

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y  
QUIMICA  
INGEOMINAS

MINERALOGIA Y QUIMICA DE LOS DEPOSITOS DE  
CROMITA PODIFORME DE LAS DUNITAS DE  
MEDELLIN, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA,  
COLOMBIA

Por:

JAIRO ALVAREZ A.  
Geólogo

1987

## CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| RESUMEN.....  | 35     |
| 1. INTRODUCCION.....  | 35     |
| 2. CONTEXTO GEOLOGICO Y CARACTERISTICAS DE LOS CUERPOS<br>PODIFORMES..... | 35     |
| 3. QUIMICA DE LA CROMITA .....  | 36     |
| 4. CARACTER MICROSCOPICO DE LA CROMITA.....                               | 41     |
| 5. ORIGEN DE LOS DEPOSITOS DE CROMITA PODIFORME.....                      | 41     |
| 6. BIBLIOGRAFIA.....  | 45     |

### ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| 1. Localización de ocurrencias podiformes de cromita en el cuerpo de tectonitas dunitas de Medellín.....   | 37 |
| 2. Distribución de las cromitas pertenecientes a los depósitos podiformes de las dunitas de Medellín, en el triángulo de clasificación de Stevens (1944).....  | 38 |
| 3. Variaciones de Cr/(Cr+Al) vs Mg/(Mg+Fe <sup>2+</sup> ) e n las menas de cromita de las dunitas de Medellín en comparación con las cromitas ricas en Al del área de Gomati, Península Chalkidiki (Grecia)..... | 39 |
| 4. Textura de silicatos ocluidos transicional a textura en malla de silicatos.. Depósito de Patio Bonito .....   | 40 |
| 5. Mena de cromita diseminada, grano fino a medio, con variación a cromita grano grueso y masiva. Depósito de Patio Bonito .....   | 40 |
| 6. Textura cúmulus en las menas de cromita. Depósito de Patio Bonito .....   | 42 |
| 7. Cristales de cromita (Cr) corroídos y con notables embahiamientos sugiriendo disolución intergranular. Depósito de Patio Bonito.....  | 42 |
| 8. Cristales subhedrales y en formas de gota incluidos en granos de cromita con bordes similares a Figura 5. Patio Bonito.....   | 43 |
| 9. Granos de cromita (Cr) gris oscura subhedrales fracturados, en proceso de transformación a ferricromita (fCr) gris clara bajo luz reflejada, y a magnetita (mg) blanca. Depósito El Chagualo.....             | 43 |

### TABLAS

|  |    |
|--|----|
| 1. Análisis con microsonda electrónica de las cromitas de los depósitos podiformes de las dunitas de Medellín comparadas con otras cromitas..... | 38 |
|--|----|

## RESUMEN

Los depósitos de cromita podiforme de las dunitas tectonitas de Medellín son característicos de ofiolitas. Las menas de cromita son del tipo diseminado, bandeado schlieren, lenticular e irregular. Las variaciones químicas de dichas menas, determinadas por microsonda electrónica, indican que son cromitas magnesio-alumínicas, las cuales aunque son afines con otras cromitas altas en Al pertenecientes a las ofiolitas típicas de Oman y Grecia, poseen contenidos más altos que aquellas en aluminio y en magnesio. Estudios microscópicos mostraron que las menas de cromita tienen texturas cúmulus relictas, son generalmente cataclásticas y están alteradas a ferricromita y magnetita. Con base en la información existente, su origen se interpreta preliminarmente como producto de acumulación magmática, a partir de magmas basálticos, en cámara estrecha y en la parte más baja de la secuencia transicional de una ofiolita. Estos depósitos pudieron experimentar deformación plástica de diversa intensidad en el manto formando algunas acumulaciones paralelas a la foliación, además de sufrir procesos tectónico-metamórficos posteriores a niveles corticales.

## 1. INTRODUCCION

Es un hecho aceptado hoy que las ofiolitas, aunque pueden diferir en composición con relación a la litosfera oceánica actual, son fragmentos de litosfera oceánica antigua que han sido subsecuentemente emplazados en márgenes continentales (COLEMAN, 1971; DIETZ, 1963).

En el complejo ultramáfico basal de las ofiolitas se encuentran localizados los cuerpos podiformes de cromita, tanto en las peridotitas tectónicas como en los cúmulus ultramáficos situados encima de ellas.

En Colombia las únicas ocurrencias de cromita podiforme se presentan en la tectonita dunita de Medellín (ALVAREZ, 1982), situada al Este de dicha población (Figura 1) y aunque son conocidas hace varios lustros y han sido explotadas, no existe información conocida sobre sus características químicas y mineralógicas.

Varios autores (BOTERO, 1963; JARAMILLO *et al.*, 1971; Naciones Unidas - INGEOMINAS, 1976; ALVAREZ, 1982), se han referido en mayor o menor detalle a la petrología de las rocas ultramáficas que encajan los cuerpos de cromita, pero referencias de éstos se encuentran someramente en Jaramillo *et al.*, (1971) y en mucho mayor detalle, haciendo reseña de su distribución y forma, en los reportes de Geominas Ltda. (1973, 1975).

El propósito de este trabajo es contribuir al conocimiento de la mineralogía y geoquímica de las cromitas aportando información adicional. El autor expresa su sincero agradecimiento al señor Maurizio Bonardi del Servicio Geológico del Canadá, quien amablemente efectuó los análisis de las cromitas usando una microsonda electrónica, Kevex E.P.S.; y al doctor Thomas Feininger, de la misma institución, persona que hizo los contactos para que dichos análisis se pudieran realizar.

