



Universidad de Granada



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Universidad de Granada
Máster Geología Aplicada a los Recursos Minerales (GEOREC)
Trabajo Final de Máster

**PETROGÉNESIS DEL DEPÓSITO DE CROMITA EN LA
PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA:
IMPLICACIONES ECONÓMICAS**

(Petrogenesis of chromite ore in Paraguaná peninsula, Venezuela:
economics implications)

DAVID JOSÉ MENDI FERNÁNDEZ

Directores:
Fernando Gervilla (UGR)
Joaquín Proenza (UB)
Franco Urbani (UCV)

Granada, septiembre 2016

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL
TRABAJO FIN DE MÁSTER**

D. David José Mendi Fernández con pasaporte 114051275, que presenta el Trabajo Fin de Máster con el título:

“Petrogénesis del depósito de cromita en la península de Paraguaná,
Venezuela”

Declaro la autoría y asume la originalidad de este trabajo, donde se han utilizado distintas fuentes que han sido todas citadas debidamente en la memoria.
Y para que así conste firma la presente el 23 de septiembre de 2016.

El autor: David Mendi Fernández

RESUMEN

Complejos ofiolíticos afloran a lo largo de los límites norte, sur y oeste de la placa Caribe, conformados por rocas ultramáficas, cromititas, gabros, diabasas, basaltos y rocas sedimentarias. En el límite sur del Caribe, en el noroeste de Venezuela, afloran los únicos cuerpos de cromitita masiva (podiforme) conocidos en esta región. El objetivo de esta investigación es conocer la petrogénesis de los cuerpos de cromitita en la denominada “Ofiolita de Cerro Colorado”, península de Paraguaná, a partir de la caracterización petrográfica, química mineral mediante EPMA y LA-ICP-MS y elementos del grupo del platino (EGP) de las cromititas, dunitas y harzburgitas encajantes.

El cuerpo principal de cromitita masiva tiene una forma tabular (pods) de aproximadamente 45 m de largo, entre 2-4 m de espesor y una profundidad mínima de 12 m, con rumbo N50E y buzamiento 15NW. El contacto es neto concordante con la roca encajante harzburgita y dunitas, también con sills de gabro y diques de diabasa que cortan a la cromitita. La cromitita se presenta masiva ($\geq 85\%$ en peso de Cr-espínela) en el cuerpo principal, semimasiva (84-60%) en los bordes del cuerpo y nodular/diseminada ($< 60\sim 50\%$) en la periferia. Los cristales de Cr-espínela tanto en las peridotitas como en la cromitita son subhedrales-anhedrales con textura pull-apart y, tanto las peridotitas como la matriz silicatada de las cromititas se encuentran serpentinizada por lizardita con textura mallada y vetillas de crisotilo.

Las cromititas son ricas en Al (23-30% Al_2O_3 en peso) de grado refractario, con media de #Cr de 0,45 (nodular/diseminada), de 0,53 (semimasiva) y de 0,55 (masiva), generados por magmas *back arc basin basalt* (BABB) y con un porcentaje de fusión parcial entre 16 y 19%, en un contexto de zona de suprasubducción (SSZ), siendo pobres en elementos del grupo del platino (EGP), como es típico de cromititas ofiolíticas. Sin embargo presenta ligero enriquecimiento en Pt, Pd y Au, que junto a la presencia de anomalías positivas en Zn, Co y Mn indica un proceso de alteración hidrotermal tardía ligado a las fases finales de la serpentización o incluso, a la formación de filoncillos de magnesita y ópalo.

La cromitita pudo generarse en dos eventos, uno más rico Cr y Ti (semimasiva y masiva) con una mayor relación fundido/roca y otro más rico Al (nodular/diseminada) con una baja relación fundido/roca. Las variaciones composicionales de la Cr-espínela en las harzburgitas, dunitas y cromititas ponen de manifiesto que los tres diferentes tipos de rocas no están en equilibrio con el mismo tipo de magma. Estas variaciones composicionales sugieren procesos de percolación/reacción en ambientes tipo zona de suprasubducción (SSZ).

Para el Cretácico Inferior la cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado se debió haber formado en un arco de isla de la placa Caribe, mientras esta migraba relativamente desde el oeste rumbo a su posición actual y no en un centro de expansión oceánico asociado al proto-Caribe, como se ha propuesto hasta ahora para las ofiolitas del norte de Venezuela.

Palabras claves: Noroeste de Venezuela, Ofiolita de Cerro Colorado, cromititas podiformes, arco de isla del Caribe

Abstract

Ophiolitic complexes, composed by ultramafic rocks, chromitites, gabbros, diabases, basalts and sedimentary rocks, crop out along the northern, southern and western boundaries of the Caribbean plate. On the southern edge of the Caribbean, in northwestern Venezuela, crop out the only bodies of chromitite (podiform) known in this region. The objective of this work is to understand the petrogenesis of the bodies of chromitite into denominate "Cerro Colorado Ophiolite" in Paraguaná peninsula, Venezuela, from petrographic characterization of chromitites and its host rocks harzburgites, dunites, mineral chemistry by EPMA and LA-ICP-MS and platinum group elements (PGE).

The main body of massive chromitite is tabular (pods) about 45 m long, 2-4 m thickness, with a minimum depth 12 m, with strike N50E and dip 15NW. The host rock harzburgite and dunite in sharp concordant contact, also with gabbros sill and diabase dikes cross-cutting the chromitite. The chromitite are divide into: massive (≥ 85 w. % of Cr-spinel) - the main body, semi-massive (84-60%) at the edges of the body and nodular/disseminate ($< 60 \sim 50\%$) in the periphery. The crystals of Cr-spinel in both, peridotites and chromitite are subhedral to anhedral, with pull-apart cross-cutting texture. Boht peridotites and the siliceous matrix groundmass of chromitites are highly serpentinized to lizardite, with mesh texture and veinlets of chrysotile.

The chromitites are Al rich (23-30 w. % Al_2O_3), refractory grade, with average Cr# 0.45 (in the nodular/disseminate), 0.53 (in the semi-massive) and 0.55 (in the massive), were generated by magmas in back arc basin basalt (BABB), which were produced by percentages of partial melting between 16 and 19% in suprasubducción zone (SSZ) context. They show a low abundance bulk PGE typical of ophiolitic chromitites. However presents light enrichments in Pt, Pd and Au, which together the positive anomalies in Zn, Co and Mn indicate a late hydrothermal alteration process associated to the serpentinization or even, to the formation of magnesite and opal veins.

The chromitite would be generated in two events, first richer in Cr and Ti (semi-massive and massive) with a high melt/rock ratio and second richer in Al (nodular/disseminate) with a low melt/rock ratio. Cr-spinel compositional variations in the harzburgite, dunite and chromitite show that the three different types of rock are not in equilibrium with the same magma. These compositional variations suggesting percolation/reaction processes in suprasubducción zone (SSZ) environments.

In the Early Cretaceous the chromitite of the Cerro Colorado Ophiolite is must have formed in the Caribbean plate Island Arc, while this plate migrated from the western to present position and, not in a ocean spreading center associated with the proto-Caribbean, that has been proposed for all ophiolites in the northern of Venezuela.

Keywords: Northwestern Venezuela, Cerro Colorado Ophiolite, podiforms chromitites, Caribbean island arc.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONTEXTO GEOLÓGICO	2
2.1. Ofiolitas en el Norte de Venezuela	2
2.2. Ofiolita de Cerro Colorado, península de Paraguaná	5
2.3. Cuerpos de cromititas en la Ofiolita de Cerro Colorado: relaciones de campo	7
3. MUESTREO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS	9
3.1. Muestreo (campo y toma de muestras)	9
3.2. Técnicas analíticas	15
3.2.1. Análisis petrográfico con microscopio de luz reflejada y transmitida	16
3.2.2. Química mineral de elementos mayoritarios. Microsonda Electrónica (EMPA)	16
3.2.3. Química mineral de elementos traza. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente y con Ablación Láser (LA-ICP-MS)	16
3.2.4. Análisis de Elementos del Grupo del Platino (EGP)	17
3.2.5. Cálculos de la composición del fundido parental de la Cr-espinela	17
4. ROCAS ENCAJANTES	18
4.1. Peridotitas	18
4.1.1. Petrografía	18
4.1.2. Química Mineral	18
5. CROMITITA	23
5.1. Textura y mineralogía	23
5.2. Petrografía	23
5.3. Química Mineral	23
5.3.1. Olivino	24
5.3.2. Serpentina	25
5.3.3. Cr-espinela	26
- Elementos mayoritarios	26
- Elementos trazas	28
5.4. Elementos del Grupo del Platino (EGP): abundancia y distribución	29
6. DISCUSIÓN	30
6.1. Composición del fundido parental de las cromititas e implicaciones paleotectónicas	30
6.2. Concentración y fraccionamiento de los EGP	33
6.3. Implicaciones metalogénicas y geodinámicas	34
7. CONCLUSIONES	36
AGRADECIMIENTOS	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS. tablas de química mineral por punto (en CD)	CD

1. INTRODUCCIÓN

Rocas de afinidad ofiolítica, principalmente peridotitas serpentinizadas y serpentinitas, afloran a lo largo de los límites oeste, norte y sur de la placa tectónica Caribe (fig. 1). Muchas de estas rocas ultramáficas están asociadas a gabros, diabasas, basaltos, cromititas y rocas sedimentarias. Sin embargo, generalmente estos complejos ofiolíticos se encuentran altamente desmembrados en afloramientos discontinuos, asociados sistemáticamente a zonas de cizalla (LEWIS *et al.*, 2006). En el límite sur del Caribe, en el NW de Venezuela, afloran los únicos cuerpos de cromitita masiva (cromitita podiforme) conocidos en esta región, los cuales son el objeto de estudio de este trabajo.

El objetivo de esta investigación es conocer la petrogénesis de los cuerpos de cromitita que afloran en la denominada “Ofiolita de Cerro Colorado”, península de Paraganá, en Venezuela (fig. 1): 1.- caracterización petrográfica a partir de láminas delgado-pulidas de las cromititas, así como de las dunitas y harzburgitas encajantes, 2.- química mineral mediante microsonda electrónica (elementos mayores), 3.- ablación láser acoplado a ICP-MS (elementos traza) y 4.- roca total de elementos del grupo del platino (EGP). Los datos obtenidos aportan nueva información sobre la naturaleza del complejo ofiolítico y sentarán las bases para futuros estudios en los que se integre este complejo a la evolución geológica del Caribe, en su margen sur, del cual no existen muchos datos en la literatura. Con este planteamiento, los objetivos del trabajo pueden esquematizarse en los siguientes apartados:

- Definir la mineralogía y química mineral de los cuerpos de cromititas y de las rocas encajantes
- Evaluar la potencialidad de la mineralización como mena de cromo de grado metalúrgico o refractario, así como su contenido en EGP
- Establecer el contexto paleotectónico de las cromititas de la Ofiolita de Cerro Colorado en el marco de la evolución del margen sur de la placa Caribe

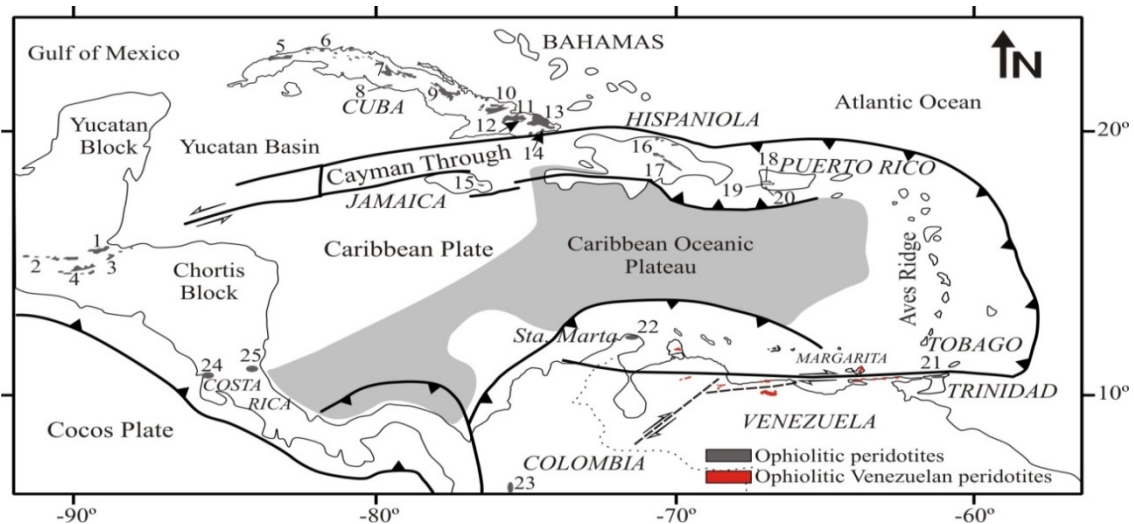


Figura 1. Distribución de las ofiolitas alrededor de los márgenes de la Placa Caribe: 1) Sierra de Santa Cruz, 2) Baja Verapaz, 3) Juan de Paz, 4) Grupo El Tambor, 5) Cajálbana, 6) Habana-Matanza, 7) Villa Clara, 8) Escambray, 9) Camagüey, 10) Holguín, 11) Mayarí-Cristal, 12) Alto de La Corea, 13) Moa-Baracoa, 14) Sierra del Convento, 15) Armtully, 16) North Coast Belt, 17) Loma Caribe, 18) Monte del Estado, 19) Río Guanajibo, 20) Bermeja, 21) San Souci, 22) Serpentinitas de Cabo de la Vela (Guajira), 23) Dunita de Medellín, 24) Santa Elena, 25) Río San Juan. En rojo las ofiolitas del Norte de Venezuela.

Modificado de LEWIS *et al.* (2006).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1. Ofiolitas en el Norte de Venezuela

En el norte de Venezuela se han definido los siguientes cuerpos de rocas ultramáficas de afinidad ofiolítica (fig. 2) (MARTÍN-BELLIZZIA 1960, MÉNDEZ 1960, BELLIZZIA 1967, MORGAN 1970, BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976, CAMPOS 1981, MISTAGE *et al.* 1989, OSTOS 1992, AVÉ-LALLEMENT 1997, GIUNTA *et al.* 1997, SISSON *et al.* 1997, GIUNTA *et al.* 2002, AVÉ-LALLEMENT *et al.* 2005, MENDI & RODRÍGUEZ 2006, LEWIS *et al.* 2006, REKOWSKI & RIVAS 2006, MARESCH *et al.* 2009, RODRÍGUEZ & MUÑOZ 2009, ALVARADO 2010, PETRÁSH & REVANALES 2010, KERR *et al.* 2012, URBANI 2015, URBANI *et al.* 2015, CÁCERES 2016): i) Ofiolita de El Copey (Araya-Paria), ii) Complejo Ofiolítico de Paraguachí (Margarita), iii) Peridotita serpentinizada (La Orchila), iv) Ofiolita del Complejo Carayaca (Cordillera de la Costa), v) Ofiolita de Loma de Hierro (Caucagua-El Tinaco), vi) Serpentinitas de Yaracuy (San Felipe), vii) Ofiolita de Siquisique (Siquisique). Finalmente la unidad ofiolítica de Cerro Colorado (Paraguaná) que constituye el objeto principal de este trabajo de investigación. A continuación se describirán brevemente los aspectos más destacables, de las rocas ultramáficas, de todas estas unidades.

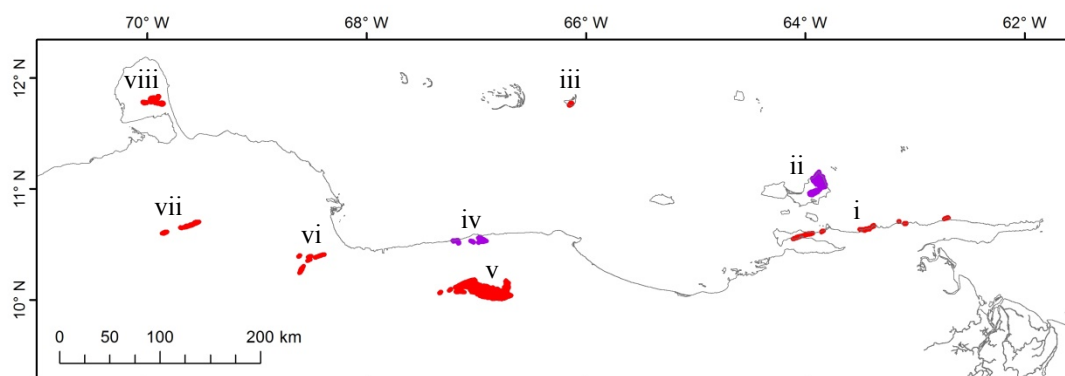


Figura 2. Unidades ofiolíticas del Norte de Venezuela. i) Ofiolita de El Copey (Araya-Paria), ii) Ofiolita de Paraguachí (Margarita), iii) Peridotita serpentinizada (La Orchila), iv) Ofiolita del Complejo Carayaca (Cordillera de la Costa), v) Ofiolita de Loma de Hierro (Caucagua-El Tinaco), vi) Serpentinitas de Yaracuy (San Felipe), vii) Ofiolita de Siquisique (Siquisique), viii) Ofiolita de Cerro Colorado (Paraguaná). Los cuerpos en morado han sido metamorfozados en condiciones de AP-BT. Modificado HACKLEY *et al.* (2006).

i) Ofiolita de El Copey (Araya-Paria). La unidad aflora de manera discontinua en la costa noreste, en un terreno conformado principalmente por serpentinitas y en menor proporción por gabros, peridotitas, piroxenitas y basaltos, algunos almohadillados. Todas estas rocas se presentan muy deformadas, metamorfozadas en facies de esquistos verdes y en contacto de falla (ALVARADO 2010). En las serpentinitas los minerales identificados son: antigorita (69 %, alteración de la enstatita y olivino), enstatita con textura bastita (20 %) y magnetita (10%), con zonas transformada a talco y/o vetas de crisotilo (1%) (PETRÁSH & REVANALES 2010, CAMPOS 1981). SPEED & SMITH-HOROWITZ (1998) consideran esta unidad parte del Terreno Tobago, con posible edad pre-Barremiense.

ii) Complejo Ofiolítico de Paraguachí (isla de Margarita). Aflora al centro y noreste de la Isla Margarita y en menor porción al oeste de la isla. Las subunidades definidas

por REKOWSKI & RIVAS (2006) son: Metavolcánicas de Manzanillo, Metamáficas de La Rinconada (metagabro, anfibolita, esquistos anfibólicos, eclogita) y Metaultramáficas de Cerro El Copey (serpentinita, harzburgita y en menor proporción metadunita y metapiroxenita). En las serpentinitas destacan cristales de bastita pseudomórfica (10-20%) en una matriz de granulometría fina y homogénea. La harzburgita está compuesta por olivino (83%), ortopiroxeno ($\pm 15\%$, enstatita) y mineral opaco ($\pm 2\%$) con zonación composicional desde un extremo cromífero en el núcleo hasta un extremo ferrífero en los bordes de los cristales (ROJAS 1985). MARESCH *et al.* (2009) en términos generales la describe como peridotitas espinélicas serpentinizadas, e indica que la composición de esta espinela es típica de una zona de supra subducción (supra subduction zone, SSZ). Anteriormente el mismo autor (MARESCH, 1975) describe que la metadunita está compuestas por olivino (85%), serpentina en vetas (5-10%), clinopiroxeno (5-10%) y algunos granos de ortopiroxeno; con minerales opacos que incluyen Cr-espinela con clorita asociada, y cantidades menores de sulfuros y magnetita. CARRILLO & VIVAS (1986) señalan que la metapiroxenita es fanerítica, equigranular hipidiomórfica, compuesta por piroxeno (55% entre hiperstena, enstatita y pigeonita), antigorita (30%), olivino (10%) y opacos (5%, Cr-espinela y magnetita).

Por las relaciones de campo, MARESCH *et al.* (2009) muestran que los contactos de las diferentes unidades son siempre de falla y afirman que todas las litologías del Complejo Ofiolítico de Paraguachí fueron sometidas al mismo evento metamórfico de alta presión y baja temperatura (AP-BT), por la existencia de pods y lentes de eclogita y eclogita anfibólica, con un mismo patrón de deformación en el tiempo. Estos autores determinan la edad U-Pb en circones entre 116-106 Ma. y 85 Ma. en plutones dentro del complejo (Metatrandhjemita de Matasiete y Gneis de Guayacán) y afirman que es la edad del metamorfismo de AP-BT en la zona de subducción donde se yuxtaponen todas estas litologías.

iii) Peridotita serpentinizada (La Orchila). Esta unidad aflora en las elevaciones centrales de la isla La Orchila. Gran parte de la roca presenta una “matriz” de antigorita (64%) donde el olivino (12%) se encuentra cortado y rodeado por la serpentina; tiene mayor porcentaje de cristales de ortopiroxeno (enstatita, 14%) que de clinopiroxeno (augita, 6%) y en algunos cristales se observa textura tipo bastita. Además contiene ópalo (2%) y minerales accesorios (6% entre Cr-espinela, hematites y magnetita). El protolito fue una peridotita tipo lherzolita o harzburgita, con metamorfismo de bajo grado (CÁCERES 2016).

iv) Ofiolita del Complejo Carayaca (Cordillera de la Costa). URBANI (2015) define esta unidad para incluir un conjunto de rocas que afloran en el norte de la Cordillera de la Costa que corresponde con un complejo de subducción sometido a metamorfismo de AP-BT en el que se alcanzaron profundidades de hasta ~75 km (SISSON *et al.* 1997), de edad Mesozoico y parcialmente similar a las unidades La Rinconada de la Isla de Margarita (REKOWSKI & RIVAS 2006 y MARESCH *et al.* 2009). Está compuesta por cuerpos máficos (eclogitas, anfibolitas y metagabros, MORGAN 1970) y metasedimentos que incluyen mármoles, que suelen contener boudines de eclogitas y anfibolitas granatíferas. Las asociaciones mineralógicas descritas por MORGAN (1970) para las rocas máficas se componen de: granate y clinopiroxeno en la eclogita; granate, clinopiroxeno, zoisita y anfíbol en la eclogita anfibólica; granate, clorita, clinopiroxeno, zoisita y anfíbol en la anfibolita granatífera; granate, clorita, epidoto, glaucófana en la anfibolita glaucofánica y clorita, epidoto, anfíbol cálcico en la anfibolita; donde el clinopiroxeno suele ser onfacita y el granate es, principalmente piropo. Los datos

geoquímicos presentados por OSTOS (1992) indican que los cuerpos máficos son de afinidad toleítica y, ambiguamente E-MORB, N-MORB o basalto de arco.

