las temáticas son las siguientes: Geoestadística y Análisis Espacial de Datos, Métodos Estadísticos, Análisis Exploratorio de Datos, Reconocimiento de Patrones, Análisis Espectral, Modelación Matemática (2D y 3D), Mapeo Automático, Técnicas de Gráficos por Computadoras, Sistemas de Bases de Datos, Sistemas de Información Geográfica, Percepción Remota, Procesamiento de Imágenes y Análisis Digital, Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, Métodos de Generación Automática de Hipótesis, Tarea Directa e Inversa en Geofísica.

Se podrán presentar resultados teóricos o prácticos originales, por escrito, en forma de artículos. Todos los trabajos se presentarán en forma de póster. Sesionarán mesas redondas y se impartirán conferencias magistrales relacionadas con las temáticas del evento. Los idiomas oficiales serán español e inglés. Los interesados en participar enviarán sus datos personales junto con un resumen del trabajo (extensión máxima de 500 palabras) al Comité Organizador antes del 15 de julio del 2000.

La Primera Circular, que se emitirá en enero de 1999, contendrá detalles sobre la cuota de inscripción, facilidades de alojamiento y paquetes turísticos, así como el formato oficial de entrega de los trabajos.

La correspondencia deberá ser dirigida a:

Dr. Alberto E. García Rivero  
Instituto de Geofísica y Astronomía  
Calle 212, No. 2906 e/29 y 31  
Reparto La Coronela, La Lisa  
Ciudad de La Habana, Cuba  
Fax: (537)33 9497

## **Características generales de las dunitas de la zona Merceditas, Moa, provincia de Holguín**

**José Alberto Pons Herrera\***  
**Carlos Alberto Leyva Rodríguez\*\***  
**Adis Fiol Cuenca\*\*\***

\*Ingeniero metalúrgico. Profesor asistente del Departamento de Metalurgia. ISMM. Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329  
\*\*Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor asistente. Departamento de Geología. ISMM. Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329  
\*\*\*Profesora asistente del Departamento de Metalurgia. ISMM. Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329

**RESUMEN:** El trabajo expone las principales características de las dunitas de la zona de Merceditas, donde se destaca la presencia de fases minerales del grupo de la serpentina, principalmente antigorita, transformada posteriormente durante su calentamiento en forsterita, lo que garantiza su utilización como material refractario en las empresas metalúrgicas del país.

**ABSTRACT:** This paper gives the main characteristics of dunites in Merceditas zone; mineral phases are located here serpentine groupe, especifically antigorite. Later transformed to forsterite by heating. This process guarantee its use as refractory materials in metallurgical plants in Cuba.

### **INTRODUCCIÓN**

**E**n Cuba, según los trabajos de Thayer (1942); Diomin (1966); Adamovich (1986); Fonseca (1992) y Camacho (1993), existen importantes reservas de dunitas con cierto grado de serpentización, localizadas principalmente en Camagüey y en el macizo montañoso Moa-Baracoa; están asociadas a los yacimientos de cromo, al igual que en la mayoría de los países que poseen este material.

En la región de Moa-Baracoa las rocas duniticas se extraen actualmente como parte de los escombros en las labores de explotación de los yacimientos cromíticos Merceditas y Amores; también son separadas durante el proceso de beneficio manual a que es sometido el mineral cromífero. Esta materia prima, compuesta por dunita en una proporción importante, no posee, por el momento, ninguna utilidad.

En los trabajos de Leyva y Pons (1996) y Pons y Leyva (1997), se dieron a conocer las posibilidades de empleo de esta materia prima como material refractario en diferentes empresas del país. En el presente trabajo se realiza la caracterización general de las dunitas de la zona de Merceditas en la región de Moa, donde se localizan importantes reservas.

#### *Breve caracterización geológica del yacimiento de cromitas Merceditas*

En la zona cromítica Moa-Baracoa se conocen alrededor de 90 yacimientos y manifestaciones, donde se distinguen los siguientes grupos principales: Merceditas-Yarey, cayo Guam-Cromita, Delta, Cantarrana, Potosí, Nibujón, Amores, Lirial, etc. La mayoría de estos cuerpos minerales yacen en harzburgitas o en pequeños lentes de dunitas.

El yacimiento Merceditas está ubicado en la parte suroeste del macizo hiperbasítico Moa-Baracoa y agrupa a los yacimientos de Piloto, Loro, Yarey y Merceditas. Este campo menífero está situado cerca del contacto con un gran macizo de gabroides, descrito por Diomin en 1966.

Del yacimiento de cromo Merceditas se extraen anualmente más de 6 000 toneladas de dunitas, solamente de la planta de beneficio, sin tener en cuenta las extraídas durante los procesos de apertura y preparación minera.