## 2. CONTEXTO GEOLOGICO Y CARACTERISTICAS DE LOS CUERPOS PODIFORMES

Las cromitas se encuentran albergadas en una dunita, con estructura de tectonita, que constituye un cuerpo en forma de cuña de 60 km<sup>2</sup> aproximadamente (ALVAREZ, 1982), perteneciente al cinturón ofiolítico Romeral (ALVAREZ, 1985). El conocimiento que se tiene hasta el presente indica aparentemente que no existen otros miembros ofiolíticos y que la masa ultramáfica es exclusivamente dunítica.

La dunita tiene una fábrica deformacional o con textura transicional a mosaico. No se han reportado minerales primarios diferentes a olivino magnesiano, alargado y deformado y cromita accesoria. La dunita se encuentra alterada en grados variables a minerales serpentínicos, anfíboles, clorita, talco, magnetita y carbonatos. Algunos de éstos se han originado posiblemente por acción metasomática de cuerpos magmáticos félsicos. Los granos de olivino varían de 0,3 mm a 1,5 mm, aunque excepcionalmente tienen hasta 7 mm, mientras que los granos de la cromita son generalmente menores de 1 mm.

Las dunitas poseen foliación primaria definida por el olivino y enfatizada por los minerales secundarios y también tiene meso y microplegamientos. Estos últimos y la foliación se piensa que son fábricas tectónicas derivadas del manto. Una segunda foliación está sobreimpuesta a la primera y es producto de esfuerzos cizallantes ocasionales posiblemente durante su emplazamiento.

El nombre de cuerpos podiformes, acuñado por Thayer (1964, 1969), y su variación externa en forma y tamaño (THAYER, 1960), para cromitas tipo alpino u ofiolitas, describe bien la forma general de las mismas en la masa dunítica de Medellín. Las ocurrencias de cromita se presentan principalmente en el sector meridional de dicha masa, formando tres concentraciones mayores con 27 ocurrencias, de las cuales 17 son afloramientos y las demás, acumulaciones eluviales o residuales (GEOMINAS, 1973, 1975) (Figura 1).

De acuerdo a la información presentada por Geominas (1973, 1975), las estructuras de las menas de cromita se pueden interpretar como del tipo diseminado, bandeado schlieren (asociación de capas con cromita diseminada y masiva), lenticular (lentes de cromita masiva o capas de cromitita formando cordones) o irregular. El tipo lenticular principalmente

tiene una relación estrecha con fallas y zonas de cizalladura en la dunita. Las ocurrencias de cromita varían de centímetros a metros, siendo el más grande el depósito de Patio Bonito actualmente agotado, con menos de 30 m de longitud y hasta 7 m de espesor. El rumbo de los cuerpos cromitíferos es variable, subparalelo o diagonal a la dirección de la dunita, pero siempre con fuerte inclinación al Oeste (GEOMINAS, 1973, 1975).

### 3. QUIMICA DE LA CROMITA

En la Tabla 1 se anotan cuatro análisis de cromititas efectuadas por microsonda electrónica, correspondientes a ocurrencias diferentes en la dunita, y también para comparación, varios análisis de cromititas altas en aluminio de las ofiolitas de Grecia.

Las cromititas de las dunitas de Medellín, están caracterizadas por una variación recíproca en Cr y Al y un contenido más o menos constante en  $Fe^{2+}$  (Figura 2). Las cromititas se sitúan en el rango composicional, determinado por Stevens (1944), para cromo-espinel y cromita rica en aluminio. Las relaciones  $Cr/Cr + Al$  y  $Mg/Mg + Fe^{2+}$  varían de 0,54 a 0,69 (promedio 0,64) y 0,57 a 0,64 (promedio 0,60) respectivamente (Figura 3). La característica antes mencionada, la baja relación  $Fe^{2+}/Mg$  la poca concentración de titanio ( $TiO_2$  0,30) (Tabla 1), y el escaso contenido en  $Fe_3+$  de las cromititas de Medellín, son típicas de cromitas podiformes (THAYER, 1970), las asemejan a otras menas de cromita maciza alta en aluminio, como las de Oman y Grecia y las diferencian claramente de las existentes en complejos ultramáficos estratificados. El empobrecimiento en titanio de la parte tectónica de las ofiolitas parece ser debido al proceso de fusión parcial que enriquece en Ti el líquido formado en detrimento del residuo refractario (DICK, 1977; LEBLANC *et al.*, 1979).