A lo largo de la Cordillera de la Costa hay numerosos cuerpos menores de rocas ultramáficas (principalmente serpentinizados) cuyas características han sido descritas por BELLIZZIA (1967). URBANI (2015) afirma que estos cuerpos generalmente están orientados y alargados a lo largo de las fallas principales de orientación este-oeste del norte de Venezuela, las cuales definen los diferentes límites de los terrenos. Algunos de los afloramientos se han denominados formalmente, como *la Peridotita serpentizada de La Bimba* en Yaracuy, las *Serpentinitas de San Antonio* y *Chupón* en Cojedes y la *Serpentinita de Las Peñas Negras* en Carabobo. Sin embargo muchos otros cuerpos aún no han sido descritos a detalle.

v) *Ofiolita de Loma de Hierro (Caucagua-El Tinaco)*. URBANI (2015) describe esta ofiolita como un gran bloque de litosfera oceánica compuesto por, rocas ultramáficas (dunitas y harzburgitas) con gabros y basaltos. Los basaltos (unidad Volcánica de Tiara) son de afinidad MORB (GIRARD *et al.* 1982). BAQUERO *et al.* (2013b) presentan una edad U-Pb en circón de $127(+1,9/-4,3)$ Ma en el Gabro de Mesías (con plagioclasa y clinopiroxeno), perteneciente a esta unidad de ofiolita.

vi) *Serpentinitas de Yaracuy (San Felipe)*. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) diferencian en esta amplia zona, 3 tipos diferentes de rocas: (1) peridotitas serpentizadas en el cerro Tarana, siguiendo una zona de fallas compuesta por antigorita principalmente, vestigios de olivino y bastita (LOZANO & MUSSARI 2010). (2) serpentinitas en lentes paralelos a zonas de fallas, muy tectonizados, entre el Esquisto de Aroa y el Complejo Nirgua, compuestas por crisotilo, bastita, clorita, magnetita; (3) serpentinitas talco-carbonatadas, con textura variable entre masiva, cizallada, foliada y porfidoblástica, compuestas por serpentina, saponita, talco, carbonato, clorita.

vii) *Ofiolita de Siquisique (norte de Lara)*. Definida formalmente por URBANI *et al.* (2015), donde RODRÍGUEZ & MUÑOZ (2009) describen las siguientes litologías: troctolitas, gabroides (gabro, gabro olivínico y gabro piroxénico), gabronorita, norita, hornblendita y lherzolita parcialmente alterada. KERR *et al.* (2012) presentan una edad Ar-Ar de los gabros de Siquisique de 90-95Ma y aportan datos químicos con los que afirman que estas rocas tienen más afinidad de pluma mantelar que de MORB.

viii) *Ofiolita de Cerro Colorado (Paraguaná)*. Aflora al sur de la península de Paraguaná (figs. 2 y 3a) en donde se corresponden con las elevaciones más importantes de la región. Están constituidas por un conjunto de unidades descritas por MENDI & RODRÍGUEZ (2006): Basalto de Santa Ana (basalto y basalto porfídico), Diabasa de Arajó, Gabro de Capuana (gabro sausuritizado, gabro pegmatítico gnéisico, gabro pegmatítico, leucogabro, Gabro olivínico-piroxénico de Siraba), rocas ultramáficas de El Rodeo, con dunitas y una zona de rocas con alteración sílico-ferruginosa-magnesiana (fig. 3b). Se han reportado edades K-Ar en los basaltos y gabros de 63 ± 4 Ma, 118 ± 10 Ma, 120 ± 11 Ma, y 129 ± 14 Ma (SANTAMARÍA & SCHUBERT 1974) y U-Pb en circones en gabros de $121,7\pm 2$ Ma (BAQUERO *et al.* 2013a), ambas en el cerro Santa Ana.

En la unidad Ultramáfica de El Rodeo, MENDI & RODRÍGUEZ (2006) reportan la presencia de harzburgitas (78%), rocas gabroides (gabros, gabros olivínico, noritas, noritas olivínica, troctolitas y anortositas) (15%), dunitas (5%), piroxenitas (2%), cromititas y otras mineralizaciones (menor a 1%). Todas estas unidades poseen un bandeamiento probablemente primario, con rumbo preferencial este-oeste y buzamiento

norte (MISTAGE 1989) y muestran un incremento en la meteorización del centro a la periferia.

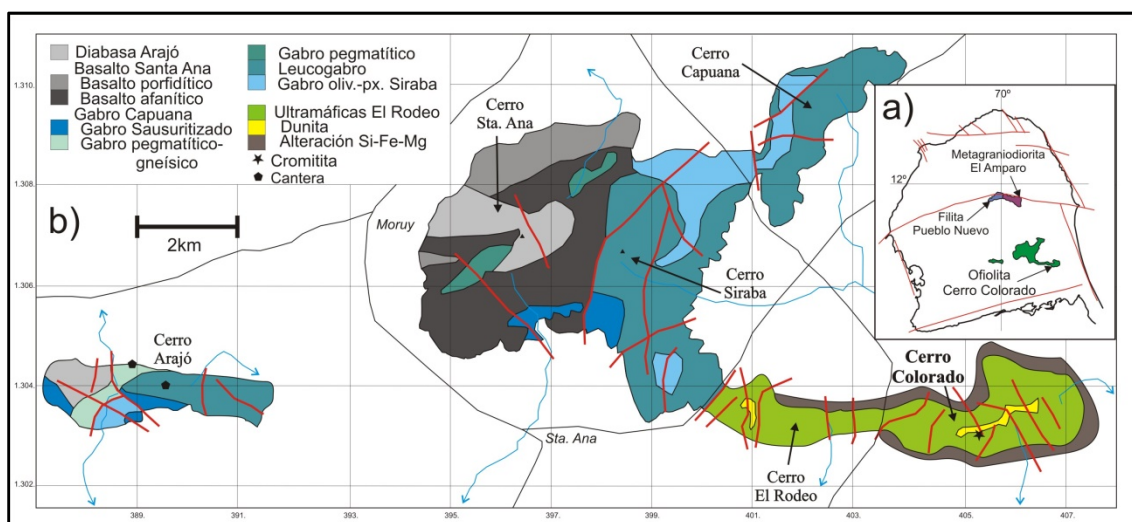


Figura 3. a) Distribución de las unidades de basamento que afloran en la península de Paraguaná: Filita de Pueblo Nuevo (Jurásico tardío) y Metagranodiorita El Amparo (Pérmico), ambas de afinidad continental, situadas en el centro-norte de la península y la Ofiolita de Cerro Colorado de afinidad oceánica, situada al sur. b) Distribución cartográfica de las unidades litológicas que conforman la Ofiolita de Cerro Colorado en las elevaciones de Arajó-Santa Ana-Siraba-Capuana-El Rodeo-Colorado. Coordenadas UTM zona 19P Datum WGS84. Modificado de MENDI & RODRÍGUEZ (2006).

2.2. Ofiolita de Cerro Colorado, península de Paraguaná

La Ofiolita de Cerro Colorado está conformada por las rocas ultramáficas aflorantes en la zona de El Rodeo-Colorado, asociadas al cuerpo de cromitita (figs. 3b y 4) y las rocas máficas circundantes (Diabasa de Arajó y Gabro de Capuana), definidas por MENDI & RODRÍGUEZ (2006).

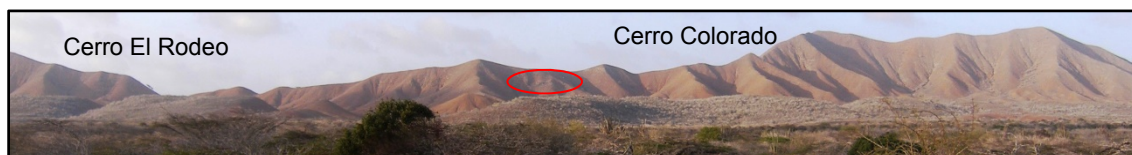


Figura 4. Margen sur del cerro El Rodeo-Colorado, donde afloran las rocas ultramáficas que contienen los pods de cromitita (ovalo rojo). Orientación este-oeste.

MISTAGE (1989) y MISTAGE *et al.* (1989) describen la presencia de harzburgitas y dunitas parcialmente serpentinizadas, piroxenitas, cuerpos de gabros, diques de diabasas, gabros olivínicos, noritas, noritas olivínicas, troctolitas y anortositas dentro de la unidad ultramáfica. Las *harzburgitas* son el tipo de roca más abundante y están constituidas por serpentina (65%), olivino (21%), enstatita (9%) y augita (1%), con Cr-espínela y magnetita accesoria. El porcentaje modal de olivino en estas rocas, muestra un incremento gradual de sur a norte, encontrándose los mayores valores en lo más alto del cerro, pero hacia el margen norte existe una disminución en el porcentaje de olivino y un incremento de enstatita. Las *dunitas* se ubican en la cima de los cerros El Rodeo y Colorado. Son rocas de color verde oscuro que meteorizan a anaranjado pardo amarillento y están constituidas por serpentina, olivino y enstatita, con Cr-espínela y magnetita accesorias. Este grupo de rocas es denso, diaclasado y está cruzado por un

reticulado de vetillas de serpentina, magnesita y ópalo, que están localmente bandeadas (MARTÍN-BELLIZZIA 1960). El grado de alteración de las dunitas y su composición varían de este a oeste; en el este presentan un 60% de olivino alterado a serpentina y ausencia de enstatita, mientras que al oeste el porcentaje de alteración del olivino es de un 35% y el porcentaje de enstatita alcanza un 7% (MISTAGE *et al.* 1989). Las *piroxenitas* afloran al este de los cerros El Rodeo-Colorado formando pequeñas capas de hasta 10 m de largo por 0,5 m de espesor, dentro de zonas con mayores proporciones modales. Estas rocas están constituidas por hiperstena con lamelas de exsolución, con magnetita accesoria. Los cuerpos de *gabros* presentan morfologías tabulares y lenticulares. Hacia el cerro El Rodeo son de color gris, moteado y exhiben grano grueso a pegmatoide y pueden estar milonitizados. Hacia el cerro Colorado son de color negro, de grano muy fino y textura de gneis milonítico. Están constituidos principalmente por plagioclasa sausuritizada (53%) y augita (43%), con menores proporciones de magnetita (4%). Se observan frecuentemente diques de diabasa entre 3-10 cm y hasta 40 cm de espesor, cortando la estratificación cumulativa de las harzburgitas.

Los *gabros olivínicos* afloran en el Cerro El Rodeo en forma de lentes y muestran textura desde pegmatoide a grano grueso y fino. Están constituidos por plagioclasa sausuritizada (44%), augita uralitizada (28%), olivino serpentizado (25%) y magnetita (3%). Las *noritas* y las *noritas olivínicas* afloran principalmente en el extremo este del cerro Colorado. Son de color gris claro, cuando presentan grano muy grueso y de color gris más oscuro cuando presentan grano medio a grueso. Están compuestas por enstatita, plagioclasa (sausuritizada), y para la norita olivínica, olivino serpentizado. Contienen también magnetita accesoria y carbonatos, vetillas de cuarzo, ópalo, clorita y zoisita. Las *troctolitas* se presentan en forma de cuerpos lenticulares, de color gris negruzco a negro, de grano fino a medio. Están constituidas por plagioclasa sausuritizada (69%), olivino serpentizado (30%) y magnetita (1%); es raro observar clinopiroxeno y no supera el 5%. Las *anortositas* son de color gris, de grano grueso y presentan contactos netos con las harzburgitas encajantes.

A partir esta información disponible, se propone la siguiente columna idealizada para la Ofiolita de Cerro Colorado (fig. 5) con 3 unidades definidas de base a tope: manto tectonizado, gabros bandeados, gabroides, hipohabisal, basalto:

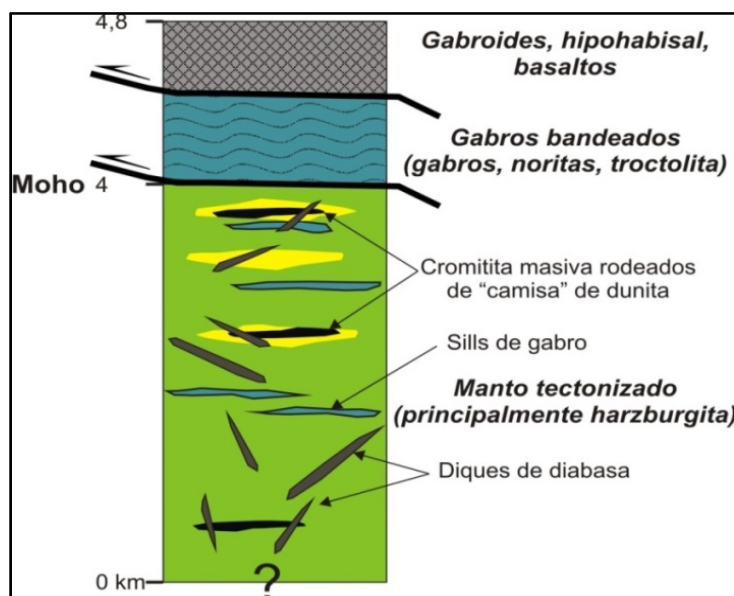


Figura 5. Columna litoestratigráfica idealizada de la Ofiolita de Cerro Colorado. Espesor estimado según la anomalía de Bouguer (MARTÍN-BELLIZZIA & ITURRALDE DE AROZENA 1972) y la topografía de los cerros.

2.3. Cuerpos de cromititas en la Ofiolita de Cerro Colorado: relaciones de campo

La mineralización de cromitita se encuentra ubicada en el cerro Colorado al este del poblado de Santa Ana, en la península de Paraguaná del estado Falcón (figs. 3, 4, 6, 7).

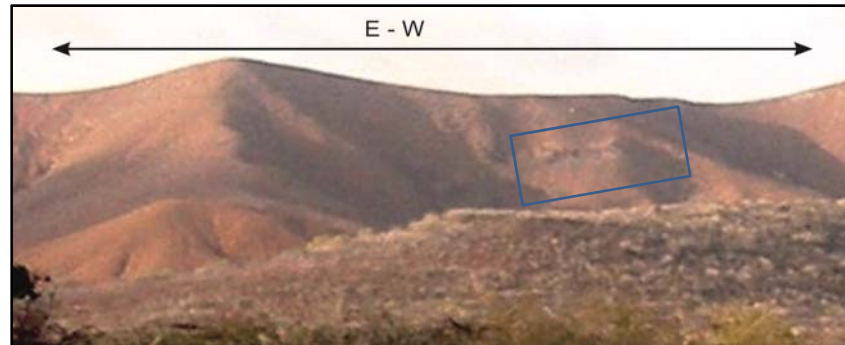


Figura 6. Ubicación del cuerpo de cromitita.

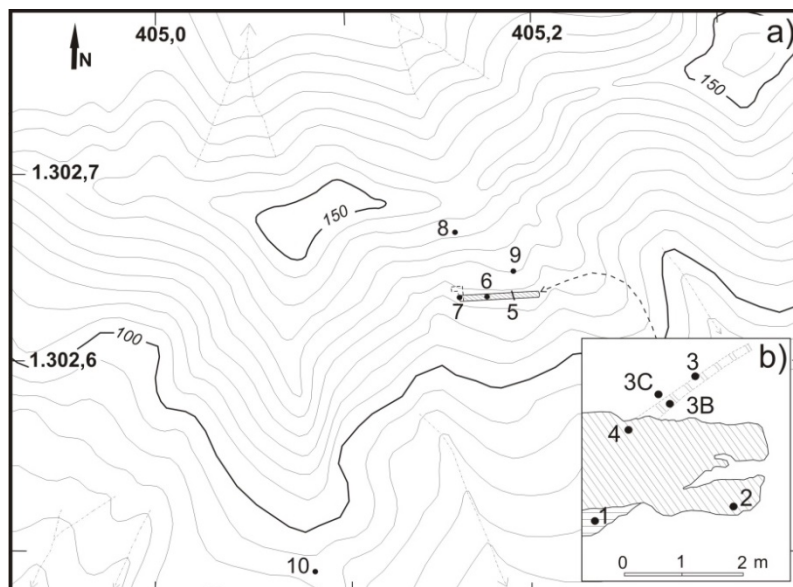


Figura 7. a) Mapa de ubicación de los cuerpos de cromitita y puntos de muestreo. b) Detalle del extremo este. Datum WGS84. Números representan lugares de toma de muestras

El cuerpo de cromitita masiva tiene una forma tabular (pod) con aproximadamente 45 m de largo y 4 m de espesor en la parte central (pto. 5, fig. 7a), 1,40 m en el borde oriental y 2,20 m en el borde occidental. Su profundidad mínima es de 12 m (MÉNDEZ 1960), con un rumbo N50E y buzamiento 15NW (figs. 8, 9, 10). En el extremo occidental presenta un socavón donde se extrajo la cromita en la década de los 50's en el siglo XX. El cuerpo está muy fracturado, con un patrón de diaclasas E-W y N10-20E.

MÉNDEZ (1960) afirma que es una masa tabular compuesta por Cr-espínela (60-85 %) y en menor cantidad serpentina. El cuerpo de cromitita es concordante con la peridotita serpentinizada encajante y un cuerpo de gabro con textura gnéssica, ambos en contacto neto, que en algunas partes aparece penetrado por diques de la misma peridotita (figs. 7b y 11) y diabasas. En la parte oriental superior del cuerpo de cromitita se distingue una banda delgada de cromitita diseminada y nodular con orientación noreste, de unos 3 m de longitud (figs. 7b y 11). Al oeste del cuerpo también se

encuentran bandas delgadas similares con cromitita diseminada, de unos 50 cm de espesor y con orientación N70E. Su contenido en Cr-espínela nunca excede el 20% (MÉNDEZ 1960).



Figura 8. Cuerpo de cromitita masiva. La flecha indica la ubicación del socavón. Orientación este-oeste.



Figura 9. Zona central del cuerpo de cromitita masiva. La línea roja marca el muestreo de PP5. Orientación este-oeste.



Figura 10. Zona oriental del cuerpo de cromitita masiva. La flecha azul muestra la localización del muestreo PP2, la flecha verde indica la de los muestreos PP3 y PP4 y la línea segmentada blanca el contacto inferior de la cromitita con la roca encajante. Orientación norte-sur.

3. MUESTREO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

3.1. Muestreo (campo y toma de muestras)

Para la clasificación de las cromititas se utilizó el criterio de contenido en Cr-espínela donde: la cromitita masiva tiene $\geq 85\%$, la cromitita semimasiva tiene 84-60% y la cromitita diseminada tiene $<60\sim 50\%$. El término nodular es según el hábito del mineral.

En el extremo oriental del cuerpo de cromitita (figs. 7a, 11) se tomaron las muestras PP1, PP2, PP3 y PP4. La muestra PP1 es un sill de gabro muy deformado con textura gneílica (fig. 12). Se tomó a 1 m por debajo del contacto con la cromitita. Es de color gris claro con cristales entre 1-2 mm, compuesto por plagioclasa y minoritariamente por clinopiroxeno, con traza de Cr-espínela.

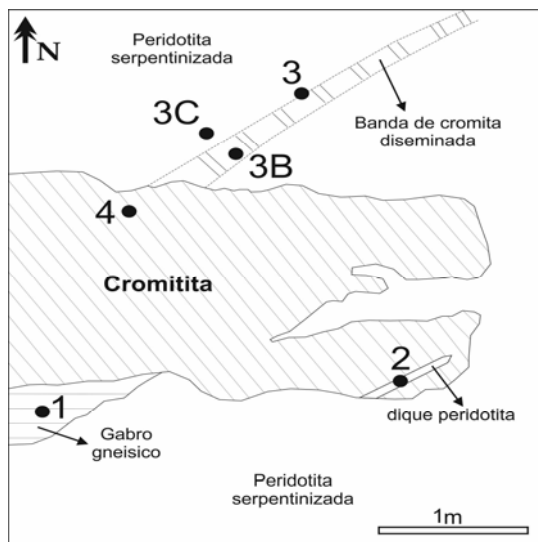


Figura 11. Detalle del cuerpo de cromitita en el extremo este

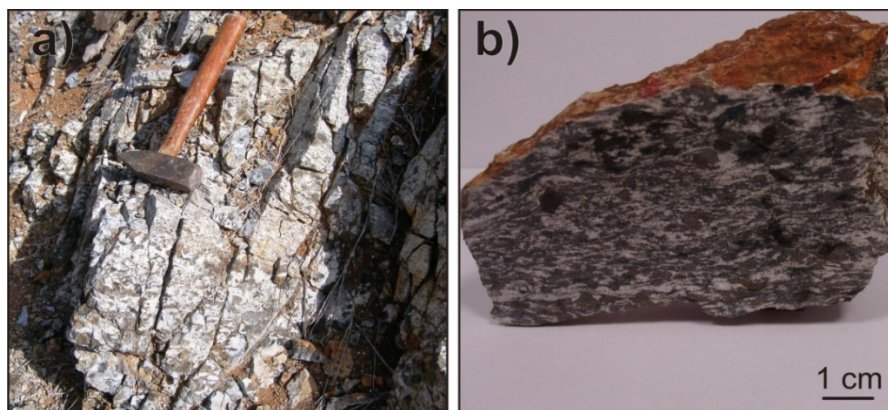


Figura 12. a) Afloramiento de sill de gabro, b) Detalle la muestra PP1.

La muestra PP2 se tomó en un contacto entre la cromitita y un dique de 5 cm de espesor de diabasa que lo corta (fig. 13). La diabasa es de color verde y grano fino (0,5 mm). El contacto entre la cromitita y la diabasa es neto.

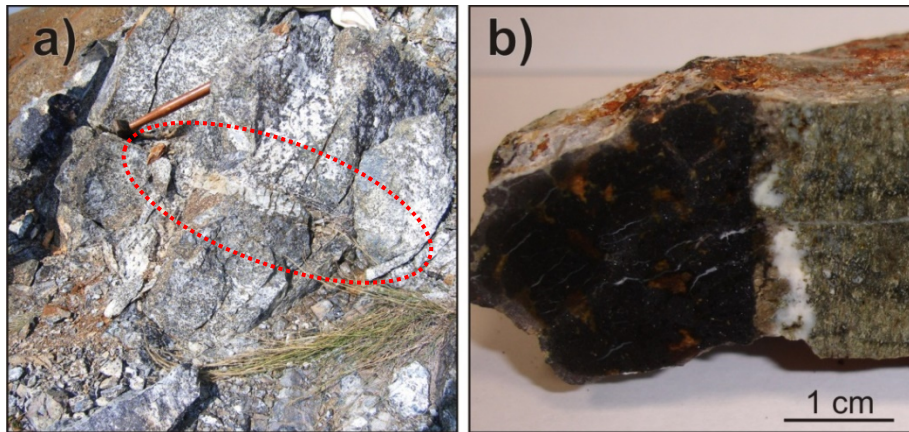


Figura 13. a) afloramiento de dique de diabasa que corta la cromitita (ovalo rojo), b) detalle de la muestra PP2

Las muestras PP3 y PP4 se ubican al noreste de esta zona (fig. 11), donde MÉNDEZ (1960) describe una "banda de cromitita diseminada". La PP3 es un lente de cromitita masiva de unos 10 cm de espesor (figs. 14b, 15a), la PP3B es una dunita (figs. 14a, 15b); y la PP3C es una dunita con cromita nodular diseminada (fig. 14a), con nódulos de Cr-espínela de hasta 0,5 cm (fig. 16).

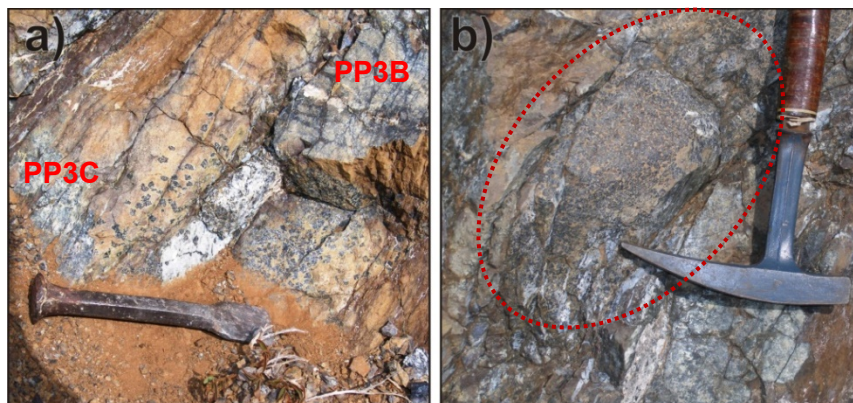


Figura 14. a) cromitita diseminada (PP3B) y su roca encajante (PP3C), b) lente de cromitita (PP3).