Las rocas ultrabásicas que encajan la mineralización cromítica están comúnmente serpentizadas; en ellas se destaca la presencia de peridotitas, dunitas y serpentinitas, como lo demuestran los trabajos de Columbié (1994), Cutiño (1997), Jerez y otros (1995), y Piñeiro (1993).

Las peridotitas están representadas por las variedades de la serie lherzolitas y harzburgitas, las cuales no se distinguen macroscópicamente por ser rocas oscuras y compactas con matriz vercosa. Están compuestas de 60-80 % de olivino en forma de relictos rodeados por el crisotilo asbesto.

Los piroxenos presentes en esta roca son el rómboico y en menor cantidad el monoclinico. También aparecen las espinelas cromíferas (0,5-1,5 %) y magnetita (0,5 %).

Las dunitas se localizan en la parte inferior de la asociación ofiolítica; están muy propagadas dentro de los límites del yacimiento y recubren los cuerpos minerales, pero sin ser portadoras de la mineralización cromífera. Las dunitas aparecen, además, en forma de vetas que cruzan los cuerpos minerales en forma de nidos y alcanzan potencias de pocos centímetros. Los contactos de estas rocas con las peridotitas son graduales, y de color variable en dependencia del grado de serpentinización; compuestas principalmente por olivino, serpentina y granos escasos de cromoespinelas (hasta 3 %), donde se destacan fundamentalmente los óxidos de aluminio, cromo, magnesio y hierro. Por estas características las dunitas son consideradas como escombros o material de rechazo durante los procesos de la minería del cromo.

De forma general los cuerpos de dunita se extienden a lo largo del contacto con los gabroides, separados de estos por una banda de rocas intensamente serpentinizadas. Las dunitas serpentinizadas se caracterizan por poseer la siguiente composición promedio: olivino, 95-97 %; piroxenos, 3-5 %; espinelas cromíferas, 0,5-1,0 %.

En el yacimiento Merceditas se destacan, de acuerdo con el color, dos variedades fundamentales de dunitas: verde oscura y pardo rojiza. Esta última se encuentra ampliamente distribuida, envolviendo los cuerpos de cromitas con una potencia aproximada de 0-6 m. Se caracterizan, además, por ser rocas compactas, de grano fino y agrietadas. El agrietamiento secundario se debe, fundamentalmente, al uso de explosivos en los trabajos mineros. En la zona de contacto con la cromita y con el gabro se acentúa el color rojizo y a medida que se aleja se torna más pardo.

Las serpentinitas se extienden en forma de bandas estrechas a lo largo del contacto tectónico de las rocas ultrabásicas con el macizo de gabroides, estas rocas van desde colores oscuros hasta grises claros, fuertemente fracturados, con numerosos espejos de fricción. Las peridotitas fueron las rocas madres de estas serpentinitas.

Las rocas gabroides presentes en este yacimiento se encuentran a lo largo del contacto tectónico con las rocas ultrabásicas; macroscópicamente se distinguen dos tipos principales de gabroides: el normal y el olivínico; este último se halla con mayor frecuencia en el contacto con las rocas ultrabásicas.

Los trabajos de Proenza (1996) y Fonseca y otros (1992) destacan la existencia de tres tipos diferentes de dunita, según su génesis:

a) Residuales, producto de la fusión parcial incongruente de los piroxenos.

b) De cristalización cotéctica con cromita.

c) De procesos de cristalización, típicas de zona cumulativa.

Las dunitas menos alteradas suelen estar más distantes del contacto con los gabros, de los niveles de despegue de los mantos de sobrecorrimiento (plano de cabalgamiento) y de las principales estructuras disyuntivas.

Las dunitas con mayores valores de Mg, son las residuales originadas por fusión parcial (tipos a y b). Mientras que las dunitas cumulativas (tipo c) tienen valores inferiores de forsterita (Mg, Ni), y más fayalita (Fe, Mn), que constituyen patrones típicos de su formación por cristalización fraccionada.

#### Características generales de las dunitas

La dunita es una roca básica de origen magmático formada en su mayor parte por silicatos magnésicos y en menor cuantía por silicatos, aluminatos o silicoaluminatos de hierro, calcio, magnesio, o de sus combinaciones.

Los trabajos desarrollados por Goldschmidt (1938) en el estudio de refractarios a base de olivino, abrieron el camino a varios investigadores como Bennett (1940), Belov (1951), Ross (1954) y Thayer (1942), los cuales lograron caracterizar las dunitas de diferentes partes del mundo. Posteriormente los trabajos de Birle, Brindley, Earley, Miller, Ragan, Yoder y Yudin en la década de los años 50, permitieron ampliar los conocimientos sobre esta materia prima refractaria, que se comienza a utilizar en gran escala a partir de los años 60, principalmente en los talleres de fundición.