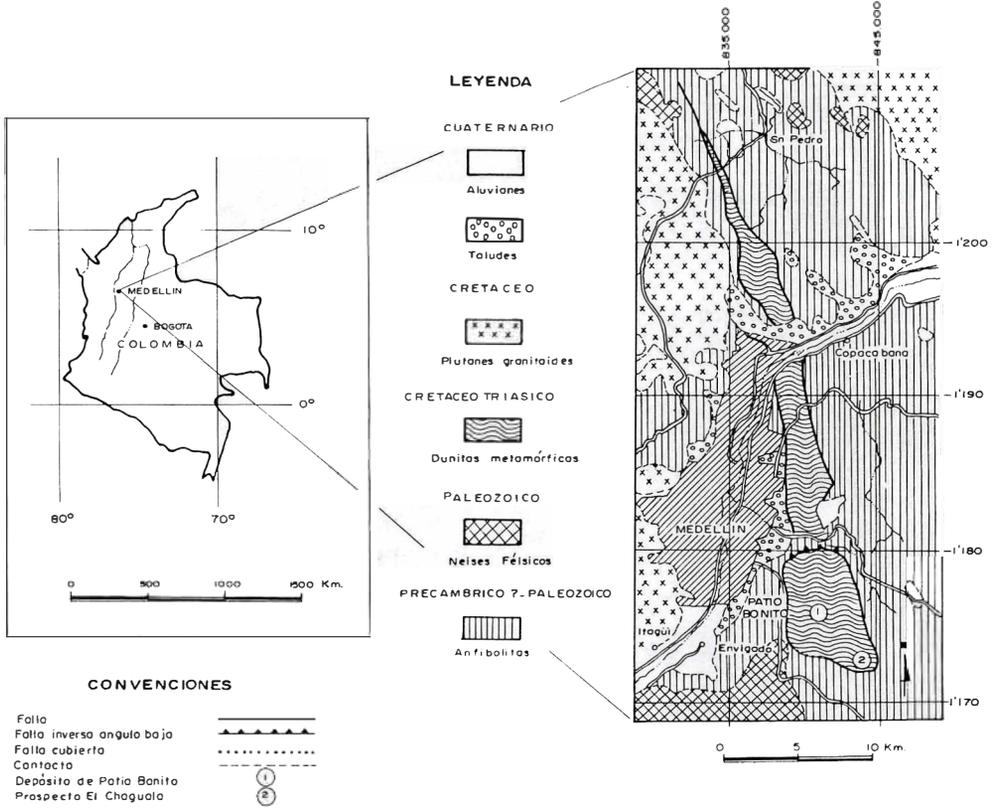


Figura 1: Localización de ocurrencias podiformes de cromita en el cuerpo de tectonitas dunitas de Medellín.

Se debe resaltar la diferencia existente en el contenido de cromo y aluminio entre las menas de cromita del prospecto El Chagualo, al sur del cuerpo dunítico, y las demás muestras de mena al norte de él (Figura 1). Los valores de  $Cr_2O_3$  son 31,79% y 42,05% y en  $Al_2O_3$  35,22% y 26,03% respectivamente. Así mismo, la baja relación  $Cr/Cr+Al$  para el prospecto El Chagualo (0,54) en comparación de los contenidos similares (0,68) de las otras ocurrencias.

De las consideraciones anteriores se puede colegir que las cromitas, pertenecientes a los cuerpos podiformes de las dunitas de Medellín, aunque tienen una

composición afín con otros depósitos ofiolíticos altos en Al se diferencian de ellos por el alto contenido en Mg y la baja relación  $Fe^{2+}/Mg$ .

#### 4. CARACTER MICROSCOPICO DE LA CROMITA

En las muestras de cromita de las diversas ocurrencias se encuentran relictos de textura cúmulus y existe, en general, deformación moderada dando lugar a fuerte lineación de los granos de cromita y cierto bandeamiento con capas discontinuas irregulares constituidas por granos de cromita y silicatos que definen igualmente la foliación (Figura 4).

|                                | 1      | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8      | 9      | 10     | 11     |
|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
|                                |        |       |        |        |        |        |       |        | 701132 | 700114 | 701131 |
| SiO <sub>2</sub>               | 0.16   | 0.09  | 0.16   | 0.00   | 0.29   | 0.23   | 0.25  | -      | -      | 0.03   | -      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 23.86  | 25.21 | 28.27  | 29.22  | 24.59  | 25.02  | 23.48 | 25.95  | 27.39  | 24.75  | 35.22  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 44.81  | 43.12 | 39.90  | 37.59  | 40.57  | 39.58  | 39.06 | 42.81  | 40.68  | 42.66  | 31.79  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.07   | 0.12  | 0.11   | 0.17   | 0.29   | 0.15   | 0.12  | 0.33   | 0.12   | 0.30   | 0.02   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.37   | 3.56  | 3.58   | 5.40   | 4.38   | 5.12   | 5.78  | 4.30   | 4.49   | -      | 3.99   |
| FeO                            | 10.43  | 10.98 | 10.96  | 12.61  | 16.94  | 17.30  | 20.72 | 8.14   | 9.99   | 13.02* | 9.60   |
| MgO                            | 16.12  | 16.12 | 16.59  | 15.54  | 12.33  | 11.82  | 9.62  | 18.48  | 17.29  | 18.55  | 18.01  |
| MnO                            | 0.24   | 0.13  | 0.25   | 0.15   | 0.67   | 0.71   | 0.42  | 0.04   | 0.04   | 0.00   | 0.03   |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -     | 0.13   | 0.17   | -      | 0.09   |
| NiO                            | 0.00   | 0.35  | 0.19   | 0.20   | 0.04   | 0.31   | 0.11  | -      | -      | -      | -      |
|                                | 100.06 | 99.68 | 100.01 | 100.88 | 100.10 | 100.24 | 99.56 | 100.18 | 100.17 | 99.32  | 98.75  |
| Si                             | 0.005  | 0.003 | 0.005  | 0.000  | 0.071  | 0.056  | 0.063 | -      | -      | 0.008  | 9.521  |
| Al                             | 0.840  | 0.889 | 0.979  | 1.008  | 7.093  | 7.223  | 6.963 | 7.168  | 7.580  | 6.998  | 5.765  |
| Cr                             | 1.059  | 1.029 | 0.927  | 0.870  | 7.851  | 7.851  | 7.771 | 7.932  | 7.553  | 8.090  | 0.004  |
| Ti                             | 0.002  | 0.003 | 0.002  | 0.003  | 0.053  | 0.028  | 0.023 | 0.058  | 0.021  | 0.054  | 0.689  |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.098  | 0.080 | 0.079  | 0.123  | 0.807  | 0.943  | 1.094 | 0.759  | 0.793  | -      | 1.841  |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.261  | 0.275 | 0.267  | 0.309  | 3.467  | 3.544  | 4.360 | 1.595  | 1.961  | 2.612* | 6.159  |
| Mg                             | 0.718  | 0.719 | 0.727  | 0.687  | 4.498  | 4.316  | 3.608 | 6.456  | 6.051  | 6.632  | 0.005  |
| Mn                             | 0.006  | 0.003 | 0.006  | 0.003  | 0.139  | 0.147  | 0.090 | 0.008  | 0.008  | 0.000  | -      |
| Ni                             | 0.000  | 0.008 | 0.004  | 0.005  | 0.008  | 0.061  | 0.022 | -      | -      | -      | 0.017  |
| V                              |        |       |        |        |        |        |       | 0.025  | 0.033  |        |        |