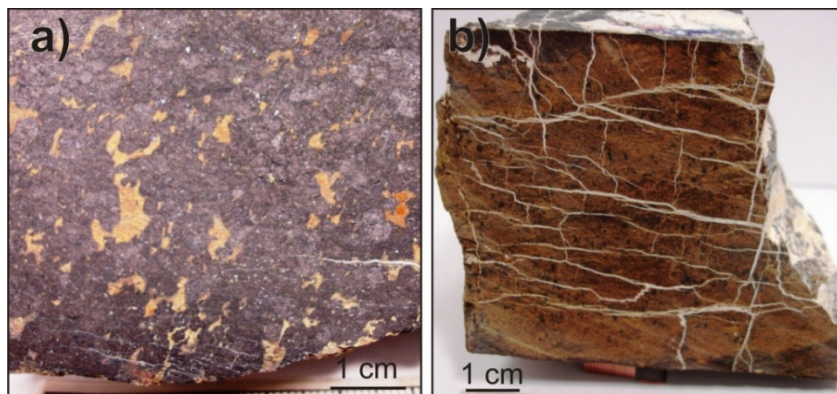


Figura 15. a) lente de cromitita PP3, b) dunita PP3B.

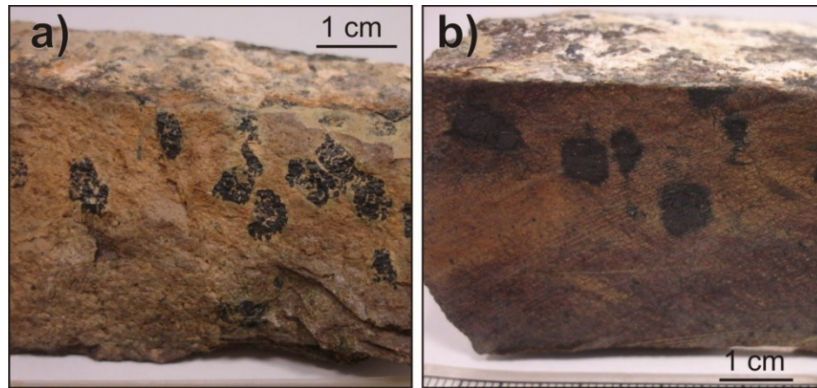


Figura 16. Dunita con nódulos de Cr-espinela en la muestra PP3C.

La muestra PP4 es una cromitita semimasiva, con cristales de 0,5 cm y olivino serpentizado intersticial (fig. 17). Corresponde a la zona superior del cuerpo de cromitita cerca del contacto con la roca encajante (fig. 11).

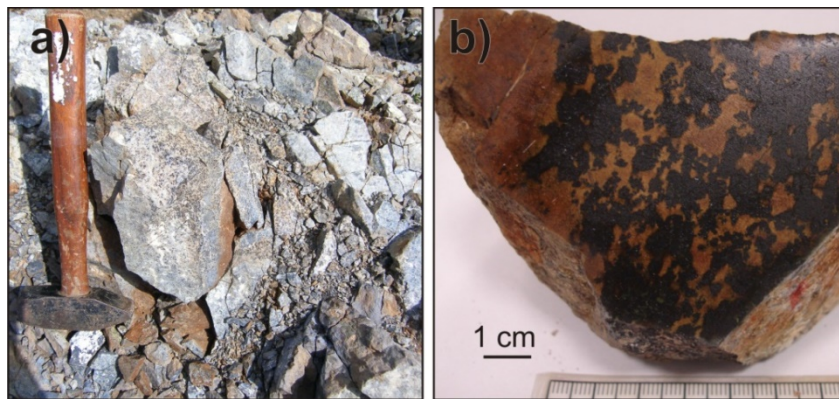


Figura 17. a) Afloramiento de la muestra PP4, b) cromitita semimasiva PP4.

En la figura 9 se muestra la ubicación de las muestras PP5 (punto 5), a unos 12 m del extremo oriental del pod de cromitita (fig. 7). En esta zona se recolectaron las muestras: PP5A, PP5B, PP5C, PP5D, PP5D1 y PP5F. La muestra PP5A corresponde a una dunita en el contacto inferior (fig. 18).

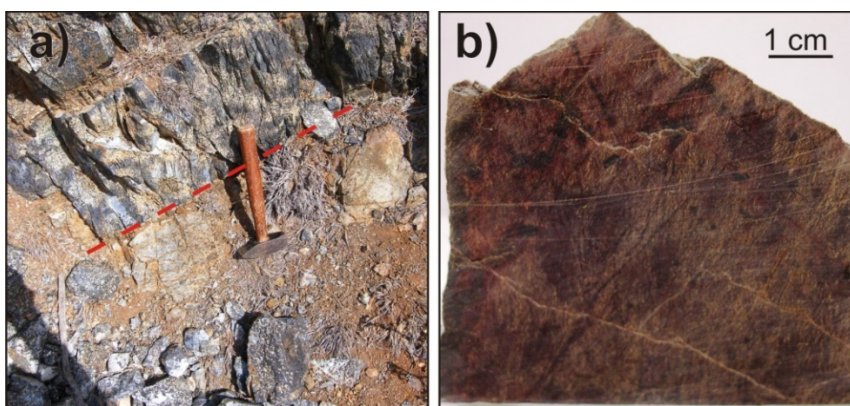


Figura 18. a) contacto neto (línea roja) entre la dunita (abajo) y cromitita (arriba), b) detalle de la dunita (PP5A).

Las muestras PP5B, PP5C, PP5D y PP5D1 son cromititas masiva y semimasivas, tomadas a 1 m aproximadamente de distancia entre ellas en el perfil de la línea marcada en la figura 9 (figs. 19, 20).

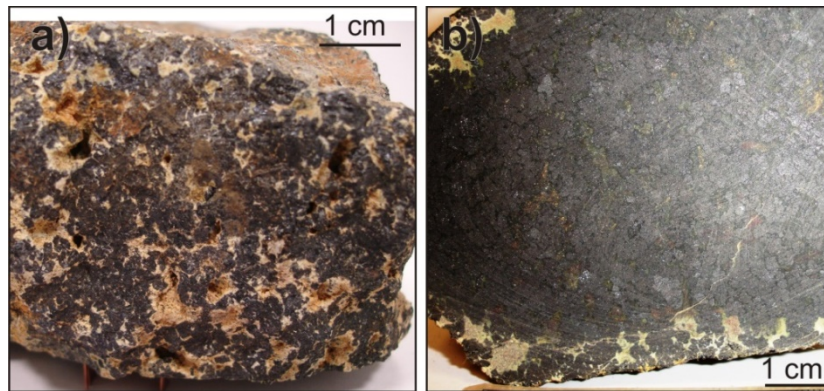


Figura 19. Cromititas a) PP5B, b) PP5C

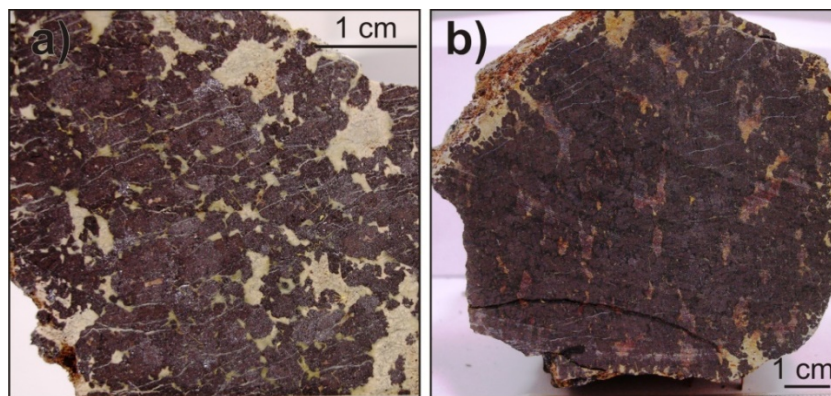


Figura 20. Cromititas a) PP5D, b) PP5D1

La muestra PP5F es una harzburgita, tomada a 1 m del contacto superior, con cristales de ortopiroxeno parcialmente transformado a bastita de hasta 0,5 cm, alargados y fracturados. La muestra presenta con un patrón de fracturas reticulado (fig. 21).

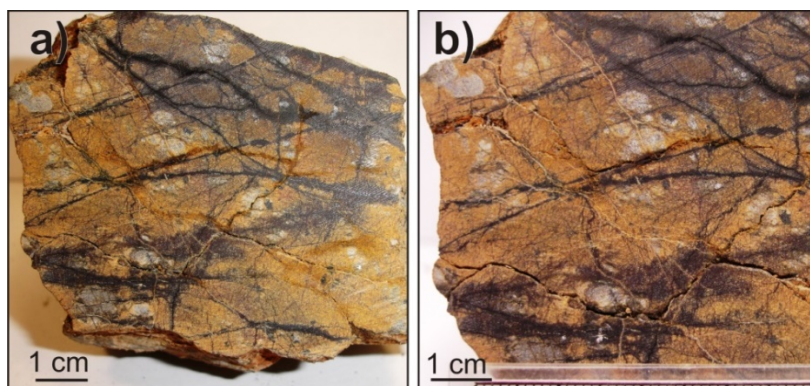


Figura 21. a) y b) harzburgita PP5F

Las muestras PP6 y PP6B se colectaron en el punto 6, que se ubica a 30 m desde el extremo oriental del pod de cromitita (fig. 7). La PP6 es una cromitita masiva (fig. 22) y la PP6B es una cromitita semimasiva compuesta aproximadamente por 50% de olivino y 50% Cr-espinela (fig. 23) cortada por un dique de peridotita.

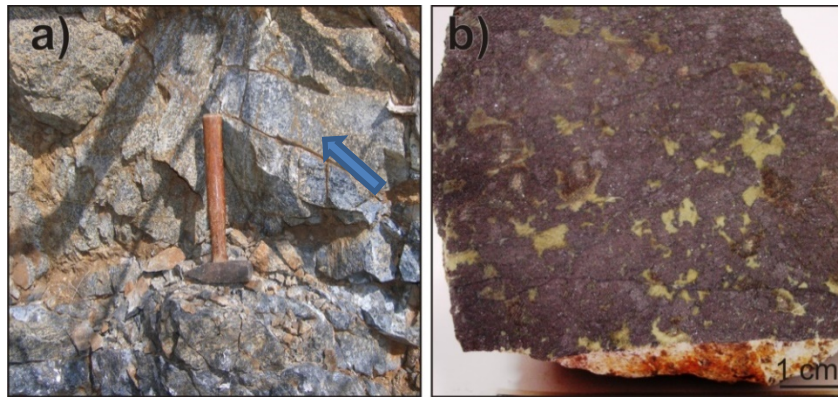


Figura 22. a) afloramiento de cromitita (flecha azul), b) detalle de muestra PP6.

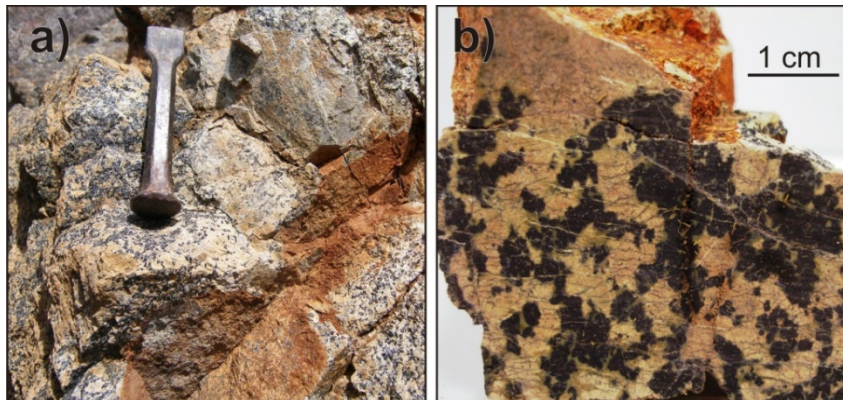


Figura 23. a) afloramiento de cromitita semimasiva PP6B, b) detalle de muestra tomada.

Las muestras PP7A y PP7B se ubican en el punto 7 (fig. 7) en el extremo occidental del pod de cromitita, en la boca del antiguo socavón donde se explotó parte del mineral. La PP7A es una harzburgita (fig. 24), la muestra PP7B es una cromitita similar a las descritas anteriormente (fig. 25).

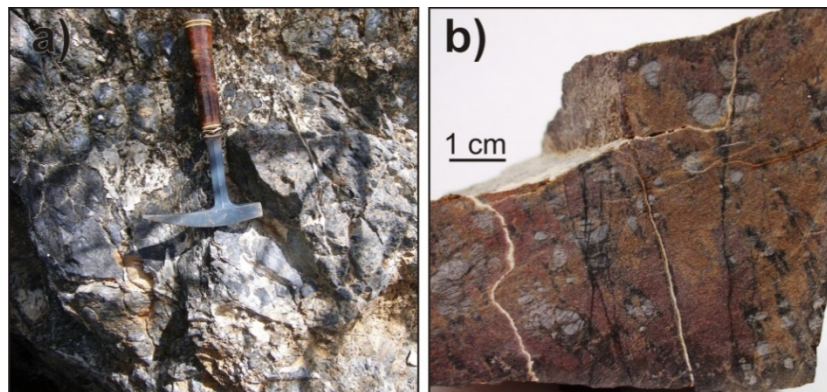


Figura 24. a) vista en afloramiento del pto. 7, b) detalle de la harzburgita PP7A.

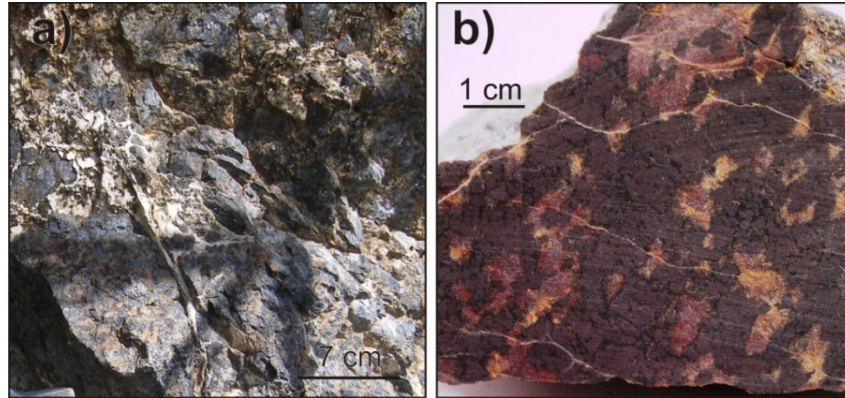


Figura 25. a) detalle afloramiento de cromitita, b) muestra PP7B.

La muestra PP8 se tomó en el punto 8 (figs. 7, 26a) casi en la cumbre de la colina, subiendo desde el extremo oriental del pod de cromitita. Es una diabasa, de grano fino y color gris verdoso que muestra cierto bandeo (fig. 26b).

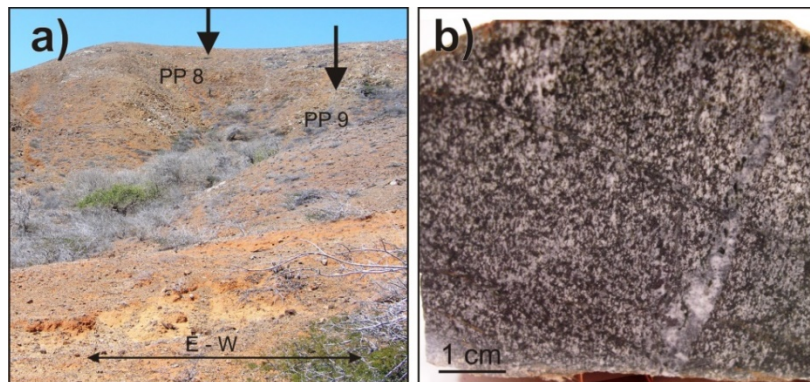


Figura 26. a) vista en ptos. 8 y 9, b) muestra de diabasa PP8

El punto 9 se ubica al norte del extremo oriental del cuerpo de cromitita (figs. 7, 26a). En el afloramiento se observa una franja de unos 10-20 cm de ancho y de 1,5 m de largo de dunita con cromitita nodular diseminada con un rumbo casi norte-sur. En esta zona se tomaron las muestras PP9A, PP9B y PP9C. La primera corresponde a la dunita encajante (fig. 27), mientras que las otras dos son muestras de cromitita nodulares diseminadas (fig. 28).

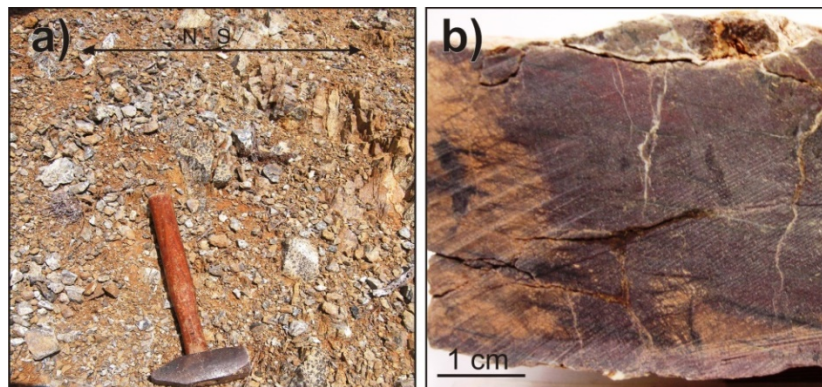


Figura 27. a) detalle del afloramiento, b) muestra de dunita PP9A

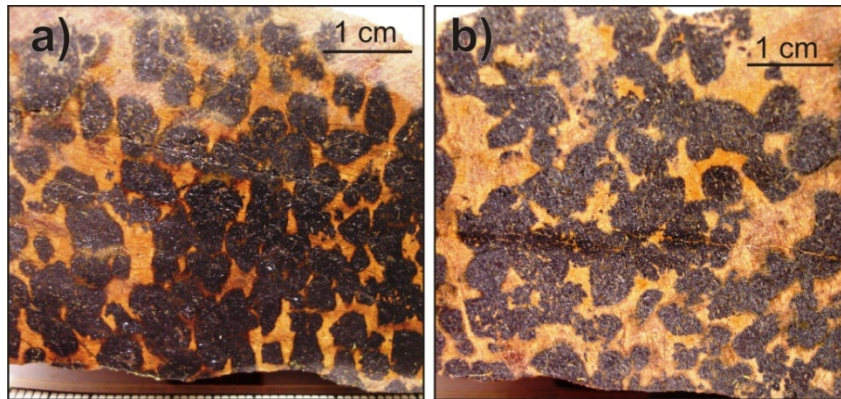


Figura 28. Muestras de cromitita nodulares diseminadas, a) PP9B, b) PP9C.

Las muestras PP10A y PP10B se tomaron en un segundo cuerpo de cromitita muy pequeño, a unos 150 m al suroeste del pod principal (fig. 7, pto. 10). La cromitita está expuesta solo a lo largo unos 0,5 x 1,0 m (fig. 29a). La muestra PP10A es la encajante (fig. 29b) de la cromitita masiva, muestra PP10B (fig. 30).

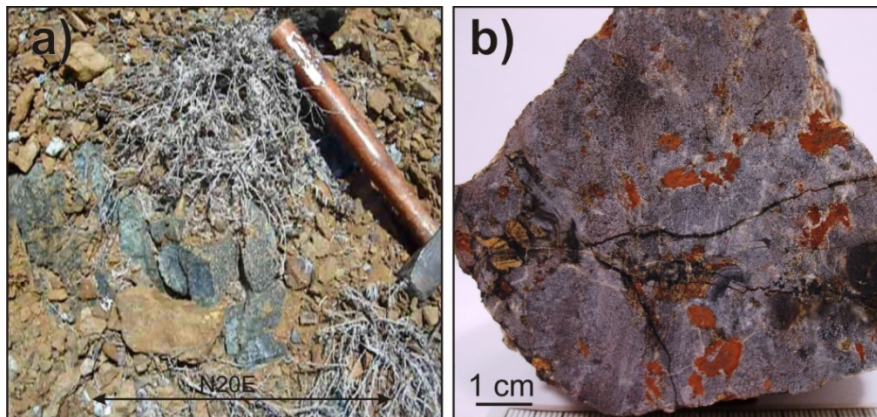


Figura 29. a) vista de afloramiento a ras de piso, b) detalle de la roca encajante PP10A.

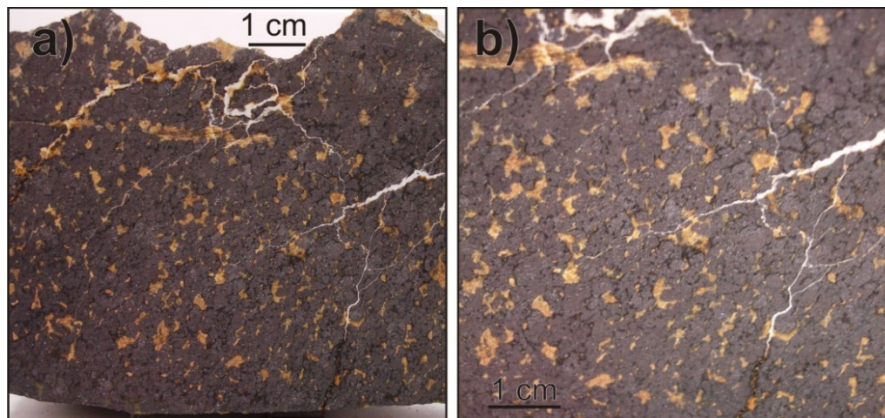


Figura 30. Detalle de la cromitita masiva PP10B.

3.2. Técnicas analíticas

De todas las muestras recolectadas en el campo, se escogieron para análisis de laboratorio las siguientes:

Tabla 1. Muestras seleccionadas para análisis. Minerales analizados: Cr-espinela (Cr-Sp), olivino (Olv), clinopiroxeno (Cpx), ortopiroxeno (Opx) y serpentina (Srp). Los números representan la cantidad de análisis puntuales realizados con cada técnica. RT: análisis en roca total.

Muestra	Roca	Grupo	Análisis					EGP		
			Petrografía luz reflejada y transmitida	EPMA					LA-ICP-MS	
				Cr-Sp	Olv	Cpx	Opx		Srp	Cr-Sp
PP5A	Dunita	encajante	15					12		
PP3B	Dunita Cpx		15		4	14			8	
PP7A	Harzburgita		15		15					
PP3	Cromitita	nodular diseminada	15							RT
PP9B			15				15			
PP2		masiva	15	15						
PP10B			15	15					12	RT
PP5C			15	10					12	RT
PP5D1			15	15						RT
PP6			15				15			
PP7B			15	15						
PP5B		semimasiva	15	15						
Total análisis realizados			180	85	19	14	30	44		

3.2.1. Análisis petrográfico con microscopio de luz reflejada y transmitida.

Se prepararon las muestras en láminas pulido-delgadas (0,03 mm de grosor) para el análisis microscópico de luz polarizada reflejada y transmitida para determinar la mineralogía y características texturales. El análisis petrográfico se realizó con el microscopio marca Zeiss, modelo JENAPOL, del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

3.2.2. Química mineral de elementos mayoritarios. Microsonda Electrónica (EMPA)

El análisis de química mineral (elementos mayores) se realizó con una microsonda electrónica (EPMA) en modo espectrometría de dispersión de longitud de onda (WDS), con un voltaje de aceleración de 20 kV, una corriente de sonda de 10 nA y un diámetro de haz de 1 μm . El equipo utilizado fue una microsonda JEOL JXA-8230 perteneciente a los Serveis Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (Barcelona, España). Los estándares utilizados fueron: metales puros para Co, Sb y V, Cr-espinela para Cr, Al, Fe, periclase para Mg, rodonita para Mn, rutilo para Ti, NiO para Ni y wollastonita para Si. La proporción de Fe³⁺ en la Cr-espinela se estimó a partir de estequiometría.