A partir de los años 70 se incrementaron las investigaciones sobre la estructura y propiedades de este material, donde se destacan los trabajos de Condie (1969), Chernosky *et al.* (1985), Duke (1964), Lamont (1977) y Nafzinger (1967), entre otros, los cuales iniciaron y completaron gran parte de los cálculos termodinámicos sobre las principales transformaciones físico-químicas que sufren los minerales de olivino. Estos estudios permitieron ampliar, posteriormente, el campo de utilización de estos materiales.

Entre los principales usos de las dunitas a nivel mundial se destacan los siguientes: fundente en los Altos Hornos, arena de fundición, industria de elaboración de acero, material de construcción y *sand blasting* entre otros (Anon, 1977); Beckius, 1970 y Formoso y otros (1994).

Los principales yacimientos de dunita a nivel mundial se localizan en Noruega (Aaheim), Estados Unidos (Twin Sisters, Webster), Nueva Caledonia (Noumea), Nueva Zelandia (Dun Mountain, Red Hills, Red Mountain), España (Galicia), Austria (Leoben), Suecia, Canadá, Italia, Grecia, Sudáfrica y Brasil entre otros. La composición química promedio de algunas de las dunitas de los principales yacimientos existentes en el mundo, incluyendo las de la zona de Merceditas, se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1. Análisis químico de las dunitas de diferentes países (%)

Compuestos	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	40,55	40,88	41,32	40,96	38,66	40,4	37,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,11	0,01	0,21	1,96	1,14	1,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,20	0,30	0,18	0,87	0,95	2,65
FeO	7,99	8,28	7,49	7,86	5,96	9,0	4,68
TiO <sub>2</sub>	0,14	0,015	0,010	0,010	---	0,013	0,025
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,02	0,04	0,02	0,32	0,23	0,31
CaO	0,06	0,03	0,29	0,15	1,09	0,25	0,47
MgO	50,37	50,10	49,56	50,45	38,72	47,5	41,7
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,05
K <sub>2</sub> O	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05
MnO	0,12	0,15	0,15	0,13	0,10	0,15	0,09
CoO	---	0,013	0,011	0,010	---	0,012	0,010
NiO	0,28	0,32	0,31	0,25	0,25	0,34	0,27
H <sub>2</sub> O	0,13	0,23	0,60	0,29	0,26	0,8	0,35
PPI	10,20	9,86	9,75	10,45	11,12	10,25	12,50

1. Dunitas de Twin Sisters, Washington, E.E. U.U.; 2. Webster, North Carolina, E.E. U.U.; 3. Noumea, Nueva Caledonia; 4. Dun Mountain, Nueva Zelandia; 5. Galicia, España; 6. Ste. Anne des Monts, Canadá; 7. Merceditas, Moa, Cuba.

Petrográficamente, las dunitas son de tipo equigranular, con cristales muy finos; mientras que mineralógicamente, ofrecen pocas variaciones en su composición y carecen de carbonatos y sílice libre; le proporciona interesantes características y propiedades para su uso en la industria siderúrgica (Formoso, 1996; Griffiths, 1989 y Lamont, 1977).

De forma general las principales características de las dunitas son:

- Predominio mineralógico del olivino.
- Textura protoclastica.
- Carácter ultrabásico (menos de 45 % de SiO<sub>2</sub>).
- Escasez o ausencia de feldespato.
- Densidad entre 2,7 y 3,5 g/cm<sup>3</sup>.
- Color variado, en función de su composición, desde amarillo claro hasta verde oscuro, pasando por el verde olivo, lo que define su nombre.

#### EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este trabajo se estudian las principales características químicas, térmicas y mineralógicas de las dunitas de la zona de Merceditas, que permiten explicar

las propiedades refractarias de este material, y que se evalúa en los trabajos de Pons y otros (1995 y 1997).

#### Análisis químico

Los resultados promedio de los análisis químicos realizados a las muestras de dunitas, representativas de la zona de estudio, se presentan en la Tabla 1; se destaca su similitud con las de otros yacimientos existentes en el mundo.