\* FeO como hierro total

1, 2, 3, 4, cromitas del complejo ofiolítico de Vourinos (Economou, 1983)

5, 6, 7, cromitas de la Península de Chalkidiki (Norte de Grecia)

8, 9, 10, 11 cromitas de las dunitas de Medellín (8, 9, 10: Patio Bonito; 11 el Chagualo)

Analizador: Sr. Maurizio Bonardi. Servicio Geológico del Canadá.

Tabla 1: Análisis con microsonda electrónica de las cromitas de los depósitos podiformes de las dunitas de Medellín comparadas con otras cromitas

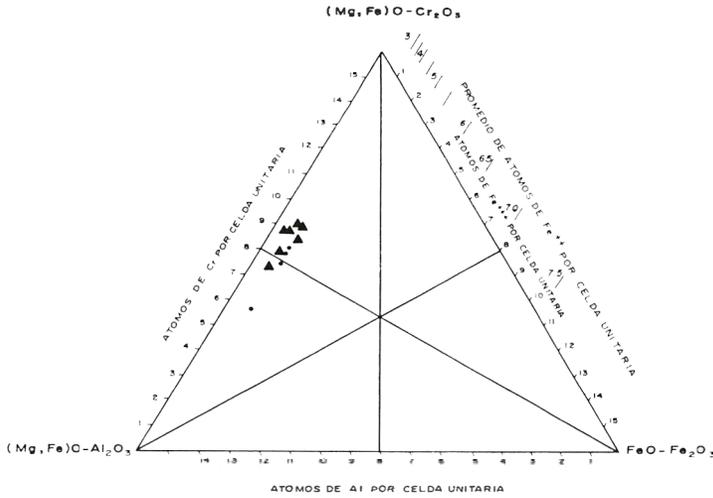


Figura 2: Distribución de las cromitas pertenecientes a los depósitos podiformes de las dunitas de Medellín, en el triángulo de clasificación de Stevens (1944). ● Cromitas de Medellín. ▲ Cromitas ricas en Al del complejo ofiolítico de Troodos (Bosques Limassol), Chipre. Datos tomados de Panayiotou (1978).

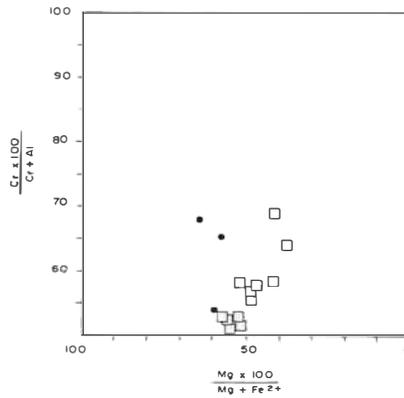


Figura 3: Variaciones de Cr/(Cr+Al) vs Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) en las menas de cromita de las dunitas de Medellín en comparación con las cromitas ricas en Al del área de Gomati, Península Chalkidiki (Grecia). ● Cromitas de Medellín. □ Cromitas de Gomati.

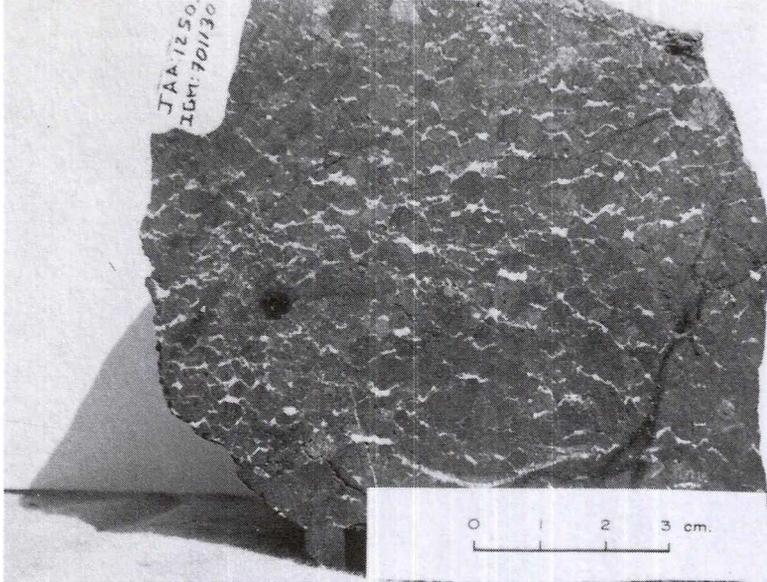


Figura 4. Textura de silicatos ocluidos transicional a textura en malla de silicatos. Nótese la lineación de las cromitas que definen una foliación incompleta. Silicatos (blanco), cromita (negro). Depósito de Patio Bonito.