3.2.3. Química mineral de elementos traza. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente y con Ablación Láser (LA-ICP-MS)

Estos análisis se realizó en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT, Granada, España) siguiendo una metodología similar a la propuesta de PAGE & BARNES (2009). Se determinaron las concentraciones de los diferentes elementos a partir de los isótopos: ⁴⁵Sc, ⁴⁷Ti, ⁵¹V, ⁵³Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁷Fe, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶⁶Zn, ⁷¹Ga. El equipo utilizado fue un Agilent 8800 QQQ (triple cuadrupolo) Photon Machines Analyte excite 193 nm. Las condiciones de análisis usadas fueron: un diámetro del haz de 65 μm , 10 Hz de

frecuencia, flujo de energía de 10 mJ/cm² y con un tiempo de análisis de 90 s (30 s de blanco y 60 s sobre la Cr-espinela).

La calibración de los datos se llevó a cabo con el programa Iolite V2.5 que usa el método Esquema de Reducción de Datos (*Data Reduction Scheme*, DRS), el cual realiza una conversión lineal de las cuenta por segundo (cps) a concentraciones en ppm a partir de la relación lineal con un estándar CRM (*Certificate Reference Material*), en este caso el NIST610 glass, teniendo como referencia el valor del elemento ²⁷Al. Se usaron como material de referencias secundarios para validar la calibración el BCR2G (CRM) y MCDT (muestra de cromitita rica en Al de la mina Mercedita, Cuba).

3.2.4. Análisis de Elementos del Grupo del Platino (EGP)

Los análisis de Elementos del Grupo del Platino (EGP) se realizaron en el Laboratorio Genalysis Ltd. (Maddington, Australia occidental) utilizando un ICP-MS, después de un proceso de pre-concentración mediante ensayo al fuego utilizando sulfuro de Ni como colector, siguiendo la metodología descrita por CHAN & FINCH (2001). En este método, se funden 25g de muestra con una mezcla que contiene bórax, carbonato de sodio, sílice, óxido de níquel y sulfuro. La fusión se realiza a 1.200°C donde todos los granos de Cr-espinela se funden completamente y los EGP son recogidos por el sulfuro de níquel. La mezcla con sulfuro de níquel se disuelve posteriormente con ácido clorhídrico a 100°C. Los EGP y los restos de sulfuro de níquel sin disolver se recogen con un filtro de membrana de nitrato de celulosa y después se lleva a cabo una digestión con agua regia en tubos de ensayo de borosilicato sellados. La solución resultante es diluida con ácido nítrico al 10% v/v y bien mezclada. La solución final es analizada por un ICP-MS utilizando un equipo Perkin Elmer/Sciex Elan 6000.

Se utilizan seis soluciones estándar de calibración y a todos los estándares y las muestras se les añadieron dos estándares internos para el control de la deriva. El CRM usado es el SARM-7 (*South African Reference Material*), además de estándares internos. Los isótopos de los EGP medidos fueron ⁹⁹Ru, ¹⁰¹Ru, ¹⁰²Ru, ¹⁰³Rh, ¹⁰⁵Pd, ¹⁰⁶Pd, ¹⁰⁸Pd, ¹⁸⁹Os, ¹⁹³Ir, ¹⁹⁵Pt, ¹⁹⁶Pt, ¹⁹⁷Au. Los resultados se corrigieron teniendo en cuenta las interferencias producidas con Ni y Cu. Los límites de detección son de 1 ppb para todos los EGP y 2 ppb para el Au.

3.2.5. Cálculos de la composición del fundido parental de la Cr-espinela

Para el cálculo de la composición del fundido parental en equilibrio con la Cr-espinela de las cromititas se utilizaron las ecuaciones propuestas por KAMENETSKY *et al.* (2001) y ZACCARINI *et al.* (2011):

$$\begin{aligned} \text{Al}_2\text{O}_{3\text{melt}} &= (4,1386 \times \text{Ln}(\text{Al}_2\text{O}_{3\text{sp}})) + 2,2828 \\ \text{TiO}_{2\text{melt}} &= (0,708 \times \text{Ln}(\text{TiO}_{2\text{sp}})) + 1,6436 \end{aligned}$$

La relación FeO/MgO en el fundido de MAUREL & MAUREL (1982):

$$\text{Ln}(\text{FeO/MgO})_{\text{sp}} = 0,47 - (1,07 \times \#\text{Al}_{\text{sp}}) + (0,64 \times \#\text{Fe}^{3+}_{\text{sp}}) + \text{Ln}(\text{FeO/MgO})_{\text{melt}},$$

donde FeO y MgO se expresan en porcentaje en peso, $\#\text{Al} = \text{Al}/(\text{Cr}+\text{Al}+ \text{Fe}^{3+})$ y $\#\text{Fe}^{3+} = \text{Fe}^{3+}/(\text{Cr}+\text{Al}+ \text{Fe}^{3+})$.

4. ROCAS ENCAJANTES

4.1. Peridotitas

El cuerpo principal de cromitita esta encajado en dunitas, las cuales, a su vez están encajadas en harzburgitas. En la parte central del cuerpo el encajante inmediato es dunita (muestra PP5B, fig. 7). Esta se compone predominantemente de cristales de olivino serpentizado de hasta 0,5 cm, alargados y fracturados, con fracturas rellenas de magnesita (fig. 18b) y Cr-espínela accesoria de hasta 0,3 cm. El contacto entre la cromitita y la dunita es neto.

En el extremo occidental del cuerpo principal de cromitita la roca encajante colectada es una harzburgita (muestra PP7A, fig. 7). La harzburgita que contiene cristales de piroxeno entre 0,5-1 cm y un patrón de fractura rellenas de magnesita (fig. 24b), con orientación mineral concordante con el eje más largo del cuerpo de cromitita, siendo la cromitita de tipo concordante según la clasificación de CASSARD *et al.* (1981).

Por otra parte, la mineralización diseminada de Cr-espínela esta encajada en dunita con clinopiroxeno (fig. 11), que es de color marrón verdoso, con cristales de olivino serpentizados, piroxeno y con Cr-espínela accesoria de hasta 1 mm (fig. 15b). También presenta un patrón de fracturas rellenas de magnesita.

4.1.1. Petrografía

Dunita. Se compone principalmente por olivino alterado a lizardita con textura mallada (*mesh*), con relictos de olivino no alterados (fig. 31a, b). Contiene granos subhedrales de Cr-espínela accesoria (1-3%) entre 0,4 mm y excepcionalmente hasta 4 mm, con fracturas pull-apart (figs. 31c, d). Paralelo a este patrón de fractura hay finas franjas de magnetita, vetillas de crisotilo y ópalo.

Dunita con clinopiroxeno. Se encuentra altamente serpentizada. No presenta restos de olivino, estos transformado a lizardita con textura mallada y en menor cantidad, vetas de crisotilo (fig. 31a). Contiene cristales de clinopiroxeno (entre 10-15%), de 1,5 mm, corroídos, fracturados y con textura bastita (figs. 31e, f). La Cr-espínela accesoria ($\geq 2\%$) es subhedral, presenta fracturas pull-apart y tiene tamaño de grano entre 1 y 1,5 mm (figs. 31c, d).

Harzburgita. Se encuentra menos alterada que las otras rocas encajantes, aunque el mineral predominante es serpentina. Se compone de lizardita (60-70%) y granos de olivino alterados con textura mallada, ortopiroxeno, vetas de crisotilo y Cr-espínela accesoria (fig. 32a). Los cristales de ortopiroxeno tienen un tamaño de 1-2 mm, con lamelas de exsolución de clinopiroxeno y fracturas rellenas de crisotilo y carbonato (figs. 32b, c). La Cr-espínela accesoria ($< 2\%$) es subhedral a euhedral con un tamaño variable entre 1-2 mm, con fracturas pull-apart (figs. 32d, e). La harzburgita presenta textura porfiroclástica y evidencias de deformación plástica a alta temperatura típicas de tectonitas mantélicas.

4.1.2. Química Mineral

Los resultados analíticos obtenidos se presentan en las tablas A2, A4, A5 (anexos). A continuación se describirán las características principales por fase mineral.

Cr-espínela. Presenta valores de número de cromo ($\#Cr = [Cr/(Cr+Al)]$) entre 0,53 y 0,59 en la dunita y entre 0,46 y 0,52 en la dunita con Cpx. El $\#Cr$ de la Cr-espínela en la harzburgita varía desde 0,52 y 0,58. En general, el $\#Cr$ de la Cr-espínela en las

peridotitas encajantes es ligeramente inferior al de la Cr-espínela del cuerpo de cromitita (fig. 42).

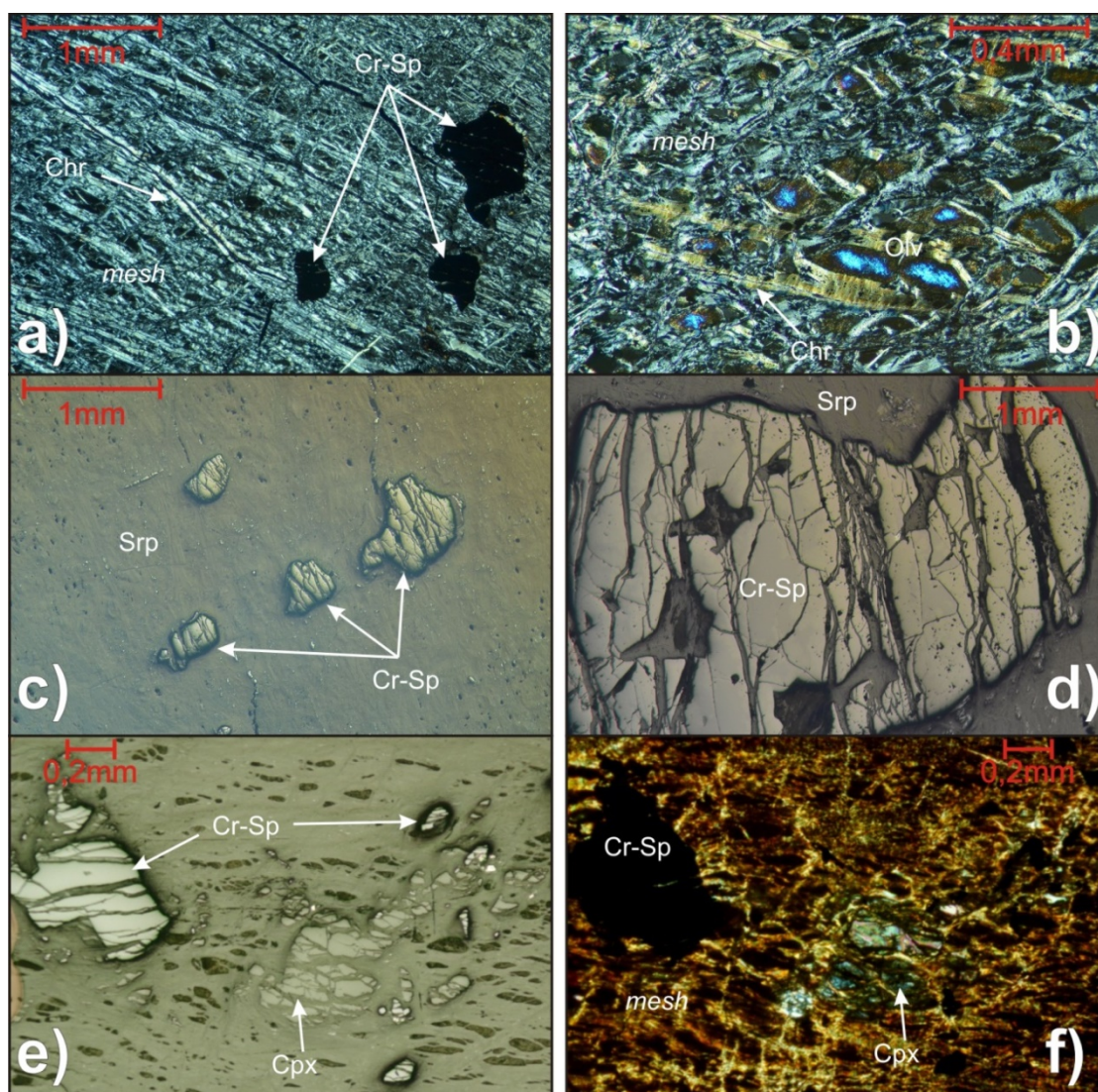


Figura 31. Fotomicrografías de las muestras de dunita (PP5A) y dunita con Cpx (PP3B). a) aspecto general de las dunitas compuesta principalmente de lizardita con textura mallada, vetas de crisotilo (Chr) y Cr-espínela accesoria (Cr-Sp). Nícoles cruzados (Nx). b) detalle de la lizardita con textura mallada, olivino (Olv) intersticial y vetas de crisotilo. Nx. c) Cr-espínela accesoria subhedral en la matriz de serpentina (Srp). Luz reflejada (LR). d) detalle de la Cr-espínela con fractura pull-apart. LR. e) detalle de Cr-espínela y relicto de clinopiroxeno (Cpx). LR. f) detalle de Cr-espínela, relicto de clinopiroxeno y textura mallada. Nx.

El número de magnesio ($\#Mg=[Mg/(Mg+Fe^{2+})]$) de la Cr-espínela accesoria en la harzburgita es mayor que en la dunita con Cpx y la dunita (tabla 2, fig. 33). De acuerdo con las relaciones de $\#Cr$ y $\#Mg$ las Cr-espínelas se clasifican predominantemente como magnesiocromitita. Los valores más altos del $\#Mg$ de la Cr-espínelas en las cromititas se deben al hecho de que los contenidos de MgO y FeO de la cromita varían durante el enfriamiento del sistema, en función de la proporción cromita/olivino, debido a procesos de reequilibrio subsólidos entre ambos minerales. Al descender la temperatura, el Mg tiende a migrar hacia el olivino, mientras que el Fe^{2+} tiende a concentrarse en la cromita (IRVINE 1967).

Tabla 2. Composición química (máximos, mínimos y medias, % en peso) y relaciones críticas de la Cr-espina accesoria en las rocas encajantes de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado.

Cr-Sp		TiO ₂	V ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3t}	Cr/Fe	MnO	NiO	#Mg	#Cr
Dunita	Mín.	0,200	0,183	19,25	37,73	58,78	26,16	1,34	0,249	0,142	0,43	0,53
	Máx.	0,305	0,268	22,16	41,86	61,16	29,01	1,59	0,418	0,232	0,55	0,59
	Med.	0,248	0,221	20,42	39,48	59,89	27,37	1,44	0,308	0,197	0,48	0,56
Dunita Cpx	Mín.	0,186	0,118	23,47	34,60	60,87	22,82	1,44	0,248	0,122	0,54	0,46
	Máx.	0,271	0,219	27,55	38,33	63,00	25,86	1,56	0,314	0,210	0,62	0,52
	Med.	0,233	0,164	25,83	36,21	62,05	23,91	1,52	0,286	0,175	0,58	0,48
Harzb.	Mín.	0	0,175	21,84	40,24	65,19	18,80	1,99	0,215	0,113	0,58	0,52
	Máx.	0,101	0,272	25,41	44,34	66,48	20,30	2,29	0,311	0,171	0,63	0,58
	Med.	0,058	0,225	23,45	42,65	66,10	19,54	2,18	0,267	0,147	0,61	0,55

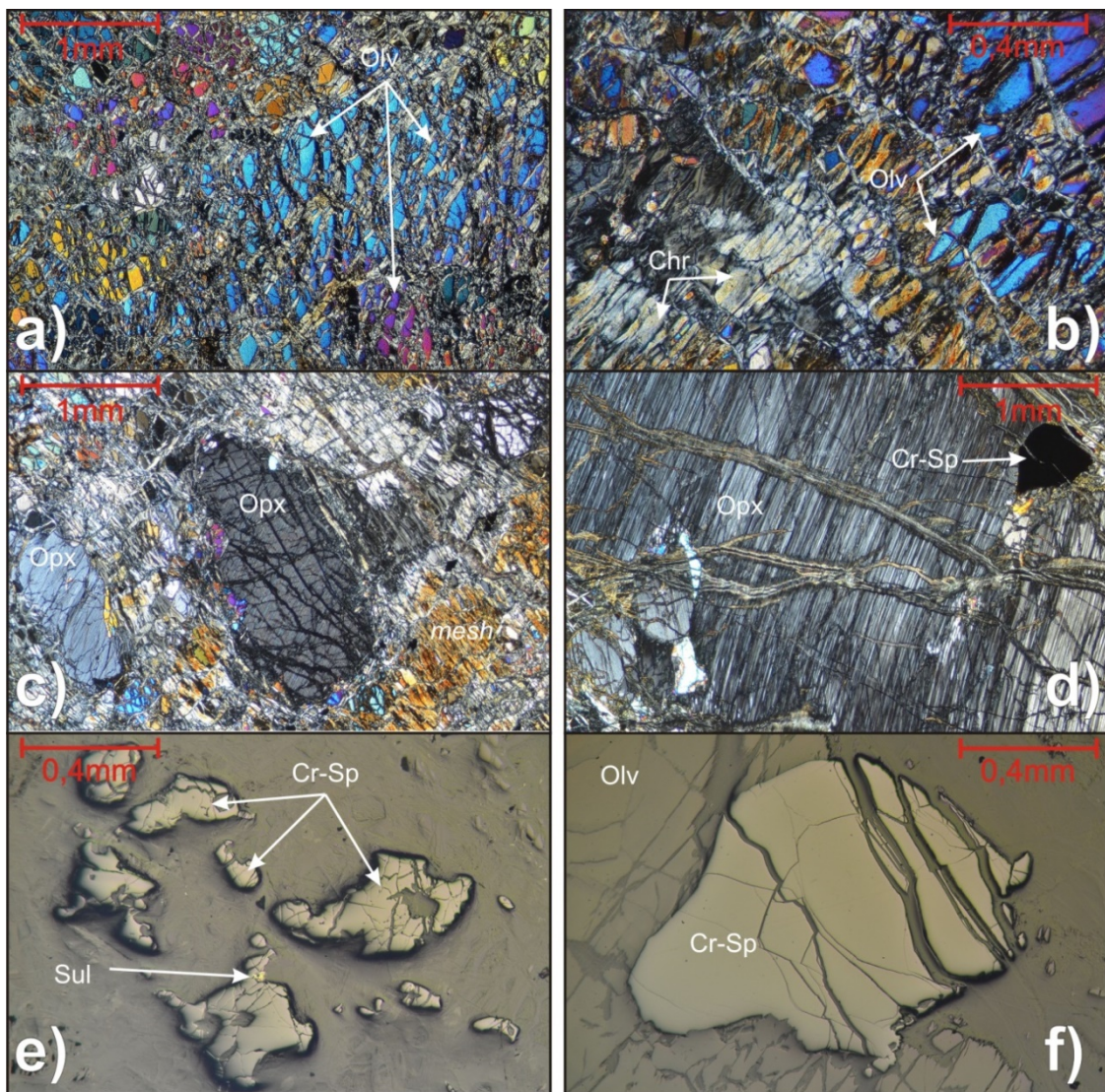


Figura 32. Fotomicrografías de la muestra de harzburgita, PP7A. a) olivino. Nx. b) detalle de olivino y crisotilo. Nx. c) porfiroclasto de ortopiroxeno (Opx) rodeado de lizardita con textura mallada, nótese textura de reemplazamiento de Opx por olivino. Nx. d) detalle Opx con lamelas de exsolución de Cpx y Cr-espina accesoria. Nx. e) detalle de Cr-espina y sulfuro asociado. LR. f) detalle de Cr-espina con fracturas pull-apart. LR.

Los contenidos de TiO_2 en la Cr-espinela accesoria son mayores en la dunita (media 0,25%), seguido por la dunita con Cpx (media 0,23%) y la harzburgita (media 0,06%) (tabla 2). Estos valores son, ligeramente inferior a los de la Cr-espinela en la cromitita masiva (media 0,26%) (fig. 33). En el grafico que discrimina las composiciones de las Cr-espinelas en equilibrio con magmas boniníticos y MORB, se pone de manifiesto que las Cr-espinelas accesorias de las rocas ultramáficas de la Ofiolita de Cerro Colorado se proyectan en una zona entre ambos campos (fig. 33b), zona de transición.

Piroxenos. En la dunita con Cpx y la harzburgita se presentan, tanto clinopiroxeno (en ambos tipos de peridotitas) como ortopiroxeno (sólo en la harzburgita). La tabla 3 se presentan los valores máximos, mínimos y medias y las tablas A4 y A5 (anexos) contienen los valores puntuales obtenidos.

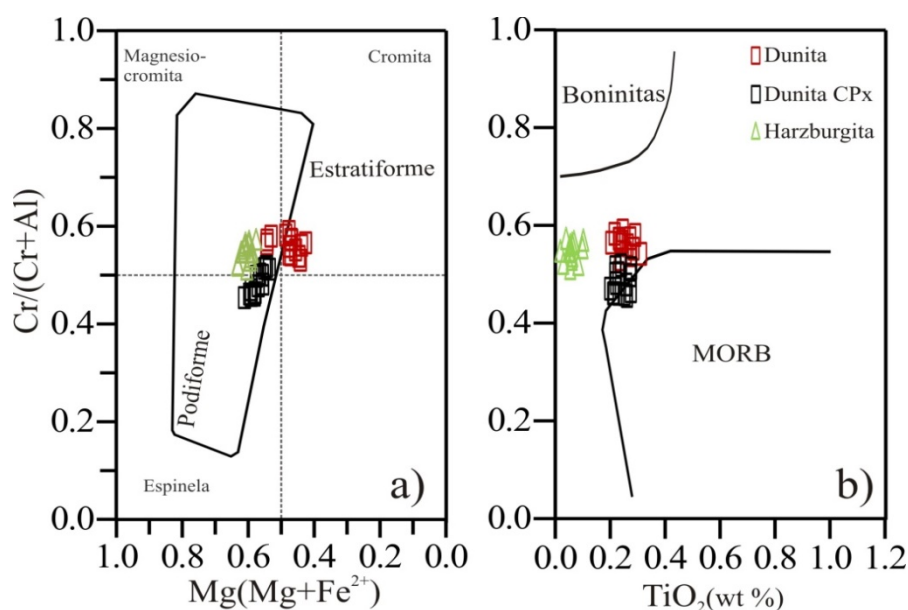


Figura 33. Variación composicional de la Cr-espinela accesoria en las rocas encajantes de la cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado, en términos de a) $\#Cr$ [$Cr/(Cr+Al)$] vs. $\#Mg$ [$Mg/(Mg+Fe^{2+})$] y b) $\#Cr$ vs. $\%TiO_2$. ARAI (1992).

Tabla 3. Composición química (máximo, mínimo y media, % en peso) de los piroxenos en las rocas encajantes de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado.