#### Análisis por microsonda electrónica de barrido

Los cristales de olivino presentes en las dunitas de este yacimiento fueron analizados en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona, se empleó un microscopio electrónico, provisto de microsonda electrónica de barrido CAMECA modelo SX-50. Los análisis se realizaron utilizando una tensión de aceleración de 20 kV y una corriente sobre la muestra de 20 nA, midiendo sobre las líneas espectrales K $\alpha$  del Mn, Fe y Ni con un cristal LIF; Mg, Si y Al con un cristal TAP y el Cr, V y Ti con un cristal PET. Los patrones que se utilizaron fueron: periclase (Mg), cromita (Cr, Al, Fe), rodonita (Mn), óxido de níquel (Ni), rutilo (Ti), vanadio (V) y ortoclasa (Si). Los resultados promedio de algunos de estos análisis se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. Resultados de los análisis por microsonda electrónica (%) realizados a cristales de olivino presentes en las dunitas del yacimiento de cromo "Merceditas"

Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Total
M-1	40,89	0,000	0,000	0,013	53,19	0,000	0,097	5,357	0,430	99,98
M-2	40,63	0,000	0,024	0,038	53,34	0,018	0,107	5,350	0,567	100,1
M-3	40,16	0,030	0,000	0,000	52,61	0,020	0,093	5,361	0,484	98,74
M-4	42,46	0,009	0,003	0,020	52,41	0,004	0,090	5,376	0,567	100,9
M-5	41,43	0,009	0,003	0,010	52,12	0,008	0,046	5,595	0,447	99,66

Las fases minerales espinelas cromíferas, presentes en las dunitas de la zona de Merceditas, ocupan un volumen menor que 2 % de la roca. Los contenidos pro-

medio de los principales elementos que la componen se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. Resultados de los análisis por microsonda electrónica (%) realizados a cristales de espinelas cromíferas presentes en las dunitas del yacimiento de cromo "Merceditas"

Muestras	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	FeO	NiO	Total
M-1	0,19	29,67	0,16	35,84	4,85	14,41	0,15	14,55	0,13	99,95
M-2	0,17	27,13	0,15	34,58	8,24	12,35	0,29	17,17	0,16	100,2
M-3	0,32	25,76	0,18	36,43	7,38	12,62	0,26	16,51	0,18	99,65
M-4	0,21	28,72	0,19	35,32	4,6	12,51	0,23	16,85	0,15	98,77
M-5	0,33	26,06	0,19	40,67	2,63	12,93	0,24	16,07	0,15	99,76

#### Análisis termogravimétrico

El estudio termogravimétrico de las dunitas de la zona de Merceditas se realizó en los laboratorios del I.M.R.E., perteneciente a la Universidad de La Habana; se utilizó un derivatógrafo Q-1500 D de la firma húngara MOM, con el cual se obtuvo información sobre análisis termogravimétrico, A.T.G.; derivada del análisis termogravimétrico, D.T.G. y análisis térmico diferencial, A.T.D. En la Figura 1 se ofrece el desarrollo de las curvas A.T.G. y A.T.D.

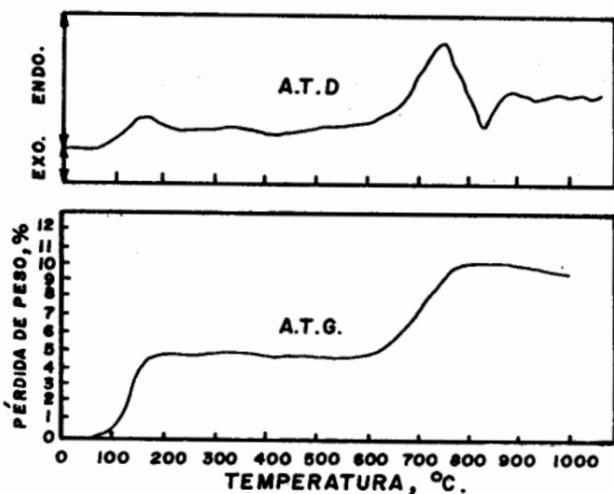


FIGURA 1. Análisis termogravimétrico (A.T.G.) y análisis térmico-diferencial (A.T.D.) de las dunitas de la zona de Merceditas.

La curva A.T.D. está caracterizada por un pico endotérmico, que aparece a los 750 °C como consecuencia de la deshidratación, acompañado de otro exotérmico a los 850 °C. Este comportamiento es característico de los minerales del grupo de la serpentina, principalmente la antigorita ( $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ).

En la Figura 1 se observa que después de un ligero efecto endotérmico entre 105-185 °C, correspondiente a la eliminación de la humedad higroscópica, se produce un intenso efecto endotérmico en la zona de 600-830 °C, con un pico a 750 °C, característico del desprendimiento de agua estructural. Aparece además

un efecto exotérmico agudo con un pico a los 850 °C, atribuible a la transformación de la fase antigorita en forsterita; esto se corrobora a través de diferentes análisis difractométricos realizados por Pons y Puentes (1997).