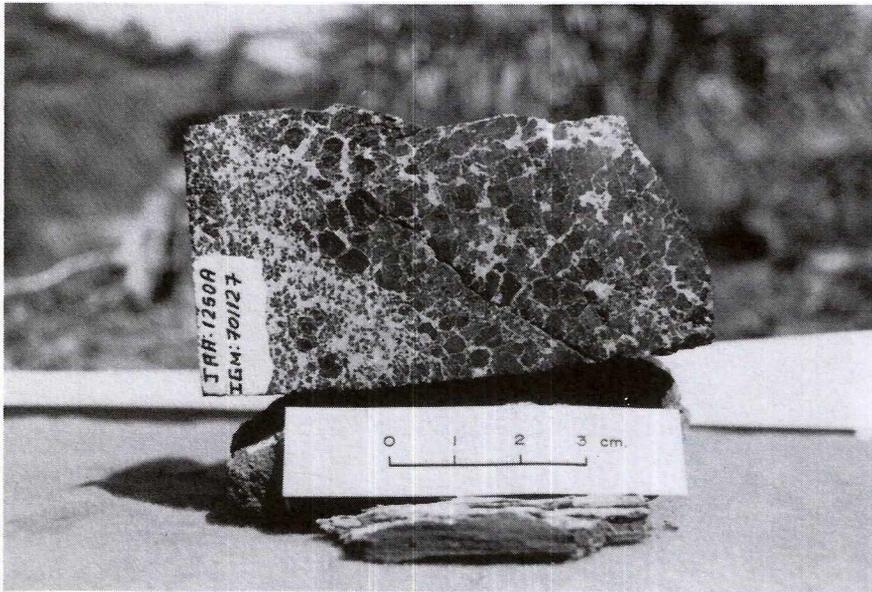


Figura 5. Mena de cromita diseminada, grano fino a medio, con variación a cromita grano grueso y masiva. Depósito de Patio Bonito.

La mena es maciza a diseminada pero ocurren variaciones graduales entre ambos tipos (Figura 5). Además presenta textura en malla de silicatos (Figura 4) y textura con silicatos ocluidos existiendo también entre éstas completa gradación. Generalmente, sin embargo, varios tipos están presentes en una ocurrencia.

Los granos de cromita son subhedrales (Figura 6) a parcialmente redondeados, algunos con notorios embahiamientos sugiriendo disolución (Figura 7). En algunos casos existen sólo relictos de grano original, el cual ha experimentado un intenso reemplazamiento por serpentina y otros silicatos. Este fenómeno de corrosión intergranular fue observado por Panayiotou (1978) en las cromitas de Chipre y fue interpretado por él como un fenómeno que ocurrió después de la depositación de la cromita.

El tamaño de los granos de cromita varía predominantemente de 0,5 mm a 3 mm y son en general cataclásticos, aunque en una muestra de cromita del depósito de Patio Bonito, los granos están bastante sanos, en cambio, en el prospecto El Chagualo la cataclasis es muy intensa. Tanto los espacios entre los granos como las fracturas están rellenas con silicatos y a veces otros minerales. Específicamente las cromititas de Patio Bonito poseen una matriz constituida por clorita, en cambio en El Chagualo, es de serpentina y olivino magnésiano (Fo 94%).

Así mismo, ocasionalmente se ven cristales euhédricos o en forma de gota de un mineral, posiblemente olivino transformado, incluidos en la cromita (Figura 8) o entre granos de cromita, reemplazados por clorita o serpentina.

Bajo el microscopio de luz reflejada se observa claramente que los cristales de cromita están alterados marginalmente, formando zonas irregulares o parches, a

magnetita o ferricromita (cromo-espinel rico en hierro). Este fenómeno aunque es muy claro en la mena de El Chagualo (Figura 9), lugar donde se observa un contacto neto entre los dos tipos de alteración, se encuentra generalmente en una etapa más avanzada de transformación a magnetita en Patio Bonito. De acuerdo a varios autores, entre ellos Panayiotou (1978), la ferrocromita se enriquece en hierro a expensas del aluminio y magnesio. Estos elementos pasan metasomáticamente a la matriz y, en buena medida, son responsables de la formación de la clorita. La magnetita rellena también fracturas. Esporádicos granos alargados de awaruita y anhédrales de millerita (o calcopirita) también se presentan.

## 5. ORIGEN DE LOS DEPOSITOS DE CROMITA PODIFORME

En relación con el origen de los depósitos de cromita podiforme no existe consenso y es un asunto de controversia, por lo tanto, primero se desea recalcar las diversas opiniones, expresadas por varios autores y sintetizadas por Economou (1983), Leblanc *et al.* (1979) y enmarcar dentro de ellas el origen de las cromitas de Medellín.

Las ofiolitas están conformadas en su parte inferior por una unidad ultramáfica, compuesta esencialmente por harzburgita, considerada quizá como un residuo refractario del manto (o manto empobrecido) y una secuencia cúmulus estratificada, predominantemente gabroide, que suprayace la unidad anotada. Las ocurrencias de cromita se encuentran principalmente en una zona transicional entre las unidades mencionadas antes, en una secuencia esencialmente dunítica, compuesta por capas alternadas de dunita, werhlita y piroxenita (ECONOMOU, 1983; NICOLAS y PRINZHOFER, 1983).