Cpx		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Mg#
Dunita Cpx	Mín.	50,7	0,16	2,73	0	0,79	2,15	15,6	24,1	0,01	0,02	0,34	0	0,93
	Máx.	52,5	0,24	4,24	0,07	1,21	2,55	16,7	24,7	0,08	0,09	0,54	0,01	0,92
	Med.	51,7	0,20	3,25	0,03	0,93	2,37	16,2	24,3	0,05	0,04	0,46	0,01	0,92
Harzb.	Mín.	51,7	0	2,82	0,01	1,32	2,41	16,5	23,0	0,08	0,05	0,59	0	0,92
	Máx.	52,4	0,09	3,14	0,07	1,53	2,50	16,8	23,3	0,11	0,09	0,68	0,01	0,92
	Med.	51,9	0,05	2,96	0,05	1,39	2,44	16,6	23,1	0,09	0,06	0,63	0,00	0,92
Opx														
Harzb.	Mín.	54,4	0	2,14	0	0,66	5,62	32,2	0,80	0,14	0,08	0,02	0	0,91
	Máx.	55,5	0,02	2,56	0,04	0,96	6,09	34,3	3,68	0,17	0,12	0,15	0,01	0,91
	Med.	55,0	0,01	2,27	0,02	0,82	5,90	33,6	1,72	0,16	0,10	0,06	0,01	0,91

En la figura 34 se observa la variación en la composición química de los clinopiroxenos. Esta figura muestra que, para similar valor de $\#Mg$ en el clinopiroxeno, la dunita con Cpx presenta mayores valores de Al_2O_3 y TiO_2 , mientras que la harzburgita posee mayores valores de Cr_2O_3 . En las figuras 34 y 35 se observa la

variación de la composición química de los piroxenos en las peridotitas, donde discriminan peridotitas retro arco (*back arc*), ante arco (*fore arc*) y MORB (*abyssal*).

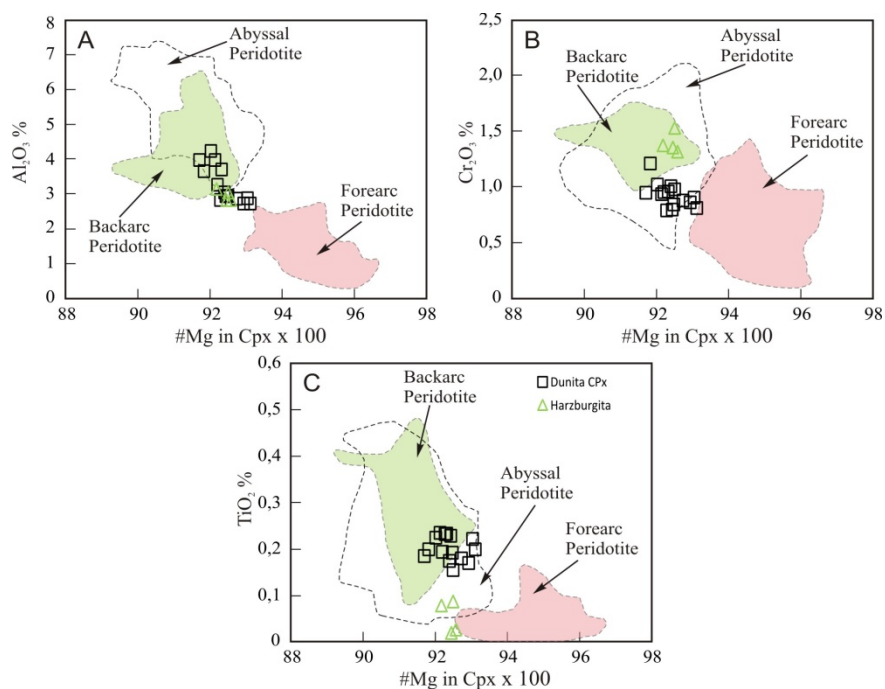


Figura 34. Variación de la composición química del Cpx de las rocas encajantes de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado. Los campos composicionales fueron compilados por LIAN *et al.* (2016).

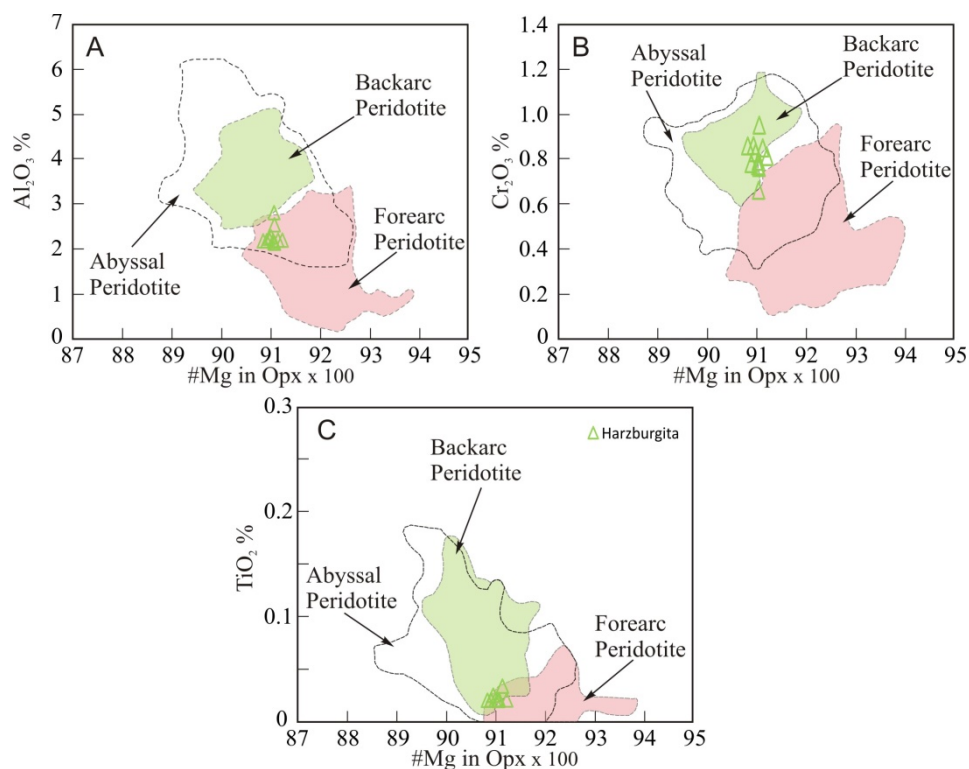


Figura 35. Variación de la composición química del Opx de las rocas encajantes de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado. Los campos composicionales fueron compilados por LIAN *et al.* (2016).

5. CROMITITA

5.1. Textura y mineralogía

Las muestras de cromititas estudiadas han sido divididas en: i) cromititas nodular-diseminada, ii) cromititas semimasiva y iii) cromititas masiva.

Cromitita nodular-diseminada. Se encuentra en un área con acumulaciones de cromitita diseminada en la peridotita encajante, en algunos casos con textura nodular, en el extremo oriental del cuerpo principal de cromitita (fig. 7). La muestra PP3 es una lente de cromitita (figs. 14, 15a). Los cristales de Cr-espínela alcanzan un tamaño de hasta 0,5 cm, incluidos en una matriz de olivino serpentizado. La muestra PP9B presenta textura nodular, con nódulos de Cr-espínela entre 0,5 y 1 cm, subhedral, incluidos en una matriz serpentizada (fig. 28). Por estimación visual se puede establecer que la muestra presenta una relación Cr-espínela/olivino en torno a 1 (~50% de cada fase mineral).

Cromitita semimasiva. Corresponden a cromititas (PP5B, PP7B) cerca del contacto con la peridotita encajante (figs. 18, 25), donde el porcentaje de la Cr-espínela está entre 70-80%, con cristales de 0,5 cm de tamaño, en una matriz serpentizada (figs. 19a, 25b).

Cromitita masiva. Comprende el pod principal de cromitita (figs. 7, 8). Las muestras PP2 (fig. 13b), PP5C, PP5D1 (figs. 19b, 20b), PP6 (fig. 22b) y un pod más pequeño y alejado del principal, PP10B (fig. 30). Estas muestras contienen cristales de Cr-espínela de entre 0,3 y 0,5 cm de tamaño, hasta un 95 %, en una matriz serpentizada intersticial (5-10%).

5.2. Petrografía

Cromitita nodular-diseminada. Contiene Cr-espínela anhedral-subhedral con hábito nodular (fig. 36a), tamaño variable entre 2-6 mm y fracturas pull-apart (figs. 36b, c). La matriz que rodea los nódulos está completamente serpentizada, con lizardita con textura mallada y escaso crisotilo y ópalo en vetillas (figs. 36d, e, f). No se observan sulfuros en este tipo de cromititas.

Cromitita semimasiva. La Cr-espínela es anhedral, con tamaño que varía entre 1 y 4 mm, con fracturas pull-apart (fig. 37a, b) y se encuentra rodeado por serpentina. Hay escasos cristales de olivino como relictos en la matriz de lizardita con textura mallada (figs. 37c, d), los cuales se encuentran fracturados y deformados en dirección perpendicular a las fracturas pull-apart de la Cr-espínela. Hay vetillas de crisotilo rellenando las fracturas y trazas sulfuros: pentlandita y heazlewoodita (figs. 37e, f).

Cromitita masiva. La Cr-espínela varía entre 1 y 5 mm de tamaño, es anhedral con fracturas pull-apart y representa, el 95% en volumen de la roca (figs. 38a, b). En algunas muestras se preservan cristales de olivino (2-3%) en la matriz de lizardita con textura mallada (figs. 38c, d). Hay vetas de crisotilo rellenando las fracturas y trazas de pentlandita y heazlewoodita (figs. 38e, f).

5.3. Química Mineral

Los resultados de los análisis realizados se presentan en las tablas A1, A3, A6 (anexos). A continuación se describirán las características por fase mineral.

5.3.1. Olivino

Los olivinos frescos sin serpentinización son escasos y solo se encuentran en la matriz de las cromititas. Se analizaron en 6 muestras (tabla A3, anexos). La tabla 4 muestra los valores máximos, mínimos y medias del olivino que es tipo forsterita ($\#Mg \sim 0,93$), con valores medios de NiO de 0,43 % y de MnO de 0,11 % en peso.

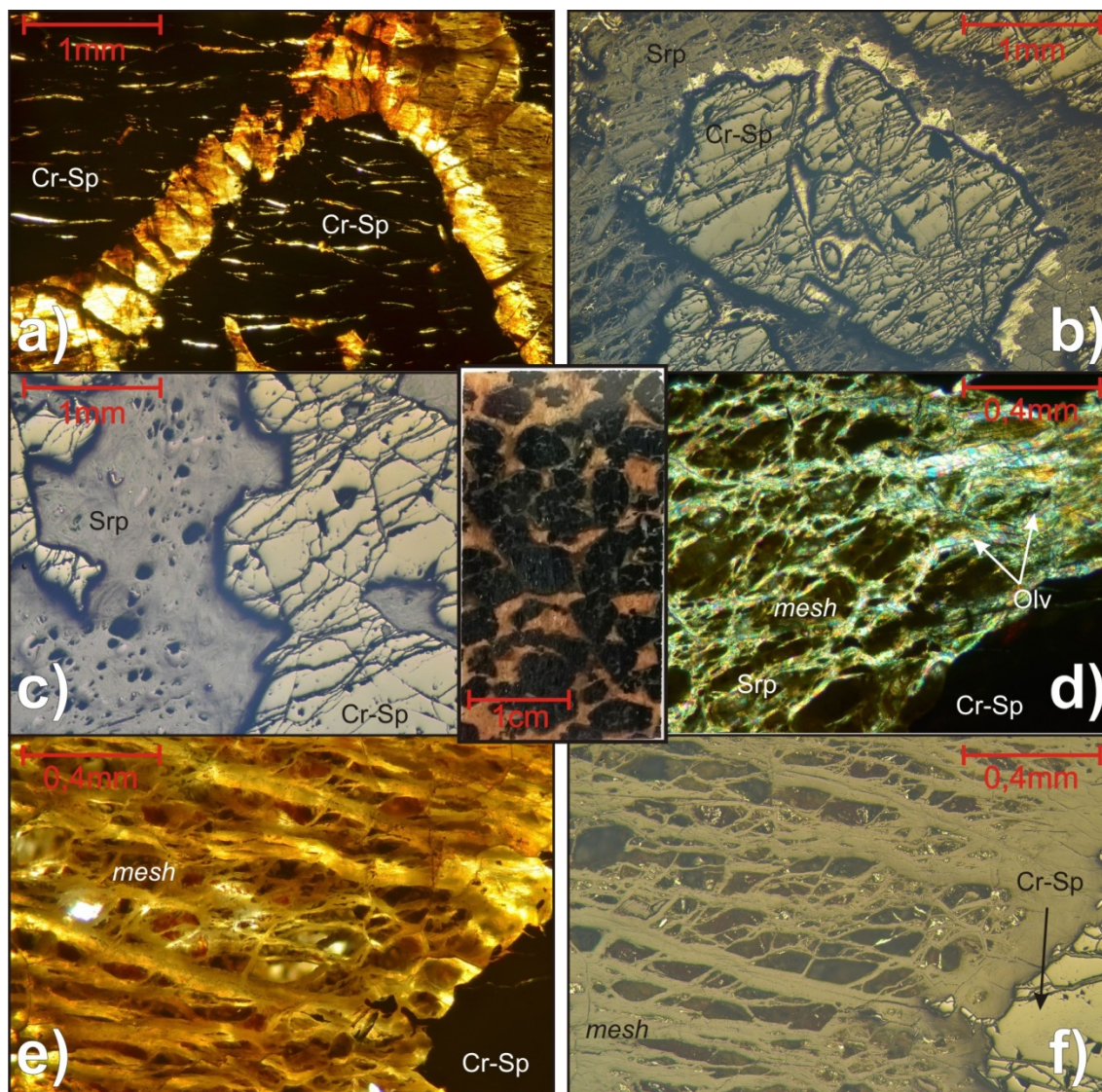


Figura 36. Fotomicrografías de las muestras de cromititas nodular-diseminada (centro). a) detalle de Cr-espínela con hábito nodular y fractura pull-apart, rodeado por serpentina. Np. b) Cr-espínela de hábito nodular y fractura pull-apart, rodeado por serpentina. LR. c) detalle Cr-espínela con fractura pull-apart. LR. d) detalle de textura mallada. Nx. e) detalle de textura mallada. Np. f) detalle de textura mallada. LR.

Tabla 4. Composición química (máximo, mínimo y media, % en peso) del olivino en las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado.

Olv		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	#Mg
Cromitita	Mín.	39,95	0	0	0	0	5,90	51,23	0,017	0,067	0,387	0	0	0,927
	Máx.	41,27	0,060	0,394	0,049	0,074	7,20	53,10	0,066	0,141	0,521	0,036	0,013	0,941
	Med.	40,67	0,010	0,037	0,005	0,009	6,68	52,28	0,038	0,106	0,463	0,006	0,003	0,933

5.3.2. Serpentina

En la tabla A6 (anexos) se presentan los resultados obtenidos en dos muestras de cromititas (una masiva y una nodular), donde se analizaron cristales de serpentina en la matriz. La tabla 5 a continuación muestra los valores máximos, mínimos y medias.

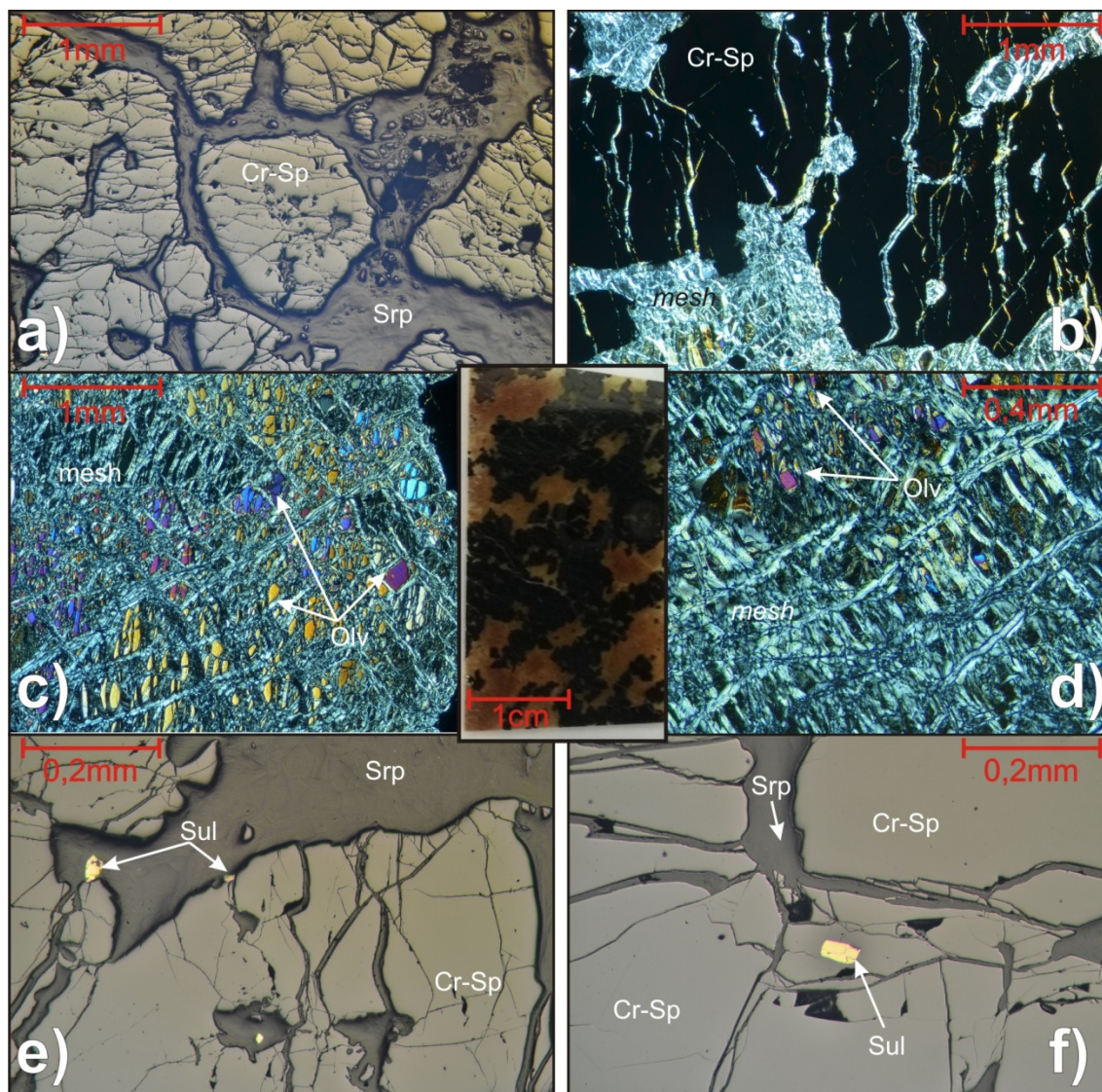


Figura 37. Fotomicrografías de las muestras de cromititas semimasiva (centro). a) Cr-espinela con fractura pull-apart, rodeado por serpentina. LR. b) Cr-espinela rodeada por serpentina con textura mallada. Nx. c) olivino alterado a lizardita con textura mallada. Nx. d) olivino alterado a lizardita con textura mallada y vetas de crisotilo. Nx. e) detalle de Cr-espinela y sulfuro de Fe-Ni. LR. f) detalle de Cr-espinela con textura pull-apart y sulfuro de Fe-Ni. LR.

Tabla 5. Composición química (máximos, mínimos y medias, % en peso) de serpentina en las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado.

Serp		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O
Cromitita	Mín.	32,44	0	0,455	0	0	6,32	32,39	0,004	0,051	0,058	0	0
	Máx.	38,63	0,073	7,780	0,028	0,277	14,00	38,57	0,037	0,243	0,651	0,017	0,011
	Med.	35,49	0,018	3,096	0,004	0,033	10,43	34,47	0,019	0,156	0,395	0,003	0,002

5.3.3. Cr-espínela - Elementos mayoritarios

Las Cr-espínelas de las cromititas de la Ofiolita de Cerro Colorado son ricas en aluminio. Los contenidos de Al_2O_3 se encuentran entre 21-25% para las masivas, 24-25% para las semimasivas y 29-31% para las nodular-diseminadas, con porcentajes en Cr_2O_3 variables entre 41-46% (masivas), 41-43% (semimasivas) y 36-40% (nodular-diseminadas).

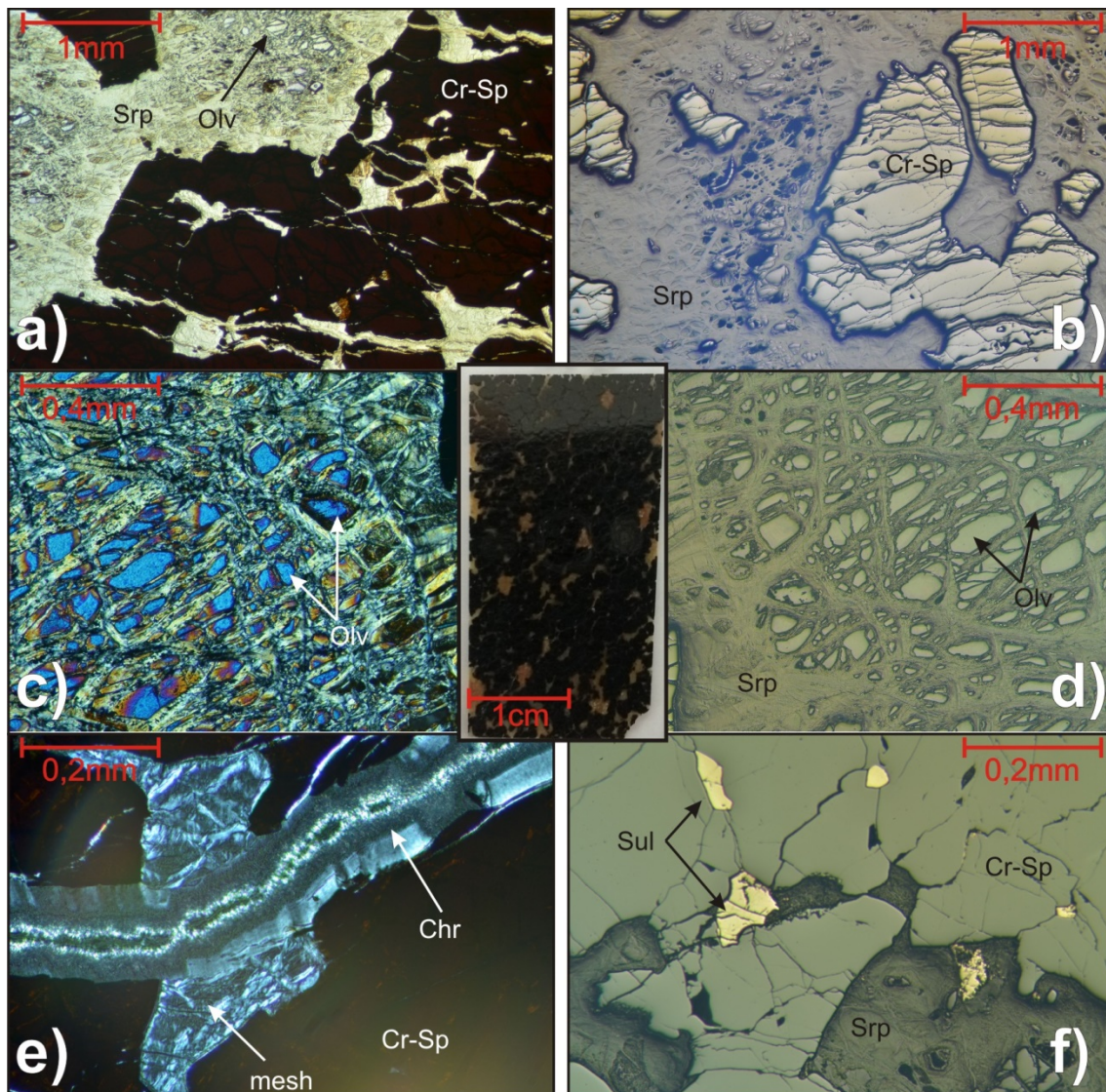


Figura 38. Fotomicrografías de las muestras de cromititas masiva (centro). a) Cr-espínela rodeado por serpentina. Nicoles paralelos (Np). b) Cr-espínela con fractura pull-apart, rodeado por serpentina. LR. c) Olivino rodeado de textura mesh. Nx. d) Olivino rodeado de serpentina. LR. e) detalle de veta de crisotilo en la Cr-espínela, cortando la textura mesh. Nx. f) detalle de Cr-espínela con textura pull-apart y sulfuro asociado. LR.