#### Análisis por difracción de rayos X

La composición mineralógica de las dunitas de la zona de Merceditas se determinó por difracción de rayos X, empleando un difractómetro alemán modelo HZG-4. Los resultados obtenidos indican que está constituida, fundamentalmente, por minerales del grupo de la serpentina, y que se destaca la antigorita como fase principal, según se puede apreciar en la Figura 2.

#### DISCUSIÓN

Las rocas ultrabásicas que encajan la mineralización cromítica de la zona de Merceditas están comúnmente serpentizadas y se destaca la presencia de peridotitas, serpentinitas y dunitas. Estas últimas poseen una composición química muy similar a las existentes en otras partes del mundo; y se destaca en ellas el relativamente alto contenido de óxido de magnesio y silicio, característica fundamental de los minerales de olivino.

De forma general, los cuerpos de dunita se extienden a lo largo del contacto con los gabroides, separados de estos por una banda de rocas intensamente serpentizadas, constituidas por minerales pertenecientes al grupo de la serpentina, fundamentalmente antigorita, lizardita y crisotilo, como quedó demostrado en los análisis de rayos X realizados.

Los análisis de microsonda electrónica realizados a cristales de olivino (Tabla 2), permitieron establecer para este tipo de mineral la siguiente fórmula cristaloquímica general:



donde las fases isomorfas del olivino presentes en este material oscilan entre los siguientes valores: forsterita,  $Fo = 91,62-94,68$  y fayalita,  $Fa = 8,37-5,31$ . Se comprobó, además, que en este caso el olivino es portador de minerales del níquel y no de manganeso, como ocurre en la mayoría de las dunitas existentes en otros países.

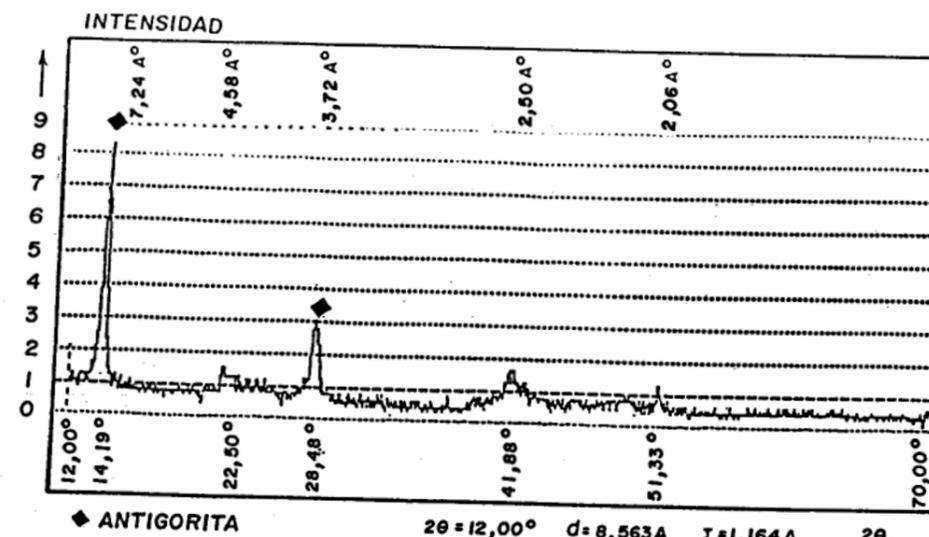


FIGURA 2. Difractograma de las dunitas naturales de la zona de Merceditas.

Los análisis térmico-diferenciales destacan la presencia de dos efectos de entalpía fundamentales, uno endotérmico, que aparece a los 750 °C como consecuencia de la deshidratación del material, acompañado de otro exotérmico a los 850 °C, que está asociado, evidentemente, a la ocurrencia de una transformación de fase en el material. Este comportamiento es característico de la antigorita ( $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ), lo que quedó demostrado en los análisis de difracción de rayos X realizados.

Los resultados de A.T.G. demuestran que la eliminación de la humedad higroscópica del material ocurre entre 105-200 °C aproximadamente, donde se produce una pérdida en peso de 5 %. El desprendimiento del agua estructural se verifica entre 500-800 °C, y alcanza su mayor efecto a los 750 °C, con pérdidas de alrededor de 10 % con respecto a la masa inicial. En este caso la posición del principal efecto endotérmico depende de la composición de la muestra, ya que la presencia de  $Fe_2O_3$  produce el efecto a temperaturas más bajas y disminuye el comportamiento exotérmico. Por otra parte, el efecto exotérmico agudo a los 850 °C, es característico de compuestos con iones  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  y  $Ni^{2+}$  principalmente, lo que confirma la identificación de la antigorita, cuyo residuo después de la deshidratación, tiende a recrystalizar como forsterita ( $Mg_2SiO_4$ ), de una refractariedad próxima a los 1 800 °C (Pons y Puentes, 1997).