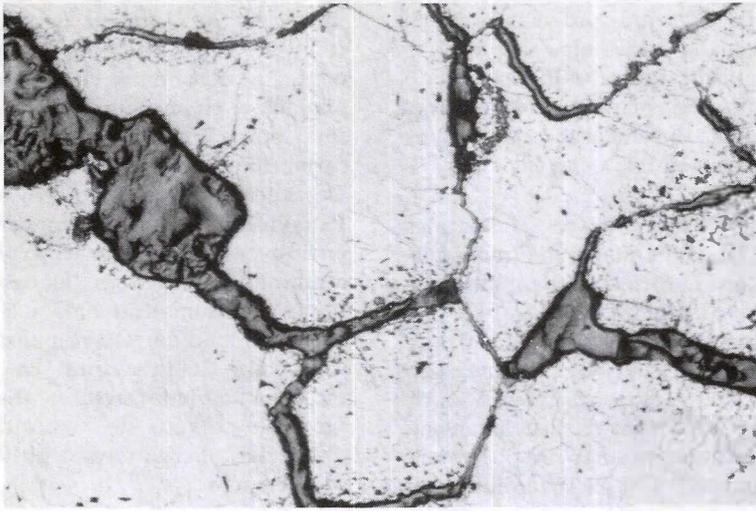


Figura 6. Textura cúmulus en las menas de cromita. Depósito de Patio Bonito. Obsérvense los márgenes de granos en estado avanzado de metasomatismo. Cr: cromita gris homogénea. Si: silicatos Mg; borde de magnetita característicamente ahuecada. Nicol // .625X.

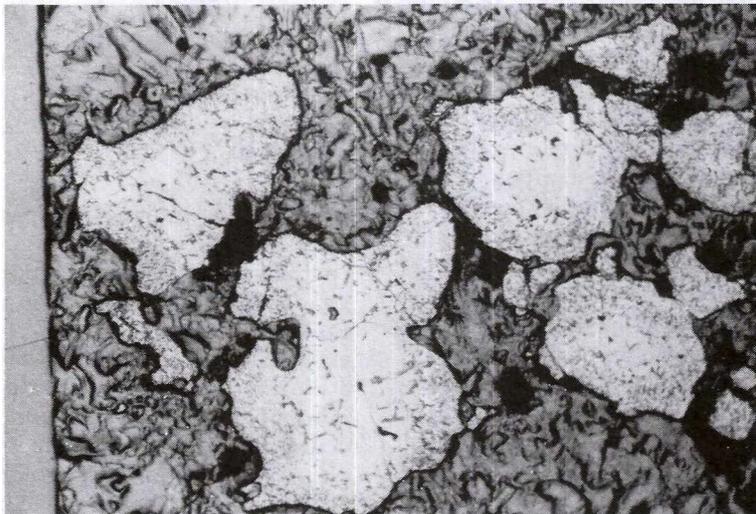


Figura 7. Cristales de cromita (Cr) corroídos y con notables embahamientos sugiriendo disolución intergranular. Nicol // .550X. Depósito de Patio Bonito.

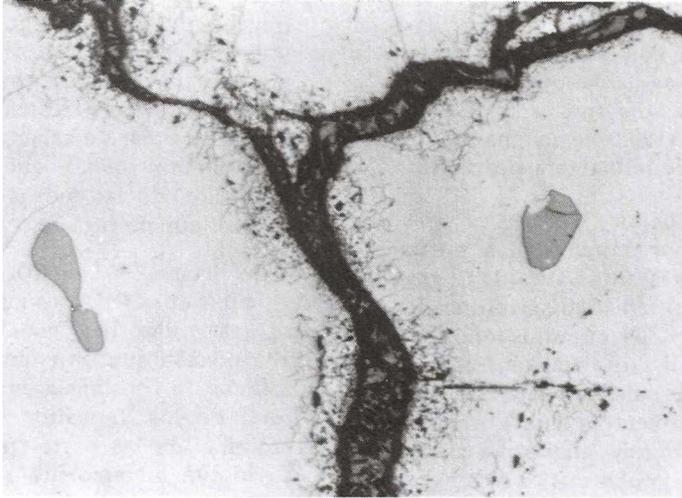


Figura 8. Cristales subhedrales y en formas de gota incluidos en granos de cromita con bordes similares a Figura 5. Nicol // 500X. Patio Bonito.

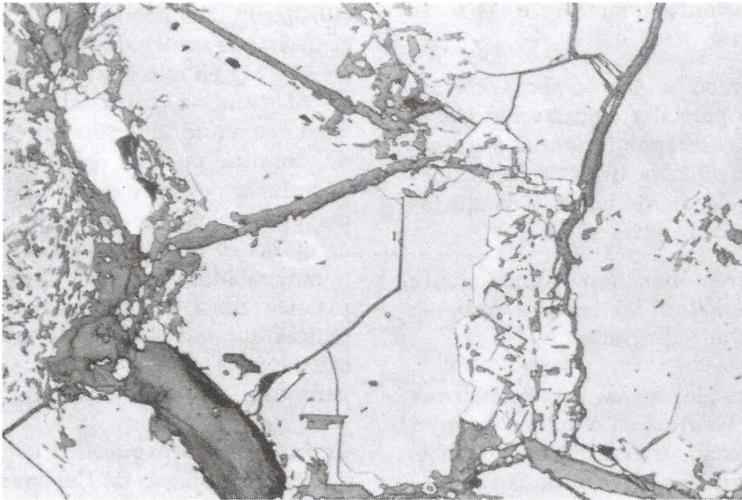


Figura 9. Granos de cromita (Cr) gris oscura subhedrales fracturados, en proceso de transformación a ferricromita (fCr) gris clara bajo luz reflejada, y a magnetita (mg) blanca. En el borde se ve un pequeño grano de calcopirita, cp (o millerita?). Las grietas y espacios intergranulares contienen serpentina (s). Depósito El Chagualo. Nicol // 1600X.