El #Cr varía entre 0,52-0,60 para las masivas; 0,52-0,54 para las semimasivas y 0,44-0,48 para las nodular-diseminadas, siendo magnesiocromita (tabla 6). El #Mg varía entre 0,65-0,69 para las masivas, entre 0,68-0,70 para las semimasivas y entre 0,60-0,74 para las nodular-diseminadas. El porcentaje de TiO_2 varía entre 0,10-0,35% para las masivas; 0,18-0,37% para las semimasivas y 0,10-0,19% para las nodular-diseminadas.

Estos resultados muestran que, la composición de la Cr-espínela varía sistemáticamente desde la cromitita masiva, la semimasiva y hasta la nodular-diseminada (figs. 39a, b). Estas variaciones están definidas por un aumento en el contenido de Al_2O_3 y un descenso en el contenido de Cr_2O_3 . Los contenidos de TiO_2 presentan una distribución más errática aunque definen una signatura geoquímica de estas cromititas, como ofiolíticas (podiformes) formadas a partir de magmas de composición intermedia entre, boninitas y MORB (fig. 39c).

Se realizó un análisis puntual con EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) a un cristal de sulfuro dentro de la Cr-espínela de una cromitita masiva, arrojando una relación porcentual de masa semicuantitativa de: S 33,68%; Fe 30,50%; Ni 35,81%. Estos porcentajes corresponden a un cristal de pentlandita, corroborando la descripción petrográfica.

Tabla 6. Composición química (máximos, mínimos y medias, % en peso) y relaciones críticas de Cr-espínela en las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado.

Cr-Sp		TiO ₂	V ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	Cr/Fe	MnO	NiO	#Mg	#Cr
Cromitita nodular/disem.	Mín.	0,101	0,113	29,59	36,27	66,30	13,71	2,38	0,174	0,136	0,60	0,44
	Máx.	0,187	0,222	31,20	40,12	69,73	15,44	2,67	0,254	0,257	0,74	0,48
	Med.	0,139	0,165	30,27	37,05	67,32	14,83	2,50	0,212	0,205	0,71	0,45
Cromitita semimasiva	Mín.	0,178	0,137	24,49	41,19	66,50	15,57	2,53	0,186	0,108	0,68	0,52
	Máx.	0,374	0,227	25,54	43,18	67,67	16,66	2,75	0,285	0,213	0,70	0,54
	Med.	0,283	0,191	24,88	42,10	66,98	16,00	2,63	0,239	0,160	0,69	0,53
Cromitita masiva	Mín.	0,099	0,135	21,01	41,63	66,14	15,45	2,51	0,195	0,103	0,65	0,52
	Máx.	0,346	0,251	25,37	46,15	68,32	17,00	2,84	0,300	0,212	0,69	0,60
	Med.	0,246	0,191	23,50	43,65	67,15	16,35	2,67	0,245	0,146	0,68	0,55

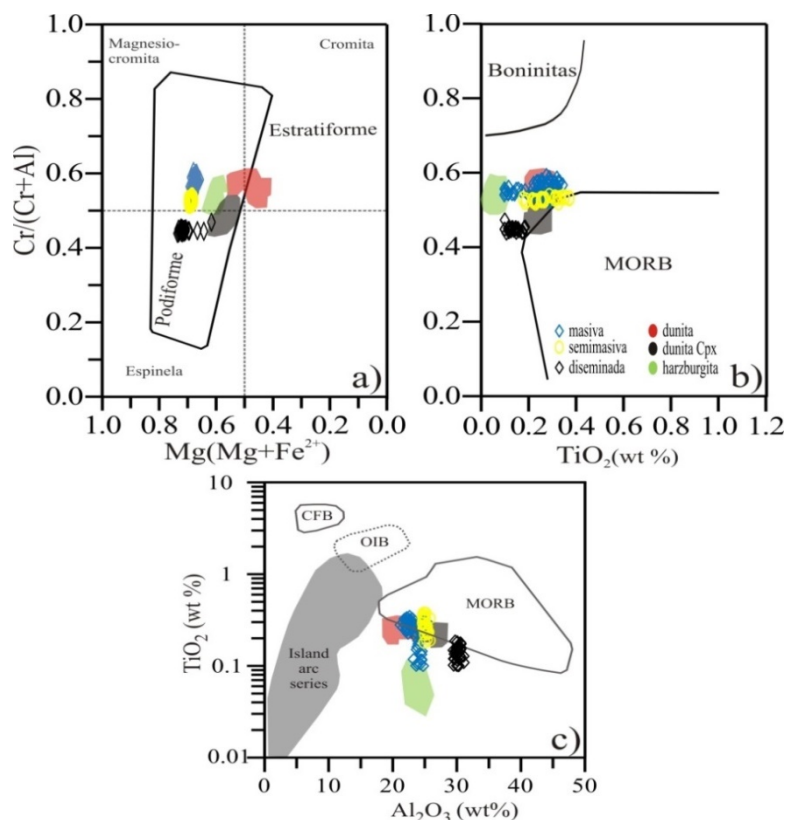


Figura 39. Variación composicional de Cr-espínela en las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado en términos de a) #Cr vs. #Mg, b) #Cr vs. %TiO₂ (% en peso). Los campos representan las rocas encajantes: rojo dunita, negro dunita con Cpx, verde harzburgita. ARAI (1992). c) Variación composicional de la Cr-espínela en las cromititas en términos de TiO₂ vs. Al₂O₃, CFB (*continental flood basalt*), OIB (*ocean island basalts*), MORB y Island arc series. Campos tomados de KAMENETSKY *et al.* (2001).

- Elementos trazas

En la tabla 7 y la figura 40 se presentan los valores de elementos menores y traza determinados por LA-ICP-MS (Ti, Ga, Ni, Zn, Co, V, Sc) en Cr-espínela de las cromititas y rocas encajantes.

Tabla 7. Contenido de elementos trazas (en ppm) y algunos mayores (EPMA) en la Cr-espínela de las cromititas y rocas encajantes de la Ofiolita de Cerro Colorado. 2σ error.

	harzb.	dunita	cromitita		
	PP7A	PP5A	PP5B	PP5C	
⁴⁵ Sc	2,44	5,72	3,27	3,08	LA-ICP-MS
2 σ	0,32	0,47	0,32	0,28	
⁴⁷ Ti	304	1.316	1.743	1.305	
2 σ	8,40	27,92	40,42	27,64	
⁵¹ V	1.328	1.340	1.074	1.069	
2 σ	27,13	23,00	22,50	23,55	
⁵⁵ Mn	1.368	1.720	1.095	1.131	
2 σ	28,88	34,17	24,50	24,27	
⁵⁹ Co	361	342	205	213	
2 σ	9,35	7,81	4,69	4,59	
⁶⁰ Ni	1.007	1.516	1.095	1.092	
2 σ	22,50	32,50	25,17	24,73	
⁶⁶ Zn	1.341	1.101	402	408	
2 σ	40,38	28,83	11,48	13,34	
⁷¹ Ga	33,36	38,45	44,81	43,08	
2 σ	1,04	1,18	1,26	1,27	
Al ₂ O ₃	234.453	204.153	247.480	249.187	EPMA
MgO	131.713	99.647	152.987	151.240	
Fe ₂ O _{3t}	191.000	265.460	154.547	158.900	
Cr ₂ O ₃	426.500	394.760	423.673	421.307	

	harzb.	dunita	cromitita	
	PP7A	PP5A	PP5B	PP5C
Al ₂ O ₃	0,63	0,55	0,67	0,67
Ga	0,64	0,73	0,86	0,82
Ti	0,23	0,98	1,30	0,97
Ni	0,57	0,86	0,62	0,62
MgO	0,73	0,55	0,85	0,84
Zn	2,89	2,37	0,86	0,88
Co	2,19	2,07	1,24	1,29
Mn	1,55	1,95	1,24	1,28
Fe ₂ O _{3t}	1,39	1,94	1,13	1,16
V	1,78	1,80	1,44	1,44
Sc	0,46	1,08	0,62	0,58
Cr ₂ O ₃	1,43	1,32	1,42	1,41

Normalizado a MORB utilizando los valores de PAGÉ & BARNES (2009)

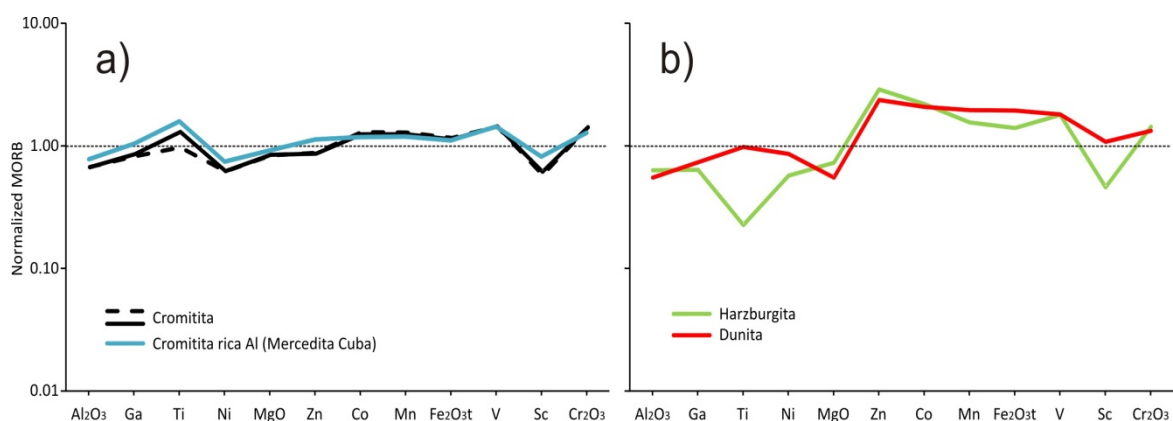


Figura 40. Diagramas *spider* donde se muestra la composición (elementos mayores, menores y traza) de la Cr-espínela en las cromititas ofiolítica de Cerro Colorado y Mercedita (Cuba) (a) y rocas encajantes (b). La composición de la cromita del MORB es tomada de PAGÉ & BARNES (2009).

La Cr-espínela en la cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado muestra un patrón de distribución de los elementos menores y traza casi “plano” respecto a la cromita del MORB, aunque con ligeras anomalías positivas en Ti y V y una ligera anomalía negativa en Sc (fig. 40a), análogas a las que presenta la cromitita ofiolítica rica en Al de la mina Mercedita, Cuba oriental (COLÁS *et al.* 2014).

Las Cr-espínelas accesorias en las dunitas y harzburgitas encajantes (fig. 40b) muestran patrones irregulares, con anomalías positivas (dunita) y negativas

(harzburgita) en Ti, anomalías en la zona central del espectro en Zn, Co, Mn y V y anomalías negativas en Sc. El enriquecimiento en Zn, Co y Mn puede ser producto de la movilidad de estos elementos durante el metamorfismo y la alteración hidrotermal (COLÁS *et al.* 2014), evidente en las peridotitas encajantes por su alto grado de serpentinización con textura mallada (lizardita a partir de olivino), bastita (lizardita a partir de piroxenos) y en algunos casos ópalo. Estas anomalías no se presentan en las Cr-espinelas de las cromititas debido a la menor permeabilidad de estas rocas a los fluidos alterantes.

5.4. Elementos del Grupo del Platino (EGP): abundancia y distribución

La abundancia total de los Elementos del Grupo del Platino (EGP) (tabla 8) en la cromitita de Cerro Colorado, de manera similar a otras cromititas ricas en Al, es muy baja: entre 60 y 109 ppb del total de EGP.

Tabla 8. Concentración de EGP en muestras de cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado. PP3 diseminada, PP5C y PP5D1 masiva, PP10B masiva cuerpo menor. bdl, bajo límite de detección. EGP y Au en ppb, As en ppm, S en % en peso.

bdl	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Total	Au	As	S	Pd/Ir	Cr#
bdl	1	1	1	1	1	1		2	20	0.05		
PP3	10	12	22	3	10	3	60	2	bdl	bdl	0,25	0,45
PP5C	4	17	23	4	24	37	109	13	bdl	bdl	2,18	0,53
PP5D1	11	18	26	4	22	15	96	9	bdl	bdl	0,83	0,58
PP10B	7	19	26	3	23	27	105	6	bdl	bdl	1,42	0,55

El diagrama de EPG normalizado a los valores condriticos (fig. 41), presenta una morfología con pendiente positiva desde el Os al Ir, un segmento plano del Ir al Ru y un segmento con pendiente negativa (muestra PP3), típica de la mayor parte de las cromititas ofiolíticas descritas en la literatura (p.e. ECONOMOU-ELIOPOULOS 1996, ZHOU *et al.* 1998, GERVILLA *et al.* 2005, KOCKS *et al.* 2007, UYSAL *et al.* 2007 y ESCAYOLA *et al.* 2011), o positiva (muestras PP5C, PP5D1 y PP10B) similar a las descritas por MERINERO *et al.* (2013) en cromititas de la zona de Ossa Morena (Macizo Ibérico) afectadas por intenso proceso de alteración hidrotermal.

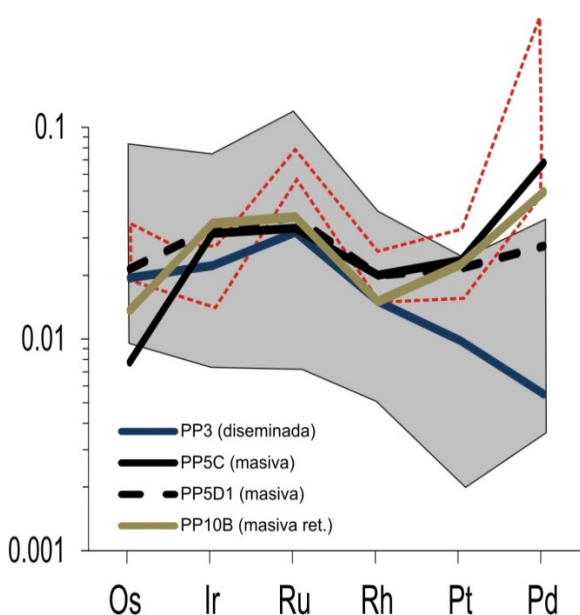


Figura 41. Diagramas de EGP de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado, normalizado a los valores condritico (NALDRETT & DUKE 1980). Campo gris compilación de datos de cromititas ricas en Al (ECONOMOU-ELIOPOULOS 1996, ZHOU *et al.* 1998, PROENZA *et al.* 1999, GERVILLA *et al.* 2005, KOCKS *et al.* 2007, UYSAL *et al.* 2007 y ESCAYOLA *et al.* 2011) y campo segmentado rojo cromitita de CUCO, Iberia (MERINERO *et al.* 2013).

6. DISCUSIÓN

6.1. Composición del fundido parental de las cromititas e implicaciones paleotectónicas

Se puede obtener información sobre la firma geoquímica del magma parental y el ambiente tectónico de génesis de las cromititas mediante el estudio de la composición de la Cr-espínela y los silicatos asociados, tanto en la cromitita como en las peridotitas encajantes. Los resultados obtenidos a partir de las ecuaciones para el cálculo del fundido parental en equilibrio propuestas por MAUREL & MAUREL (1982), KAMENETSKY *et al.* (2001) y ZACCARINI *et al.* (2011) se muestra en la tabla 9 y figura 42.

Tabla 9. Contenido promedio de Al_2O_3 y TiO_2 (% en peso) en la Cr-espínela de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado y composición del fundido parental en equilibrio según las ecuaciones de MAUREL & MAUREL (1982), KAMENETSKY *et al.* (2001) y ZACCARINI *et al.* (2011).

Cromitita (textura)	Cr-espínela		Fundido		
	Al_2O_3	TiO_2	Al_2O_3	TiO_2	FeO/MgO
nodular/diseminada	30,27	0,14	16,40	0,24	0,84
semimasiva	24,88	0,28	15,58	0,73	0,84
masiva	23,50	0,25	15,34	0,62	0,87

Los fundidos que generaron las cromititas de la Ofiolita de Cerro Colorado pudieron haber tenido contenidos en Al_2O_3 similares a los MORB y a los basaltos de cuencas de retro arco (15-16%) (FRYER *et al.* 1990; ARAI 1994). Sin embargo las variaciones en el contenido de TiO_2 (0,24-0,73%), que son ligeramente inferiores a los valores de los MORB y los valores de la razón FeO/MgO de 0,84-0,87 sugieren una afinidad de basalto de cuenca retro arco (*back arc basin basalt*, BABB), similar a los estimados por GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* (2011) para la cromitita ricas en Al de Sagua de Tánamo y Moa-Baracoa (Cuba oriental) (fig. 42a, b).

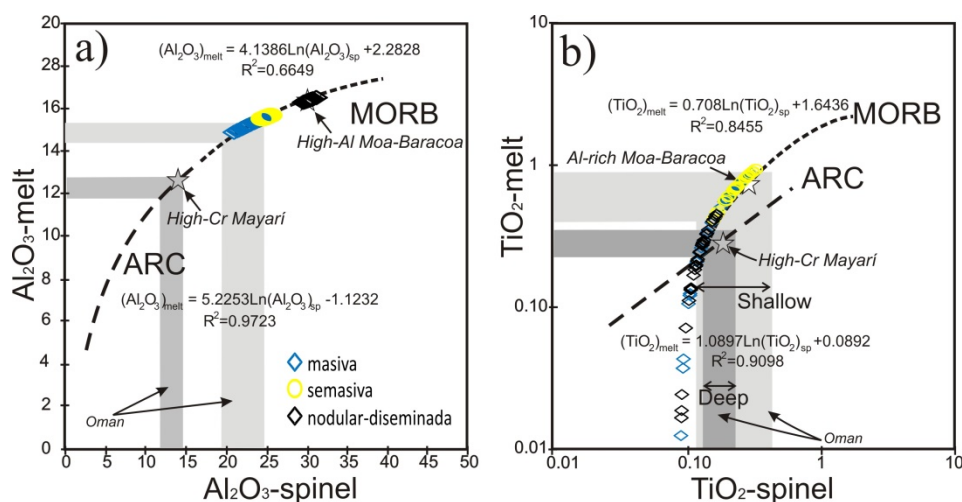


Figura 42. Contenido de Al_2O_3 (a) y TiO_2 (b) en el fundido en equilibrio con la Cr-espínela de las cromititas ofiolíticas de Cerro Colorado. Las líneas de regresión son las obtenidas por ZACCARINI *et al.* (2011) y ROLLINSON (2008) a partir de KAMENETSKY *et al.* (2001). Las franjas de color gris indicando el fundido en equilibrio con la cromitita de Omán se han representado a manera de comparación (ROLLINSON 2008), al igual que los valores de las cromititas de Moa-Baracoa y Mayarí (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* 2011).

Estos rasgos geoquímicos también se ponen en evidencia por el ligero enriquecimiento de Cr y Ti en la Cr-espinela de la dunita relativo a la de la harzburgita y la cromitita (fig. 39a, b) sugiriendo que: 1) la envolvente dunitica de la cromitita (fig. 5) se formó por la reacción entre la harzburgita del manto y un fundido tipo BABB y 2) que la cromitita y la dunita no fueron formadas en equilibrio a partir de un fundido parental común (p.e. contacto neto entre ambos, fig. 18a). La formación de la cromitita debió requerir un fundido tipo BABB más rico en Al y pobre en Ti que el requerido para la dunita (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* 2011).

También se realizó el cálculo del porcentaje de fusión parcial requerido para la formación de los líquidos en equilibrio con las peridotitas, según la ecuación $F(\%) = 10 \times \ln(\#Cr) + 24$ propuesta por HELLEBRAND *et al.* (2001) y utilizada para las peridotitas encajantes por LIAN *et al.* (2016). Los valores obtenidos para la Ofiolita de Cerro Colorado muestran un intervalo de fusión parcial entre 16-19% (tabla 10), que concuerda con el bajo contenido de clinopiroxeno y el moderado valor del #Cr (LIAN *et al.* 2016).

Tabla 10. Cálculo de las tasas de fusión parcial requeridas para la formación de los fundidos parentales de las cromititas y de las peridotitas encajantes de la Ofiolita de Cerro Colorado a partir del #Cr (HELLEBRAND *et al.*, 2001).

Rocas	#Cr		F(%)	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Dunitas	0,59	0,46	19	16
Harzburgita	0,58	0,52	18	17

El clinopiroxeno presente en las dunitas y la harzburgita (fig. 34) muestra afinidad entre ambiente genético de retro arco (*back arc*) y MORB (*abyssal*) y, el ortopiroxeno en la harzburgita (fig. 35) es más afín a un ambiente de retro arco (*back arc*). En la figura 43 se muestra la variación composicional de la Cr-espinela accesoria en las peridotitas encajantes y las cromititas (campos de líneas discontinuas), donde la harzburgita presenta mayores valores de Cr y menores valores de Ti y Mg con respecto a las dunitas, por lo que se podría inferir que las dunitas se formarían por evolución a partir de ésta. Esta evolución vendría marcada por la reacción de la harzburgita con fundidos más ricos en Al₂O₃ (tipo BABB) que circularían por aquella mediante flujo poroso intergranular (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* 2014). Esto provocaría que, de forma general, haya una migración desde el contexto más afín a magmas tipo boniníticos (BON en fig. 43b) a uno más afín a magmas tipo IAT (IAT en fig. 43b y fig. 39b).

Así mismo se aprecia una leve evolución de la afinidad geoquímica de la cromitita (masiva, semimasiva, nodular/diseminada), mostrando que la nodular/diseminada es ligeramente más rica en Al (y menos en Cr) que la semimasiva y éstas más que las masivas (fig. 43a, c). Estos resultados plantean la posibilidad de que la formación de la cromitita se pudo generar en dos eventos magmáticos en la cuenca retro arco de una zona de suprasubducción (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* 2011). En un evento más antiguo se formaría el pod de cromitita principal (con cromitas semimasivas y masivas) a partir de un fundido más rico Cr y Ti, probablemente con una mayor relación fundido/roca (cuenca retro arco inmadura). En un evento más reciente se formaría la cromitita nodular/diseminada (más rica en Al) con una baja relación fundido/roca (cuenca retro arco más madura). Este último evento sería también el responsable del enriquecimiento en Al₂O₃ mostrado por las Cr-espinela accesoria en la dunita encajante del cuerpo de cromitita, con respecto a la composición de ésta en la harzburgita.

De acuerdo con lo propuesto por MATSUMOTO & ARAI (2001), la existencia de Cr-espínela subhedral a euhedral en la dunita y harzburgita (figs. 31, 32) se debe al origen parcial de estos cristales en forma de cumulos. Como afirman GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* (2011) la reacción entre un fundido BABB rico en Ti y la harzburgita puede generar dunita en las paredes de los canales de ascenso, en condiciones de relación fundido/roca relativamente baja, lo que produce Cr-espínela subhedral a euhedral.