Los difractogramas obtenidos durante el análisis de las dunitas naturales indican que la fase mineralógica principal en este material es la antigorita y en menor proporción el crisotilo y la lizardita, fases muy semejantes entre sí. Como se puede observar en la Figura 2 estos resultados confirman los análisis termogravimétricos.

Los resultados demuestran que se está en presencia de un material serpentizado, en el que predominan los minerales del grupo de la serpentina, específicamente antigorita, el cual se transforma posteriormente en la fase forsterita una vez eliminada el agua estructural que lo acompaña; de esta forma se confirman las posibilidades de aplicación de las dunitas de la zona de Merceditas como material refractario.

#### CONCLUSIONES

De forma general, las dunitas de la zona de Merceditas poseen las características siguientes:

1. Estas rocas poseen, en mayor o menor medida, cierto grado de serpentización, lo que se evidencia por la presencia de fases mineralógicas del grupo de la serpentina, principalmente antigorita ( $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ).
2. La eliminación de la humedad higroscópica se verifica en el intervalo de temperatura entre 100-200 °C; esto es importante para su utilización como arena de fundición, según los trabajos de Pons y otros (1995).
3. El efecto endotérmico observado a los 750 °C, confirma la eliminación del agua estructural de las dunitas, con pérdidas de, aproximadamente, 10 % de su masa inicial.
4. El efecto exotérmico a los 850 °C demuestra la transformación de la antigorita y la estabilización de la forsterita, como fase principal, a partir de la completa eliminación de la humedad de este material.

#### REFERENCIAS

- ADAMOVICH, A. y V. CHEJOVICH: *Principales características de la geología y minerales útiles de la región norte de la provincia de Oriente*, Colección de artículos, I.C.G.M.-I.S.M.M., 1986.
- ANON, J.: «Opportunities for increasing olivine output», *Industrial Minerals*, no. 29, pp. 11-21, feb., 1970.
- : «Olivine and Dunite-Blast Furnace usage adds new Dimension», *Industrial Minerals*, no. 29, feb., 1977.
- BECKUS, K.: «Olivine: Its properties and uses», *Industrial Minerals*, no. 29, pp. 22-26, feb., 1970.
- BELOV, N.V.; E.N. BELOVA and N.H. ANDRIANOVA: *Determination of the parameters in the olivine (Forsterite) structure with the harmonic three-dimensional synthesis*, Academy of Science. U.S.S.R., no. 81, pp. 399-402, 1951.
- BENNETT, W.A.: «Ultrabasic rocks of the Twin sisters mountain», *Bulletin Geological Society of American*, vol. 51, pp. 2019, Washington, 1940.