Varios autores (THAYER, 1964, 1970; DICKEY, 1975, COLEMAN, 1977; PANAYIOTOU, 1978; CASSARD *et al.*, 1981) consideran la zona transicional como parte inferior de la secuencia magmática que suprayace a la harzburgita tectónica y Nicolas y Prinzhofer (1983) le asigna un origen residual predominantemente.

Según Economou (1983), y es un hecho aceptado por muchos, las menas de cromita existentes en los grandes complejos ultramáficos estratificados (ej: Bushveld) y los cúmulos ofiolíticos se derivan de la cristalización fraccional de un magma basáltico en una cámara magmática, mientras que el origen de los cuerpos de cromita podiforme, localizados en el complejo ultramáfico tectónico basal de las ofiolitas, no solamente es poco claro sino que la historia de dichos cuerpos es complicada. Ellos se han interpretado como:

- Antiguos horizontes estratiformes (cúmulus) contemporáneos con la cristalización magmática de las rocas encajantes.
- Concentraciones contemporáneas de la fusión parcial y deformación plástica que corresponderían a segregaciones residuales o a cristalizaciones precoces dentro de bolsas o conductos magmáticos *in situ*.
- Concentraciones por hundimiento gravitacional de las capas de cromita de cúmulus suprayacentes.

Por otra parte, las menas de cromita ricas en cromo y las ricas en aluminio parecen tener un mismo origen. En efecto, en el complejo ofiolítico de Vourinos (Grecia) menas de cromita ricas en Al, albergadas en harzburgita tectónica y las ricas en Cr encajadas en dunitas tectónicas, mostraron características geoquímicas similares sugiriendo un origen común para todos los depósitos de cromita presentes en el complejo. Las cromitas ricas en Al se

habrían derivado del mismo magma en una etapa temprana de segregación fraccional; sin embargo, la tendencia invertida en la variación de elementos mayores en las cromitas de complejos estratiformes, con respecto a la de las ofiolitas a pesar de haber traslape, sugiere a Economou (1983), que el proceso de formación de las menas de cromita en ofiolitas aún no es claro.

Según Irvine, 1967 (en COLEMAN, 1977), las cromitas altas en Al es más probable que se desarrollen bajo condiciones de más alta presión que las cromitas ricas en Cr asumiendo constancia en la composición total de los depósitos. En Oman, las cromitas de las partes más bajas de la peridotita metamórfica son ricas en Al mientras que las cromitas ricas en cromo están situadas de 100 a 200 m del contacto con el gabro (COLEMAN, 1977).

Las cromitas de los cuerpos podiformes de las dunitas de Medellín, aunque pertenecen al tipo rico en Al de Thayer (1970), son cromitas magnesio-alumínicas, es decir, con contenidos un poco más altos en Al y Mg en relación a las cromitas ricas en Al de otras ocurrencias en ofiolitas. Como se anotó anteriormente, las menas de cromita poseen restos de texturas cúmulus a pesar de estar deformadas en mayor o menor grado y se encuentran encajadas en una dunita con alto grado de homogeneidad química y deformación plástica de alta temperatura, características que indujeron a Alvarez (1982) a considerarla como una tectonita dunita, parte basal de una ofiolita.

Con base en lo expuesto antes se podría aceptar la hipótesis de Coleman (1977), la cual con respecto a este tipo de secuencias, anota que los cuerpos de cromita se formaron como cúmulus en la zona de transición, en el nivel más profundo de la secuencia magmática experimentando desorganización de la textura cúmulus primaria por deformación subsolidus en

el manto. Además los altos gradientes geotermales de la zona de transición aparentemente gobiernan la localización en ella de cromita podiforme (CASSARD *et al.*, 1987), cuyo origen ha sido explicado por Lago *et al.* (1982), como producto de acumulación magmática, coincidiendo en este aspecto con Coleman (1977), en estrechas bolsas a lo largo de canales que conducen magma basáltico hacia la corteza suprayacente en expansión.

Los depósitos de cromita podiforme pueden ser elongados y rotados por deformación plástica continuada en el manto superior y la corteza (THAYER, 1969), formando lentes paralelos a la foliación (CASSARD *et al.*, 1981). También, según Prinzhofer *et al.* (1980), las dunitas más bajas de la zona de transición están comúnmente deformadas como las harzburgitas tectónicas infrayacentes y pueden tener flujo plástico de alta temperatura con desarrollo de foliación adquirida subsecuentemente, ya sea siendo cúmulus o residuales, a su formación. Esta es precisamente una de las particularidades de las tectonitas dunitas de Medellín (ALVAREZ, 1982). Por otra parte, en varias ofiolitas en el mundo las dunitas inferiores gradan a harzburgita tectónica (NICOLAS y PRINZHOFER, 1983), cuando la secuencia no está desmembrada estructuralmente, fenómeno que sí se presenta en las dunitas de Medellín (ALVAREZ, 1982). Además, Nicolás y Prinzhofer (1983) y Lago *et al.* (1982) aluden a la naturaleza altamente magne-

siana que caracteriza, tanto a la cromita de las menas podiformes como al olivino que forma las rocas y la matriz de los depósitos. Según dichos autores, contenidos superiores al 90% de forsterita (Fo) implicarían la existencia de un magma parental picrítico el cual es desconocido en relación a basaltos teleíticos eruptados. Coleman (1977), anota para olivinos de peridotitas tectónicas, contenidos de Fo que varían entre 87 y 94% traslapando en parte, con la composición de los olivinos presentes en cúmulus ultramáficos cuyo contenido en Fo varía de 80 a 90%, siendo, además, derivados en este último caso, de un magma parental toleítico.