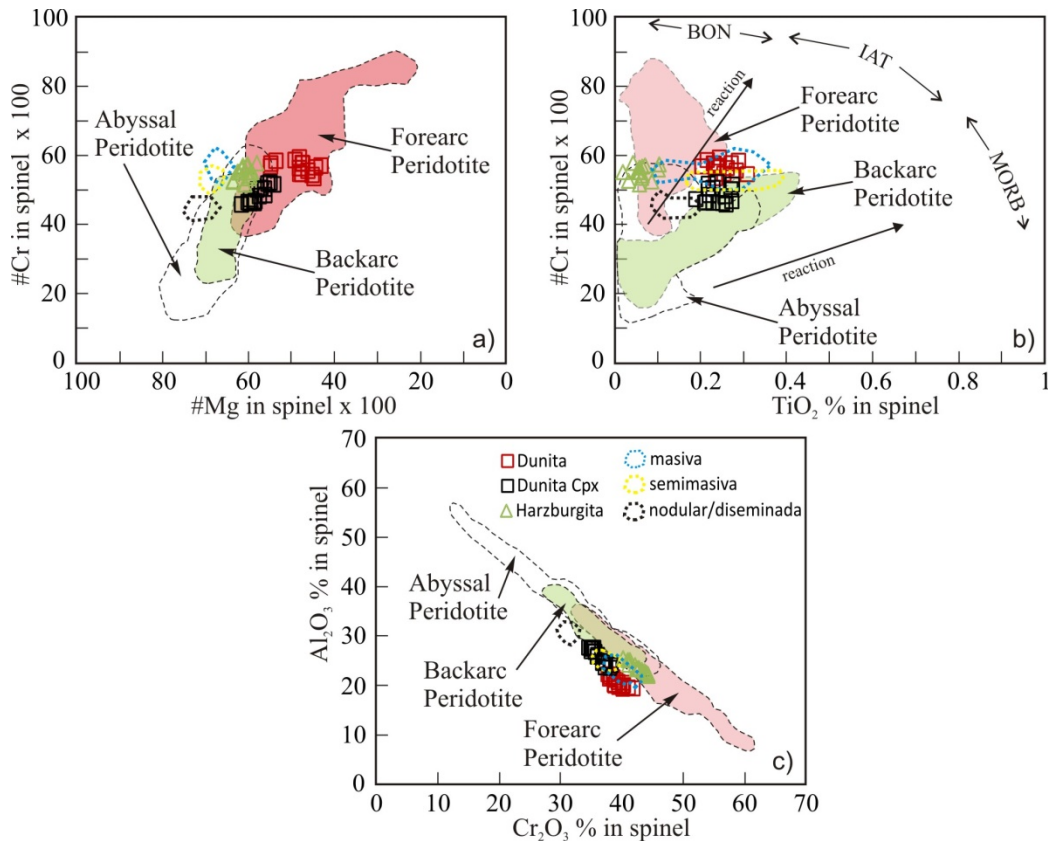


Figura 43. Variación composicional en la Cr-espínela de las peridotitas encajantes y cromititas (líneas punteadas) de la Ofiolita de Cerro Colorado. LIAN *et al.* (2016).

La Cr-espínela accesoria de las peridotitas de la Ofiolita de Cerro Colorado, presenta un patrón irregular en elementos minoritarios y trazas, mientras que las cromititas presentan un patrón prácticamente plano (fig. 40). COLÁS *et al.* (2014) proponen que la anomalía en Zn, Co y Mn (patrón ZCM) con tendencia en forma de “M” es un marcador de metamorfismo progradante. Sin embargo en la Ofiolita de Cerro Colorado las Cr-espínelas de las peridotitas presentan una ligera anomalía en Zn, en menor medida en Co y menor Mn, que aunado a la presencia de textura mallada y bastita, indica mínima fO_2 , donde el proceso de serpentinización de baja presión y temperatura moviliza los elementos altamente solubles (GERVILLA 1997), generando un patrón similar a lo propuesto por COLÁS *et al.* (2014) pero menos marcado. Para las Cr-espínelas en las cromititas dicho patrón es casi plano, debido a la menor permeabilidad frente a los fluidos responsables del proceso de serpentinización.

Finalmente, en la figura 44 se presenta una recopilación de cuerpos de cromititas ricos en Al y las rocas encajantes, a modo de comparación, donde la cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado tiene valores similares de #Cr a las de Tari-Misaka (Japón) y Sagua de Tánamo (Cuba).

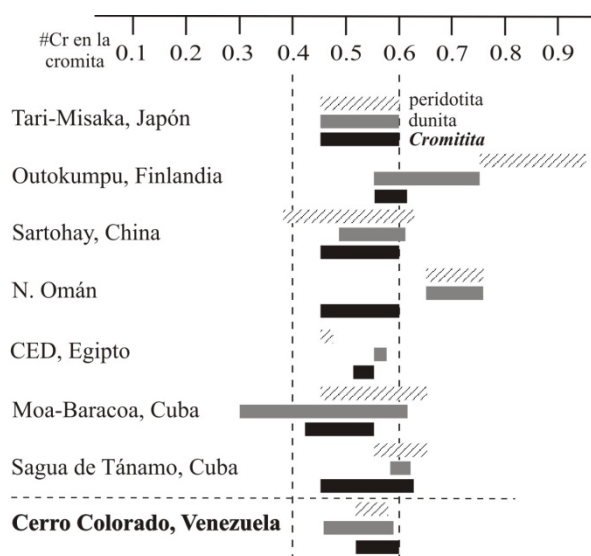


Figura 44. Comparación del #Cr en Cr-espinela de cromititas ricas en Al y sus rocas encajantes, de distintos complejos ofiolíticos (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2011)

6.2. Concentración y fraccionamiento de los EGP

Las concentraciones de EGP en la cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado son bajas (60-109 ppb), característico de fundidos basálticos de centros de expansión tipo MORB o *back arc basin*, generados por porcentajes de fusión parcial entre >15 y 20% (MARCHESI *et al.* 2013). Esto se corrobora con los resultados obtenidos utilizando la ecuación de HELLEBRAND *et al.* (2001), los cuales muestran que las peridotitas encajantes se formaron (o equilibraron) a partir de fundidos generados por tasas de fusión parcial entre 16 y 19%. De acuerdo con GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* (2011) estas tasas de fusión produce los bajos niveles de EGP encontrados en la cromitita de Cerro Colorado. En general, las cromititas ofiolíticas ricas en Al están empobrecidas en EGP (principalmente en Os, Ir y Ru) comparadas con las cromititas ricas en Cr (BACUTA *et al.* 1990, ZHOU *et al.* 1998, PROENZA *et al.* 1999, GERVILLA *et al.* 2005). Sin embargo, ambos tipos muestran valores similares de Pd y Pt. De acuerdo con BARNES *et al.* (1988), el contenido de EGP en la cromitita depende principalmente de la concentración de EGP en el fundido parental. Las cromititas ricas en Al han cristalizado a partir de un magma de afinidad toleítica. Los magmas toleíticos están saturados en S y presentan contenidos menores de EGP que los de afinidad boninítica (HAMLYN *et al.* 1985, PECK *et al.* 1992 y ZHOU *et al.* 1998).

Algunas cromititas de Cerro Colorado muestran anomalías positivas en Pt, Pd, y Au (tabla 8, fig. 41), algo inusual en las cromititas ofiolíticas. Si se tiene en cuenta que este conjunto de metales nobles son los que presentan menor punto de fusión y los de mayor solubilidad en fluidos hidrotermales, puede argumentarse que las anomalías encontradas en la cromitita estudiada podrían obedecer a procesos removilización/reconcentración ligados a la alteración por soluciones hidrotermales (MERINERO 2013, MARCHESI *et al.* 2013 y LIAN *et al.* 2016). Los efectos de tal alteración en la Ofiolita de Cerro Colorado son evidentes atendiendo a la extensión del proceso de serpentización (lizardita con textura mallada y vetas de crisotilo), así como a la presencia de precipitados de magnesita y ópalo en las fracturas post-serpentización (MARTÍN-BELLIZZIA 1960, FRANCO & TORREALBA 1987 y MISTAGE *et al.* 1989). Existe un amplio consenso en considerar la anomalía en Au en muestras de cromitita ofiolítica como un proceso

secundario ligado a la serpentinización de las peridotitas encajantes (PROENZA *et al.* 1998).

6.3. Implicaciones metalogénicas y geodinámicas

Los depósitos de cromitita ofiolítica, podiforme, son la única fuente natural de cromita de grado refractario: $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 30\text{-}40\%$, bajo contenido de Fe (Cr/Fe 2,0-2,5), $\text{Al}_2\text{O}_3 > 20\%$ y $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 > 60\%$. Además actualmente constituyen un objetivo de exploración para elementos del grupo del platino (EGP); he ahí su importancia económica y de estudio (MOSIER *et al.*, 2012). Desde el punto de vista comercial, la cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado es tipo podiforme concordante, de grado refractario ya que la relación Cr/Fe está alrededor de 2,60, el contenido en Cr_2O_3 está en torno a 43% y el de Al_2O_3 en torno a 24% (tabla 6, fig. 39) y su uso puede estar ligado a la fabricación de ladrillos refractarios. Sin embargo el contenido de MgO, que tiene una media de 15% (tabla A1 anexo), está por encima de la máxima permitida (1%). A partir de las dimensiones medidas en campo y con datos obtenidos de perforaciones exploratorias y ensayos de densidad, MÉNDEZ (1960) establece unas reservas probables de 4.000 tm de cromo.

Se propone que el contexto de formación de la cromitita y las peridotitas encajantes de la Ofiolita de Cerro Colorado es en magmatismo de retro arco (BABB) (fig. 45a) producido por moderados grados de fusión parcial del manto (16-19%, tabla 10) o por fundidos generados a partir de una fuente menos empobrecida, similar a lo propuesto para las cromititas ricas en Al del macizo de Moa-Baracoa (mina Mercedita) en Cuba (GERVILLA *et al.* 2005 y MARCHESI *et al.* 2006) en un contexto de zona de suprasubducción (SSZ) (figs. 34, 35, 43).

Los gabros y los basaltos de la Ofiolita de Cerro Colorado presentan edad Cretácico Inferior (Barremiense-Aptiense) (SANTAMARÍA & SCHUBERT 1974 y BAQUERO *et al.* 2013a), similar a otros cuerpos ofiolíticos del Caribe. Dentro del contexto paleotectónico para este tiempo, la Ofiolita de Cerro Colorado se pudo haber formado en un contexto de suprasubducción asociado al arco de isla de la placa Caribe (fig. 45b) que estaba migrando relativamente desde el oeste rumbo a su posición actual (PINDELL *et al.* 2005, NEILL *et al.* 2014 y referencias incluidas en estos artículos) y no en un centro de expansión oceánico asociado al proto-Caribe como se ha propuesto hasta ahora para las ofiolitas del norte de Venezuela (MARTÍN-BELLIZZIA & ITURRALDE DE AROZENA 1972, GIUNTA *et al.* 2002, BAQUERO *et al.* 2013a, URBANI 2015).

De acuerdo con ZHOU (1997) y GERVILLA *et al.* (2005) en los centros de expansión incipientes como los de cuenca de *back-arc*, las masas fundidas que se generan en el manto por encima de las zonas de subducción, contienen pocos volátiles, lo que produce moderados grados de fusión parcial (tabla 10) y fundidos transicionales con tendencia MORB (fig. 42). Este porcentaje de fusión parcial produce magmas capaces de precipitar Cr-espínela ricas en Al, como las de la Ofiolita de Cerro Colorado. Estos fundidos generados que ascienden a través del manto y la litosfera (que se adelgaza durante la extensión), reaccionan con las rocas del manto astenosférico y litosférico y precipitan cromitita rica en Al. Sin embargo, estos fundidos no están lejos del equilibrio con sus rocas encajante (como las que están por debajo de los arcos de islas) y se produce un menor grado de reacción. La peridotita residual formada en este entorno estará moderadamente empobrecida en componentes basálticos, dando lugar a una harzburgita con clinopiroxeno (figs. 31, 32).

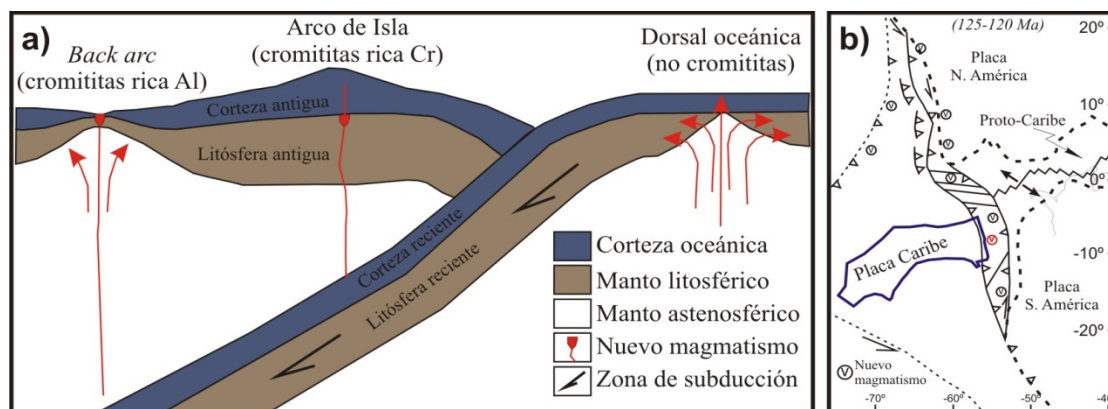


Fig. 45. a) Diagrama ilustrativo de los ambientes de formación de las cromititas (ZHOU 1997 y GERVILLA *et al.* 2005), la cromitita y las peridotitas encajantes de la Ofiolita de Cerro Colorado se formó en el *back arc* con magmatismo BABB. b) Contexto de formación de la cromitita de Cerro Colorado en el modelo de formación del Caribe propuesto por PINDELL *et al.* (2005).

Debajo de los centros de expansión maduros, como las dorsales oceánicas, las masas preexistentes de litosfera se adelgazan y se retira durante la expansión, generando basaltos de centro oceánico de composición constante a través del tiempo. Por lo tanto, los magmas formados estarían relativamente equilibrados con las rocas mantélicas por los que ascienden, dando lugar a escasos grados de reacción. Debido a que las composiciones del magma no se modifican significativamente por dicha reacción, no se forman grandes cuerpos de cromitita (ZHOU 1997).

El modelo de cristalización de cromititas ofiolíticas de GONZÁLEZ-JIMÉNEZ *et al.* (2014) propone que la circulación de fundidos silicatados saturados en olivino en el manto tiene lugar por flujo poroso intergranular que provoca la reacción de los fundidos intergranulares con la peridotita encajante, dando lugar a la disolución de los piroxenos y a la cristalización de olivino. La roca residual se enriquece en olivino y el fundido en equilibrio se vuelve, progresivamente, más rico en SiO_2 . El desarrollo de esta reacción aumenta la permeabilidad de la peridotita residual lo que provoca la focalización de la circulación magmática a lo largo de canales duníticos, generando una red interconectada de canales que actúan como vías de extracción de los fundidos parciales generados en zonas más profundas. Las cromititas se formarían en las zonas de intersección de estos canales duníticos como consecuencia de la mezcla de los magmas que circulan por ellos.

7. CONCLUSIONES

1. Los cuerpos de cromititas de la Ofiolita de Cerro Colorado (Paraguaná, NW Venezuela) presentan geometría lenticular-tabular (pods), con unos 45 m de largo y 2-4 m de espesor, con orientación N50W 15NW. Están encajados en harzburgitas y dunitas en contacto neto y concordante (representativas de la *Moho Transition Zone*), contienen cuerpos tabulares (*sills*) de gabros dispuestos concordantemente con las lentes de cromititas y diques de diabasa que los cortan. También presentan zonas de cromita diseminada con textura nodular. Los cristales de Cr-espínela tienen fractura pull-apart.
2. Las cromititas son ricas en Al (23-30% en peso de Al_2O_3), de grado refractario, con valores medios del #Cr de 0,45 (cromitita nodular/diseminada), de 0,53 (cromitita semimasiva) y de 0,55 (cromitita masiva) y se forman a partir de magmas tipo *back arc basin basalt* (BABB), generados por moderadas tasas de fusión parcial (16-19%), en un contexto de zona de suprasubducción (SSZ).
3. La cromitita pudo generarse en dos eventos, uno más rico Cr y Ti (semimasiva y masiva) con una mayor relación fundido/roca y otro más rico Al (nodular/diseminada) con una baja relación fundido/roca.
4. El depósito de cromitita de la Ofiolita de Cerro Colorado es pobre en elementos del grupo del platino (60-109 ppb), típico de cromititas ofiolíticas en cuencas retro arco (*back arc basin*). Sin embargo presenta ligero enriquecimiento en Pt, Pd y Au, que junto a la presencia de anomalías positivas en Zn, Co y Mn en los patrones normalizados al MORB de los contenidos en elementos traza de la Cr-espínela de las peridotitas encajantes, indica que el enriquecimiento en Pt, Pd y Au en algunas cromititas es el resultado de un proceso de alteración hidrotermal tardía ligado a las fases finales de la serpentización.
5. Las variaciones composicionales de la Cr-espínela en las harzburgitas, dunitas y cromititas ponen de manifiesto que los tres diferentes tipos de rocas no están en equilibrio con el mismo tipo de magma sino que, por el contrario, la composición del fundido (magma parental) fue variando progresivamente. Estas variaciones composicionales no pueden ser explicadas por un mecanismo de fusión parcial, ni de cristalización fraccionada; en cambio, sugieren procesos de percolación/reacción en ambientes tipo zona de suprasubducción (SSZ).
6. En el Cretácico Inferior (edad de la Ofiolita de Cerro Colorado) la cromitita se debió haber formado en un contexto de suprasubducción relacionado con el arco de isla de la placa Caribe, mientras esta migraba relativamente desde el oeste rumbo a su posición actual y, no en un centro de expansión oceánico asociado al proto-Caribe, como se ha propuesto hasta ahora para las ofiolitas del norte de Venezuela.
7. La Ofiolita de Cerro Colorado presenta alteración hidrotermal de baja temperatura con formación de lizardita en la matriz silicatada, vetas de crisotilo posteriores y cristalización de magnesita y ópalo rellenando las fracturas.

Conclusions

The chromitites bodies of the Cerro Colorado Ophiolite (Paraguaná, NW Venezuela) are typical podiform geometry, with 45 m large and 2-4 m thickness and orientation N50W 15NW. They are in sharp concordant contact with the foliation of the host harzburgite and dunite (representative of the *Moho Transition Zone*), were intruded by

sills of gabbros and cross-cutting diabase dykes. They are also areas of disseminated chromitite with nodular texture. All crystals of Cr-spinel exhibit pull-apart fractures.

The chromitites are Al high (23-30% in weight of Al_2O_3) refractory grade, with Cr# 0.45 (nodular/disseminate), 0.53 (semi-massive) and 0.55 (massive), were formed by back arc basin basalt (BABB) magmas and medium percentage of partial melting (16-19%), in suprasubduccion zone (SSZ) environment.

The chromitite would be generated in two events, first richer in Cr and Ti (semi-massive and massive) with a high melt/rock ratio and second richer in Al (nodular/disseminate) with a low melt/rock ratio.

The PGE abundances of the chromitites deposit from the Cerro Colorado are low (60-109 ppb), typical of back arc ophiolite chromitites. However presents light enrichments in Pt, Pd and Au, which together the positive anomalies in Zn, Co and Mn (normalized to the MORB) content in trace elements of the Cr-spinel in the host peridotites, indicates that the enrichment of Pt, Pd and Au in some chromitites are result of a late hydrothermal alteration process associated to the serpentinizacion or even, to the formation of magnesite and opal veins.

Cr-spinel compositional variations in the harzburgite, dunite and chromitite show that the three different types of rock are not in equilibrium with the same magma but that, on the contrary, the composition of the liquid (parental magma) was gradually changing. These compositional variations can not be explained by partial melting or fractional crystallization (oceanic dorsal type), suggesting percolation/reaction processes in suprasubduccion zone (SSZ) environments.

In the Early Cretaceous (age of the Cerro Colorado Ophiolite) the chromitite is must have formed in the Caribbean plate Island Arc, while this plate migrated from the western to present position and not in a ocean spreading center associated with the proto-Caribbean, that has been proposed for all ophiolites in the northen of Venezuela.

The Cerro Colorado Ophiolite presents low temperature hydrothermal alteration with lizardite serpentinization, veins of chrysotile filling fractures and formation of magnesite and opal veins.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, padres, hermanos, sobrinos, tía y especialmente a mi buri Micaela por todo su amor. A mis colegas y amigos de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, en especial a Franco Urbani, Ander de Abrisqueta y Samuel Parrondo por su contribución en la etapa de campo. A mis tutores Fernando Gervilla (Universidad de Granada), Joaquín Proenza (Universitat de Barcelona) y Franco Urbani (Universidad Central de Venezuela) por la oportunidad de desarrollar este trabajo y poder aportar un grano de arena más a la geología de Venezuela y el Caribe. A Thomas Aiglsperger y Crsitina Villanova (Universitat de Barcelona) por su apoyo y asesoría en la obtención y análisis de los datos obtenidos en el EPMA. A Manuel Alpiste, Carlos Garrido y Claudio Marchesi (IACT-UGR) por las prácticas realizadas con el LA-ICP-MS y los datos obtenidos. Al Master GEOREC, mis compañeros de curso y profesores de asignaturas por esta enriquecedora experiencia. A *mis panas* venezolanos por la compañía en la distancia y toda su buena vibra. Este trabajo es una contribución al proyecto CGL2015-65824.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO A. 2010. Integración geológica de la península de Araya, estado Sucre. *Geos*, UCV, Caracas, 40:55-56.
- ARAI S. 1992. Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry. *Mineral Magazine*, 56:173-184.
- ARAI S. 1994. Compositional variations of olivine-chromian spinel in Mg-rich magmas as guide to their residual spinel peridotites. *Journal of Volcanology and Geothermal Research.*, 59:279-293.
- AVÉ-LALLEMENT H.G. 1997. Transpression, displacement partitioning and exhumation in the eastern Caribbean/South American plate boundary. *Tectonics*, 16:272-289.
- AVÉ-LALLEMANT H.G. & V.B. SISSON (eds.). 2005. Caribbean-South American plate interactions, Venezuela.
- BACUTA G.C., R.W. KAY, A.K. GIBBS & B.R. LIPIN. 1990. Platinum group element abundance and distribution in chromite deposits of the Acoje Block, Zambales ophiolite complex, Philippines. *J. Geochem. Explor.*, 37:113-145.
- BAQUERO M., L. CAMPOSANO, J. BRITO, V. VALENCIA, S. GRANDE, D. MENDI & F. URBANI. 2013a. Petrografía, geocronología U-Pb en zircón y geoquímica de rocas máficas, península de Paraguaná, estado Falcón. *Intevp, Nota Técnica NTE-1735-2013*, p. 24 + Anexos.
- BAQUERO M., F. URBANI, V. VALENCIA, S. GRANDE, A. KERR & R. HURTADO. 2013b. Geocronología U-Pb en cristales de zircón de la Metadiorita de La Guacamaya, gabro de la Ofiolita de Loma de Hierro y gabro de El Chacao, estados Aragua y Guárico. *Revista Venezolana de Ciencias de la Tierra (Geos)*, UCV, Caracas, 45:34-36.
- BARNES S.J., R. BOYD, A. KORNELIUSSEN, L.P. NILSSON, M. OFTEN, R.B. PEDERSEN & B. ROBINS. 1988. The use of mantle normalization and metal ratios in discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulfide segregation on platinum-group elements, gold, nickel and copper: examples from Norway. Eds. PRICHARD H.M., P.J. POTTS, J.F.W. BOWLES & S.J. CRIBB. *Geoplatinum*, 87:113-144.
- BELLIZZIA, A. 1967. Rocas ultrabásicas en el sistema montañoso del Caribe y yacimientos minerales asociados. *Bol. Geol.*, Caracas, 8(16):159-198.
- BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. 1976. Geología del estado Yaracuy. *Mem. IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas. *Bol. Geol. Public. Esp.*, 5(6):3317-3417.
- CÁCERES J. 2016. Geología de la isla La Orchila, Dependencias Federales, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Inédito. 100 p.
- CAMPOS V. 1981. Une transversale de la chaine Caribe et de la marge vénézuélienne, dans le secteur de Carupano (Vénézuéla oriental): Structure géologique et évolution géodinamique. Univ. Bretagne Occidentale, Brest. Tesis Doctoral. Inédito. 160 p.
- CARRILLO M. & B. VIVAS 1986. Petrología y petrogénesis de las rocas félsicas metamorizadas de la región norte de la isla de Margarita. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Inédito. 92 p.
- CASSARD D., A. NICOLAS, M. RABINOVITCH, J. MOUTTE, M. LEBLANC & A. PRINZHOFER. 1981. Structural Classification of Chromite Pods in Southern New Caledonia. *Economic Geology*, 76, 805-881.
- CHAN T.K. & FINCH I.J. 2001. Determination of platinum-group elements and gold by inductively coupled plasma mass spectrometry. In: *Australian Platinum Conference*, Perth, Western Australia.
- COLÁS V., J.M. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, W.L. GRIFFIN, I. FANLO, F. GERVILLA, S.Y. O'REILLY, N.J. PEARSON, T. KERESTEDJIAN & J.A. PROENZA. 2014. Fingerprints of metamorphism in chromite: New insights from minor and trace elements. *Chemical Geology*, 389:137-152.
- ECONOMOU-ELIOPOULOS, M. 1996. Platinum-group element distribution in chromite ores from ophiolite complexes: implications for their exploration. *Ore Geology Reviews*, 11:363-381.
- ESCAIOLA M., G. GARUTI, F. ZACCARINI, J.A. PROENZA, J.H. BÉDARD, & C. VAN STAAL. 2011. Chromitite and platinum-group-element mineralization at middle Arm Brook, central Advocate ophiolite complex, Baie Verte peninsula, Newfoundland, Canada. *Canadian Mineralogist*, 49:1523-1547.
- FRANCO A. & TORREALBA N. 1987. Rocas ultramáficas de Paraguaná y mineralizaciones asociadas. Ministerio de Energía y Minas, Venezuela. Inédito, 38 p.
- FRYER P., B TAYLOR, C.H. LANGMUIR & A.G. HOCHSTAEDTER. 1990. Petrology and geochemistry of lavas from the Sumisu and Torishim a back-arc rifts. *Earth and Planetary Science Letters*, 100:161-178.