- BIRLE, J.D.; G.V. GIBBS; P.B. MOORE and J.V. SMITH: «Crystal structure of natural olivines», *American Mineralogist*, vol. 53, pp. 807-824, 1968.
- BRINDLEY, G.M. and J. ZUSSMAN: «A structural study of the transformation of serpentine minerals to forsterite», *American Mineralogist*, no. 42, pp. 461-474, 1957.
- CAMACHO, S.J. y R.M. ORTIZ: *Caracterización geólogo-tecnológica de materias primas refractarias de la región de Moa para su utilización en el taller de fundición de la E.M.Ni*, Trabajo de diploma, I.S.M.M., Moa, 1993.
- COLUMBIÉ, G.B. y S.R. SÁNCHEZ: *Estudio y caracterización preliminar de las rocas ornamentales del área correspondiente al yacimiento de Merceditas*, Trabajo de diploma, I.S.M.M., 1994.
- CONDIE, K.C. and J.A. MADISON: «Compositional and volume changes accompanying progressive serpentinization of Dunites from the Webster addie ultramafic body», *American Mineralogist*, vol. 54, pp. 1173-1179, North Carolina, 1969.
- CUTIÑO, C. y R.A. RUEDA: *Composición sustancial y perspectiva de utilización de las litologías asociadas a la mineralización cromífera de la región de Moa*, Trabajo de diploma, I.S.M.M., 1997.
- CHEKOSKY, J.V.; H.W. DAY and L.J. CARUSO: «Equilibria in the system MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O: Experimental determination of the stability of Mg Anthophyllite», *American Mineralogist*, vol. 70, pp. 223-236, 1985.
- DANA, M.: *Manual de mineralogía*, Edit. Mir, Moscú, 1978.
- DIOMIN, A.T. y J. KOSARETSKI: *Informe sobre los resultados de los trabajos de exploración del grupo de yacimientos de cromita refractaria Merceditas-Yarey y de la revisión de los yacimientos conocidos en los límites en el macizo hiperbasítico Moa-Baracoa para los años 1963-1965*, C.N.F.G., La Habana, 1966.
- DUKE, D.A. and J.D. STEPHENS: «Infrared investigation of the olivine groups minerals», *American Mineralogist*, no. 49, pp. 1388-1406, 1964.
- EARLEY, J.W.: «On chlorine in serpentinized dunite», *American Mineralogist*, vol. 43, pp. 148-155, 1958.
- FONSECA, E. y otros: *Geología de los yacimientos cromíticos con evaluación y pronóstico*, I.G.P., La Habana, 1992.
- FORMOSO, A. y otros: «La dunita como agente de eliminación de alcalinos en el horno alto», *Revista Metalúrgica*, no. 30, vol. 4, pp. 227-234, Madrid, España.
- GOLDSCHMIDT, V.M.: «Olivine and forsterite refractories in Europe», *Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 30, pp. 32-33, 1938.
- GRIFFITHS, J.: «Olivine Volume the Key to success», *Industrial Minerals*, no. 1, pp. 25-35, 1989.
- GUILD, P.W.: «Petrology and structure of the Moa chromite district Oriente. Cuba», *Geological Survey Bulletin*, pp. 37-55, U.S., 1948.
- JEREZ, O.G.; C.R. LEYVA y J.H. PONS: *Estudio geólogo-tecnológico de las dunitas serpentinizadas y cortezas caolínicas de la región de Moa para su empleo como materiales refractarios*, Informe técnico, I.S.M.M., Moa, 1995.
- KNIPPER A. y R. CABRERA: «Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y eugeosinclinal del cinturón hiperbasítico de Cuba», *Revista contribución a la geología de Cuba*, Publicación especial, no. 2, A.C.C., 1974.
- LAMONT, W.E.: *Olivine foundry sand from North Carolina Dunite by differential grinding*, Fall Meeting, 22 pp., St Louis, 1977.

- LEYVA, C.R. y J.H. PONS: «Posibilidades de utilización de materias primas de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel», revista *Minería y Geología*, vol. 13, no. 1, 1996.
- MILLER, R.: «The Webster-Addie ultramafic ring, Jackson County, North Carolina, and secondary alteration of its chromite», *American Mineralogist*, vol. 38, pp. 1134-1147, 1953.
- Monografías de rocas industriales: «Dunita y Olivino»*, Instituto Geológico y Minero de España, 1987.
- NAFZINGER, R.H. and A. MUAN: «Equilibrium phase, composition and thermodynamic properties of olivine and pyroxenes in the system MgO-FeO-SiO<sub>2</sub>», *American Mineralogist*, vol. 52, pp. 1364-1385, 1967.
- PIÑEIRO, E.: *Proyecto de exploración y explotación del lente no. 2 en el yacimiento Merceditas*, T.D., I.S.M.M., 1993.
- PONS, J.H. y C.R. LEYVA: «Aplicación de las dunitas en los talleres de fundición», revista *Minería y Geología*, no. 1, 1997.
- PONS, J.H.; C.R. LEYVA y O.B. NÚÑEZ: *Aplicación de dunitas de la zona de Merceditas en los procesos de fundición*, Informe técnico, I.S.M.M., Moa, 1995.
- PONS, J.H. y J.R. PUENTES: *Estudio del comportamiento térmico de las dunitas de la región de Moa*, Informe técnico, I.S.M.M., 1997.
- PROENZA, F.J.: *Estudio de las ofiolitas de la zona de Merceditas*, Informe técnico, Universidad de Barcelona, 1996.
- RAGAN, D.M.: «The mode of emplacement of the twin sisters dunite», *Bulletin Geological Society of America*, vol. 70, pp. 1742-1743, Washington, 1959.
- ROSS, C.S.; M.D. FOSTER y A.T. MYERS: «Origin of dunites and olivine-rich inclusions in basaltic rocks», *American Mineralogist*, vol. 39, no. 9-10, pp. 693-737, 1954.
- SCHALLER, G.S. and W.A. SNYDER: «Industrial application of olivine aggregate», *Modern Castings*, vol. 33, no. 6, pp. 99-104, 1958.
- : «New foundry sand», *Modern Metals*, vol. 13, no. 9, pp. 82-86, 1957.
- SEGURA, S.R.: *Introducción a la petrografía*, Edit. URMO, Bilbao, España, 1973.
- SNYDER, W.A.: «How to use olivine sand», *Foundry*, vol. 85, no. 9, pp. 100-105, 1957.
- TEAGUE, K.H.: «Olivine», *Industrial Minerals and Rocks*, vol. 2, no. 50, pp. 989-996, 1983.
- THAYER, T.P.: «Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process», *American Mineralogist*, no. 61, pp. 685-710, 1966.
- : *Chrome resources of Cuba*, Geological Survey Bulletin, 935-A, U.S., 1942.
- TORRES, R.M.: *Caracterización de la asociación ofiolítica de la región norte de Moa-Baracoa y su relación con el arco volcánico del cretácico*, T.D. I.S.M.M., 1987.
- TURNER, F.J. y J. VERHOOGEN: *Petrología ígnea y metamórfica*, Ediciones Omega, Barcelona, España, 1963.
- YODER, H.S. and T.G. SAHAMA: «Olivine X-ray determinative curve», *American Mineralogist*, no. 42, pp. 475-491, 1957.
- YUDIN, M.I.: *Dunite of the Boris Mountain range and their origin*, Academy of Science, Bulletin U.S.S.R., Geology Service, no. 2, pp. 807-824, 1968.