Aunque los pocos datos disponibles podrían sugerir contenidos altamente magnesianos para las dunitas y cromitas de Medellín (ALVAREZ, 1982), no es posible sacar una conclusión definitiva en este aspecto, tanto por la precisión del método utilizado en la determinación de Fo, como por los pocos análisis efectuados.

En conclusión, dados los antecedentes, sería lógico suponer que los cuerpos de cromitas de Medellín, se habrían originado en la parte más baja de la zona de transición de una ofiolita, junto con las masas duníticas que las albergan, como producto de acumulación magmática en bolsas o en cámaras estrechas comunicadas por canales que conducirían magma basáltico hacia la corteza suprayacente en expansión.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, J., 1982.- *Tectonitas dunitas de Medellín*, Depto. de Antioquia Colombia. Inf. 1896, INGEOMINAS, Medellín, 62 p.
- \_\_\_\_\_, 1985.- *Ofiolitas y evolución tectónica del Occidente Colombiano*. Inf. 1988, INGEOMINAS, Medellín, 30 p.
- BOTERO, G., 1963.- *Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia*. An. Fac. Minas (Medellín) 57: 101 p.

- CASSARD, D., NICOLAS, A., RABINOWITCH, M., MOUTTE, J., LEBLANC, M. and PRINZHOFER, A., 1981.- *Structural classification of chromite pods in southern New Caledonia*. *Econ. Geol.*, 76: 805-831.
- COLEMAN, R. G., 1971.- *Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges*. *Jour. Geophys. Res.* 76: 1212-1222.
- \_\_\_\_\_, 1977.- *Ophiolites*. Springer, Heidelberg., 229 p.
- DICK, H. J. B., 1977.- *Parcial melting in the Josephine peridotite, the effect on mineral composition and its consequence for geobarometry and geothermometry*. *Am. J. Sci.*, 277: 801-832.
- DICKEY, J. S. Jr., 1975.- *A hypothesis of origin for podiform chromite deposits*. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 39: 1061-1075.
- DIETZ, R. S., 1963.- *Alpine serpentinites as oceanic rind fragments*. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 74: 947-952.
- ECONOMOU, M., 1983.- *Platinum group metals in chromite ores from the Vourinos ophiolite complex, Greece*. *Ofioliti*, 8(3): 339-356.
- \_\_\_\_\_, 1984.- *On the chemical composition of the chromite ores from the Chalkidiki Peninsula, Greece*. *Ofioliti*. 9 (2): 123-134.
- GEOMINAS, Ltda., 1973.- *Proyecto Cromitas. Exploración Geológica. Primera Etapa*, 45 p.
- \_\_\_\_\_, 1975.- *Proyecto cromitas. Inf. final* 39 p.
- JARAMILLO, J. M., POSADA, J. H. y SERNA, R., 1971.- *Serpentinites que afloran en la parte oriental del Valle de Medellín y sus minerales asociados*. *Fac. Minas, Medellín. Tesis de grado, ined.*, 74 p.
- LAGO, B. L., RABINOWICZ, M. and NICOLAS, A., 1982.- *Podiform chromite orebodies: A genetic model*. *J. Petrology* 23: 103-125.
- LEBLANC, M., DUPUY, C., CASSARD, D., MOUTTE, J., NICOLAS, A., PRINZHOFER, A., RABINOWITCH, M. and ROUTHIER, P., 1979.- *Essai sur la genese des corps podiformes de chromite dans les peridotites ophiolitiques: Etude des chromites de Nouvelle-Caledonie et comparaison avec celles de Mediterranée Orientale*. *Internat. Ophiolite Simp., Nicosia, Cyprus*, 691-701.
- NACIONES UNIDAS - INGEOMINAS, 1976.- *Investigación detallada de los cuerpos ultrabásicos de Medellín (Depto. de Antioquia)*. *Inf. Técnico*, 37 p.
- NICOLAS, A. and PRINZHOFER, A., 1983.- *Cumulative or Residual origin for the transition zone in ophiolites: Structural Evidence*. *Journ. Petrol.* 24 (2): 188-206.
- PANAYIOTOU, A., 1978.- *The mineralogy and chemistry of the podiform chromite deposits in serpentinites of the Limassol Forest*. *Cyprus. Miner. Deposita*, 13: 259-274.
- PRINZHOFER, A., NICOLAS, A., CASSARD, D., MOUTTE, J., LEBLANC, M., PARIS, J. P. and RABINOWITCH, M., 1980.- *Structures in New Caledonia peridotites - gabbros: implications for oceanic mantle and crust*. *Tectonophysics*, 69: 85-112.
- STEVENS, R. E., 1944.- *Composition of some chromite of the western hemisphere*. *Am. Mineral.* 29, 1-39.
- THAYER, T. P., 1960.- *Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbro complexes*. *Internat. Geol. Cong. 21 st Copenhagen. 1960, Rept., Norden, pt. 13: 247-259*.
- \_\_\_\_\_, 1964.- *Principal features and origins of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag district, Turkey*. *Econ. Geol.*, 59: 1497-1524.
- \_\_\_\_\_, 1969.- *Gravity differentiation and magmatic reemplacemnt of podiform chromite deposits*. *Econ. Geol. Mon* 4: 132-146.
- \_\_\_\_\_, 1970.- *Chromite segregations as petrogenetic indicator*. *Geol. Soc. South Africa. Spec. Publ.*, 1: 380-390.