# La sismoestratigrafía como método de investigación de la cuenca cenozoica al norte de Cuba

Carlos Sosa Meizoso\*  
Roberto Otero Marrero\*  
Evelio Linares Cala\*  
Ignacio Hernández González\*

\*Centro de Investigaciones del Petróleo. Washington # 169, esq. Churruca. Cerro. C. Habana.

## INTRODUCCIÓN

**RESUMEN:** La evolución de la cuenca fue examinada después de efectuado el análisis secuencial, a partir de la determinación de las superficies erosivas y su correlación cronoestratigráfica con los pozos perforados en el litoral norte y sus cayos adyacentes. Se determinó que está formada por una megasecuencia, con seis ciclos deposicionales bien definidos.

Se demuestra, además, la influencia de los movimientos cíclicos convergentes, por la exacta coincidencia de los sucesivos truncamientos con las zonas de máxima imbricación de los frentes de los mántos cabalgados y de los pliegues de la plataforma limitados por fallas inversas. Estos originaron los sistemas de fallas transcurrentes que tuvieron lugar en períodos posteriores al colapso del orógeno principal, y reactivaron los antiguos sistemas sobrecorridos. Como consecuencia, se ocasionó un mejoramiento de los reservorios en esas zonas señaladas, y se originaron vías expeditas para la migración de los hidrocarburos generados en la cuña de los cabalgamientos.

**ABSTRACT:** The historic evolution of this fore arc basin was determined by sequential analysis and wells drilled. Erosional surfaces were determined as well as chronostratigraphic correlation. The information available shows that in the entire region there are six depositional cycles which we call megasequence.

We show the influence of convergent cyclic movements due to exact locations of successive truncations related to imbrications along the thrust belts fronts, as well as platformal folds limited by reverse faults. All these caused the development of strike slip faults which occurred after the collapse of the main orogen and reactivated the previous overthrusts. Due to these movements the reservoir properties were enhanced and also better pathway for hydrocarbon migrations were obtained from the thrust sheet wedge.

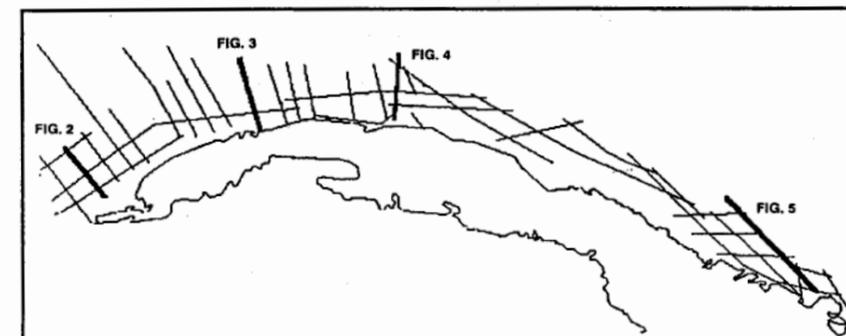


FIGURA 1. Mapa de ubicación de las secciones sísmicas interpretadas.

## Evaluación sismoestratigráfica de la sedimentación cenozoica al norte de Cuba

La cuenca se desarrolló sobre la plataforma de Bahamas y la cuña de los cabalgamientos; su límite sur contacta con dicha plataforma y se extiende hacia el norte.

Los cortes sísmicos (Figuras 2, 3, 4 y 5), interpretados bajo los conceptos modernos de la sismoestratigrafía, autorizan a considerar la cuenca como constituida por una megasecuencia, integrada por seis ciclos deposi-