- GERVILLA F. 1997. Paragénesis de alteración de rocas ultramáficas: Serpentinización. *En Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Publicacions de la Universitat de Barcelona*, 91-97.
- GERVILLA F., J.A. PROENZA, R. FREI, J.M. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, C.J. GARRIDO, J.C. MELGAREJO, A. MEIBOM, R. DÍAZ-MARTÍNEZ & W. LAVAUT. 2005. Distribution of platinum-group elements and Os isotopes in chromite ores from Mayarí-Baracoa Ophiolite Belt (eastern Cuba). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150:589-607.
- GIUNTA G., L. BECCALUVA, M. COLTORTI & F. SIENA. 1997. Ophiolitic units of the Southern margin of the Caribbean Plate in Venezuela: A reappraisal of their petrogenesis and original tectonic setting. *Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano*, Porlamar, 1:331-337.
- GIUNTA G., L. BECCALUVA, M. COLTORTI, F. SIENA & C. VACCARO 2002. The southern margin of the Caribbean Plate in Venezuela: tectono-magmatic setting of the ophiolitic units and kinematic evolution. *Lithos*, 63:19-40.
- GIRARD D., C. BECK, J.F. STEPHAN, R. BLANCHET, R.C. MAURY. 1982. Pétrologie, géochimie et signification éodynamique de quelques formations volcaniques crétacées péricaraïbes. *Bull. Soc. Geol. France*, 24(3):535-544.
- GONZÁLEZ-JIMÉNEZ J., J.A. PROENZA, F. GERVILLA, J.C. MELGAREJO, J.A. BLANCO-MORENO, R. RUIZ-SÁNCHEZ & W.L. GRIFFIN. 2011. High-Cr and high-Al chromitites from the Sagua de Tánamo district, Mayarí-Cristal ophiolitic massif (eastern Cuba): Constraints on their origin from mineralogy and geochemistry of chromian spinel and platinum-group elements. *Lithos*, 125:101-121.
- GONZÁLEZ-JIMÉNEZ J., W.L. GRIFFIN, J.A. PROENZA, F. GERVILLA, S.Y. O'REILLY, M. AKBULUT, N.J. PEARSON, S. ARAI. 2014. Chromitites in ophiolites: How, where, when, why? Part II. The crystallization of chromitites. *Lithos*, 189:140-158.
- HACKLEY, P., F. URBANI, A.W. KARLSEN & C.P. GARRITY. 2006. Mapa geológico de Venezuela a escala 1:750.000. *U.S. Geological Survey*, Open File Report 2006-1109. <http://pubs.usgs.gov/of/2006/1109/>.
- HAMLIN P.R., R.R. KEAYS, W.E. CAMERON, A.J. CRAWFORD & H.M. WALDRON. 1985. Precious metals in magnesian low-Ti lavas: implication for metallogenesis and sulfur saturation in primary magmas. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49:1797-1811.
- HELLEBRAND E., J.E. SNOW, H.J. DICK & A.W. HOFMANN. 2001. Coupled major and trace elements as indicators of the extent of melting in mid-oceanridge peridotites. *Nature*, 410:677-681.
- IRVINE T.N. 1967. Chromian spinel as a petrogenetic indicator; Part II, Petrologic applications. *Canadian Journal of Earth Science*, 4:71-103.
- KAMENETSKY V.S., A.J. CRAWFORD & S. MEFFRE. 2001. Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks. *Journal of Petrology*, 42:655-671.
- KERR A., I. NEILL, F. URBANI, R. SPIKINGS, T. BARRY & J. TARNEY. 2012. The Siquisique basalts and gabbros, Los Algodones, Venezuela: Late Cretaceous oceanic plateau formed within the proto-Caribbean plate? *Geos*, UCV, Caracas, 42:146.
- KOCKS H., F. MELCHER, T. MEISEL, & K.P. BURGATH. 2007. Diverse contributing sources to chromitite petrogenesis in the Shebenik ophiolitic complex, Albania: evidence from new PGE- and Os-isotope data. *Mineralogy and Petrology*, 91:139-170.
- LEWIS J.F., G. DRAPER, J.A. PROENZA, J. ESPAILLAT & J. JIMÉNEZ. 2006. Ophiolite-Related Ultramafic Rocks (Serpentinites) in the Caribbean Region: A Review of their Occurrence, Composition, Origin, Emplacement and Ni-Laterite Soil Formation. *Geologica Acta*, 4 (1-2):237-263.
- LIAN D., J. YANG, P.T. ROBINSON, F. LIU, F. XIONG, L. ZHANG, J. GAO, & W. WU. 2016. Tectonic Evolution of the Western Yarlung Zangbo Ophiolitic Belt, Tibet: Implications from the Petrology, Mineralogy, and Geochemistry of the Peridotites. *The Journal of Geology*, 124:353-376.
- LOZANO F. & A. MUSSARI. 2010. Geología de los macizos ígneo-metamórficos del norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón. *Geos*, UCV, Caracas, 40:22.
- MATSUMOTO I. & S. ARAI. 2001. Morphological and chemical variations of chromian spinel in dunite-harzburgite complexes from the Sagun zone (SW Japan): implications from mantle/melt reaction and chromitite formation processes. *Mineralogy and Petrology*, 73:305-323.
- MARCHESE C., C.J. GARRIDO, M. GODARD, J.A. PROENZA, F. GERVILLA & J. BLANCO-MORENO. 2006. Petrogenesis of highly depleted peridotites and gabbroic rocks from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 151:717-736.
- MARCHESE C., C.J. GARRIDO, J. HARVEY, J.M. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, K. HIDAS, J. LORAND & F. GERVILLA. 2013. Platinum-group elements, S, Se and Cu in highly depleted abyssal peridotites from the Mid-Atlantic Ocean Ridge (ODP Hole 1274A): influence of hydrothermal and magmatic processes. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 166:1521-1538.

- MARESCH W.V. 1975. The geology of northeastern Margarita island, Venezuela: A Contribution to the Study of Caribbean Plate Margins. *Geol Rundsch*, 64:46-83.
- MARESCH W.V., R. KLUGE, A. BAUMANN, J.L. PINDELL, G. KRÜCKHANS-LUEDER & K. STANEK. 2009. The occurrence and timing of high-pressure metamorphism on Margarita Island, Venezuela: a constraint on Caribbean-South America interaction. *Geological Society, London, Special Publications*, 328:705-741.
- MARTÍN-BELLIZZIA C. 1960. Estudio petrográfico de las rocas procedentes de los cerros El Rodeo, Tausabana y Santa Ana. *Mem. III Congr. Geol. Venezolano. Bol. Geol., Public. Esp.*, 3 (4):729-743.
- MARTÍN-BELLIZZIA C. & J. ITURRALDE DE AROZENA. 1972. Complejo ultramáfico zonado de Tausabana-El Rodeo, gabro zonado de Siraba-Capuana y complejo subvolcánico estratificado de Santa Ana. *Mem VI Conf. Geol. Caribe*, 337-355.
- MAUREL C. & P. MAUREL. 1982. Étude expérimentale de la distribution de l'aluminium entre bain silicaté basique et spinelle chromifère. Implications pétrogénétiques: teneur en chrome des spinelles. *Bulletin de Minéralogie*, 105:197-202.
- MÉNDEZ J. 1960. La cromita de Paraguaná, Estado Falcón. *Mem. III Congr. Geol. Venezolano. Bol. Geol. (Caracas) Public. Esp.*, 3(4):718-728
- MENDI D. & E. RODRÍGUEZ. 2006. Integración geológica de la península de Paraguaná, estado Falcón. *Geos*, UCV, Caracas, 38:93-94.
- MERINERO R., R. LUNAR, L. ORTEGA, R. PIÑA, S. MONTERRUBIO & F. GERVILLA. 2013. Hydrothermal palladium enrichment in podiform chromitites of Calzadilla de Los Barros (SW Iberian peninsula). *The Canadian Mineralogist*, 51:387-404.
- MISTAGE M. 1989. Estudio Geológico de los Cuerpos Ultramáficos del Macizo de Santa Ana, Península de Paraguaná, Estado Falcón. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Inédito. 97 p.
- MISTAGE M., F. URBANI & A. FRANCO. 1989. Geología de los cuerpos ultramáficos de los cerros El Rodeo y Arajó, península de Paraguaná Estado Falcón. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*.
- MORGAN B.A. 1970. Petrology and mineralogy of eclogite and garnet amphibolite from Puerto Cabello, Venezuela. *J. Petrology*, 11(1):101-145.
- MOSIER D.L., D.A. SINGER, B.C. MORING & J.P. GALLOWAY. 2012. Podiform Chromite Deposits- Database and Grade and Tonnage Models. *Scientific Investigations Report 2012-5157*. U.S. Geological Survey, 45 p.
- NALDRETT A.J. & J.M. DUKE. 1980. Pt metals in magmatic sulfide ores. *Science*, 208:1417-1424.
- NEILL I., A.C. KERR, K.R. CHAMBERLAIN, A.K. SCHMITT, F. URBANI, A.R. HASTIE, J.L. PINDELL, T.L. BARRY, I.L. MILLAR. 2014. Vestiges of the proto-Caribbean seaway: Origin of the San Souci Volcanic Group, Trinidad. *Tectonophysics*, 626:170-185.
- OSTOS M. 1992. Tectonic evolution of the southcentral Caribbean based on geochemical and structural data. *Geos*, UCV, Caracas, 30:1-194.
- PAGÉ P. & S.J. BARNES. 2009. Using trace elements in chromites to constrain the origin of podiform chromitites in the Thetford Mines ophiolite, Québec, Canada. *Econ. Geol.*, 104 (7):997-1018.
- PEEK D.C., R.R. KEAYS & R.J. FORD. 1992. Direct crystallization of refractory platinum-group elements alloys from boninitic magmas Evidence from western Tasmania. *Australia Journal of Earth Sciences*, 39:373-387.
- PETRÁSH D. & C. REVANALES. 2010. Integración geológica de la península de Paria, estado Sucre. *Geos*, UCV, Caracas, 40:68-70.
- PINDELL J., L. KENNAN, W.V. MARESCH, K.-P. STANEK, G. DRAPER, & R. HIGGS. 2005. Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins, in Avé Lallemant, H.G., & V.B. Sisson, eds., Caribbean-South American plate interactions, Venezuela: *Geological Society of America Special Paper*, 394:7-52.
- PROENZA J.A., J.C. MELGAREJO, F. GERVILLA, W. LAVAUT, D. REVÉ, & G. RODRÍGUEZ. 1998. Cromititas podiformes en la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). *Acta Geológica Hispánica*, 33(1-4):153-177.
- PROENZA, J.A., F. GERVILLA, J.C. MELGAREJO & J.L. BODINIER. 1999. Al- and Cr-rich chromitites from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (Eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94:547-566.
- REKOWSKI F. & L. RIVAS. 2006. Integración geológica de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta. *Geos*, UCV, Caracas, 38:97-98.
- RODRÍGUEZ H. & P. MUÑOZ. 2009. Geología de las unidades ígneas y sedimentarias de Siquisique-Puente Limón, estado Lara. *Geos*, UCV, Caracas, 40:68-69.

- ROJAS G. 1985. Geología de las rocas ultramáficas aflorantes en el extremo oriental de la Isla de Margarita, Venezuela. *Memoria VI Congreso Geológico Venezolano*, 6(3-4):2032-2086.
- ROLLINSON P. 2008. The geochemistry of mantle chromitites from the northern part of the Oman ophiolite: inferred parental melt compositions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 156:273-288.
- SANTAMARÍA F. & C. SCHUBERT. 1974. Geochemistry and geochronology of the Southern Caribbean-Northern Venezuela plate boundary. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 85(7):1085-1098.
- SISSON V.B., I.E. ERTAN, H.G. AVE-LALLEMANT. 1997. High pressure (~2000 MPa) kyanite and glaucophane-bearing pelitic schist and eclogite from Cordillera de la Costa belt, Venezuela. *J. Petrology*, 38(1):65-83.
- SPPEED R.C. & H.P. SMITH-HOROWITZ. 1998. The Tobago Terrane. *International Geology Review.*, 40(9):805-830.
- URBANI F. 2015. Terrane distribution in north-central Venezuela. *En El límite noreste de la placa suramericana: estructuras litosféricas de la superficie al manto/The northeastern limit of the South American Plate: Lithospheric structures from surface to mantle*. Eds. M. SCHMITZ, F. AUDEMARD & F. URBANI. *Editorial Innovación Tecnológica*. Fac. Ingeniería, UCV, 77-100.
- URBANI F., S. GRANDE, A. GÓMEZ, D. MENDI, W. REÁTEGUI & M. BAQUERO. 2015. Descripción estratigráfica actualizada de algunas unidades geológicas de la región comprendida entre Carora y Cabo Codera, Venezuela. *Revista Venezolana de Ciencias de la Tierra (Geos)*, 47:1-19.
- UYSAL I., M. TARKIAN, M.B. SADIKLAR & C. SEN. 2007. Platinum group-element geochemistry and mineralogy of ophiolitic chromitites from the Kop mountains, northeastern Turkey. *Canadian Mineralogist*, 45:355-377.
- ZACCARINI F., G. GARUTI, J.A. PROENZA, L. CAMPOS, O. THALHAMMER, T. AIGLSPERGER & J. LEWIS. 2011. Chromite and platinum-group-elements mineralization in the Santa Elena ophiolitic ultramafic nappe (Costa Rica): geodynamic implications. *Geologica Acta*, 9(3-4):407-423.
- ZHOU M.F. 1997. Origin and tectonic environment of podiform chromite deposits. *Economic Geology*, 92:259-262.
- ZHOU M.F., R.R. KEAYS & R.W. KERRICH. 1998. Controls on platinum-group elemental distributions of podiform chromitites: a case study of high-Cr and high-Al chromitites from Chinese orogenic belt. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62:677-688.

ANEXOS

Tablas de química mineral por punto (en CD)

Tabla A1. Composición de cristales de Cr-espinela, del análisis puntual por muestras del EPMA, en cromititas.

Muestra	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	NiO	SiO ₂	Total	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Ni	Cr#	Mg#	Fe ³⁺ #
PP2_1	0.28	24.30	0.15	42.67	3.46	14.74	0.25	12.84	0.17	0.01	98.88	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_2	0.22	24.39	0.16	42.72	3.83	14.89	0.25	12.72	0.16	0.04	99.37	0.00	0.87	0.00	1.03	0.09	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.04
PP2_3	0.22	24.36	0.16	43.12	3.60	14.87	0.25	12.80	0.18	0.00	99.56	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_4	0.24	24.27	0.13	42.97	3.49	14.79	0.25	12.78	0.16	0.01	99.08	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_5	0.25	24.23	0.19	42.84	3.75	15.00	0.24	12.51	0.17	0.03	99.20	0.01	0.87	0.00	1.03	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.04
PP2_6	0.26	24.56	0.18	42.54	3.84	15.20	0.25	12.29	0.17	0.03	99.32	0.01	0.88	0.00	1.02	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP2_7	0.29	24.46	0.16	43.04	3.66	15.13	0.26	12.55	0.13	0.00	99.68	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.04
PP2_8	0.30	24.50	0.14	43.05	3.60	14.92	0.24	12.91	0.18	0.05	99.88	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_9	0.24	24.14	0.16	43.04	3.70	14.81	0.25	12.83	0.14	0.00	99.32	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_10	0.23	24.30	0.16	42.62	3.97	14.93	0.22	12.67	0.14	0.00	99.24	0.01	0.87	0.00	1.02	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.05
PP2_11	0.20	24.38	0.20	42.93	3.89	14.91	0.22	12.83	0.17	0.00	99.73	0.00	0.87	0.00	1.03	0.09	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_12	0.25	24.19	0.18	42.66	3.85	14.77	0.24	12.87	0.14	0.03	99.18	0.01	0.87	0.00	1.03	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_13	0.23	24.17	0.16	42.67	3.99	14.87	0.23	12.69	0.15	0.00	99.16	0.01	0.87	0.00	1.03	0.09	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.05
PP2_14	0.26	24.09	0.16	42.69	3.61	14.65	0.23	12.96	0.12	0.03	98.80	0.01	0.87	0.00	1.03	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.54	0.67	0.04
PP2_15	0.25	24.38	0.18	42.73	3.88	14.94	0.23	12.78	0.14	0.00	99.51	0.01	0.87	0.00	1.02	0.09	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.04
PP5C_1	0.25	24.84	0.19	42.49	3.67	15.28	0.24	12.27	0.15	0.01	99.39	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5C_2	0.26	24.86	0.21	42.19	3.86	15.27	0.25	12.29	0.13	0.00	99.33	0.01	0.89	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5C_3	0.31	24.81	0.15	42.35	3.72	15.21	0.25	12.38	0.14	0.00	99.33	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5C_4	0.29	24.94	0.20	42.52	3.75	15.21	0.26	12.54	0.18	0.00	99.89	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP5C_5	0.25	24.92	0.17	42.23	4.03	15.26	0.20	12.41	0.17	0.04	99.67	0.01	0.89	0.00	1.01	0.09	0.69	0.00	0.31	0.00	0.53	0.69	0.05
PP5C_6	0.25	24.93	0.17	42.12	3.74	15.19	0.23	12.34	0.14	0.01	99.12	0.01	0.89	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5C_7	0.27	24.87	0.21	42.41	3.81	15.31	0.23	12.29	0.18	0.02	99.58	0.01	0.88	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5C_8	0.29	24.88	0.19	42.05	3.48	14.87	0.25	12.78	0.17	0.01	98.97	0.01	0.89	0.00	1.01	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.53	0.67	0.04
PP5C_9	0.26	24.75	0.18	42.17	3.69	14.92	0.27	12.66	0.17	0.00	99.07	0.01	0.89	0.00	1.01	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP5C_10	0.26	24.90	0.19	41.99	3.55	14.84	0.24	12.83	0.14	0.00	98.96	0.01	0.89	0.00	1.01	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.53	0.67	0.04
PP5C_11	0.28	24.58	0.21	42.39	3.65	14.91	0.27	12.74	0.14	0.03	99.20	0.01	0.88	0.00	1.02	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.04
PP5C_12	0.28	25.19	0.17	41.75	4.23	15.34	0.25	12.31	0.17	0.00	99.68	0.01	0.89	0.00	0.99	0.10	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.05
PP5C_13	0.26	24.82	0.17	41.90	3.93	15.15	0.22	12.31	0.17	0.01	98.94	0.01	0.89	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.05
PP5C_14	0.30	25.12	0.18	41.63	3.72	14.93	0.23	12.83	0.11	0.01	99.06	0.01	0.90	0.00	1.00	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.53	0.67	0.04
PP5C_15	0.25	25.37	0.19	41.77	3.66	15.17	0.25	12.52	0.10	0.00	99.28	0.01	0.90	0.00	1.00	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.52	0.68	0.04
PP5D1_1	0.25	21.94	0.21	44.94	3.74	14.47	0.25	12.84	0.18	0.00	98.82	0.01	0.80	0.00	1.10	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.58	0.67	0.04
PP5D1_2	0.24	21.89	0.18	44.95	4.07	14.79	0.25	12.37	0.15	0.00	98.89	0.01	0.79	0.00	1.09	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.58	0.68	0.05
PP5D1_3	0.31	21.94	0.18	45.08	3.59	14.61	0.25	12.71	0.13	0.03	98.84	0.01	0.80	0.00	1.10	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.58	0.67	0.04
PP5D1_4	0.29	21.89	0.23	45.32	3.72	14.79	0.29	12.51	0.12	0.00	99.16	0.01	0.79	0.00	1.10	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.58	0.68	0.04
PP5D1_5	0.24	21.92	0.16	44.89	3.90	14.54	0.25	12.72	0.13	0.05	98.79	0.01	0.80	0.00	1.10	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.58	0.67	0.05
PP5D1_6	0.26	21.94	0.23	45.13	3.65	14.51	0.24	12.93	0.12	0.01	99.02	0.01	0.80	0.00	1.10	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.58	0.67	0.04
PP5D1_7	0.26	21.41	0.20	44.87	3.34	14.18	0.26	12.73	0.21	0.06	97.52	0.01	0.79	0.00	1.11	0.08	0.66	0.01	0.33	0.01	0.58	0.67	0.04
PP5D1_8	0.28	22.18	0.16	45.56	3.46	14.62	0.25	12.93	0.15	0.00	99.58	0.01	0.80	0.00	1.10	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.58	0.67	0.04
PP5D1_9	0.32	21.60	0.18	46.05	3.56	14.65	0.24	12.88	0.13	0.01	99.63	0.01	0.78	0.00	1.12	0.08	0.67	0.01	0.33	0.00	0.59	0.67	0.04
PP5D1_10	0.28	21.01	0.23	46.15	3.93	14.73	0.26	12.45	0.16	0.02	99.20	0.01	0.76	0.00	1.13	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.60	0.68	0.05
PP5D1_11	0.29	21.40	0.20	45.91	3.72	14.49	0.27	12.96	0.12	0.01	99.38	0.01	0.78	0.00	1.12	0.09	0.66	0.01	0.33	0.00	0.59	0.67	0.04
PP5D1_12	0.29	22.37	0.20	45.30	3.74	15.13	0.22	12.28	0.14	0.02	99.70	0.01	0.80	0.00	1.09	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.58	0.69	0.04
PP5D1_13	0.33	22.02	0.22	44.97	4.27	15.10	0.23	12.21	0.16	0.04	99.53	0.01	0.79	0.00	1.09	0.10	0.69	0.01	0.31	0.00	0.58	0.69	0.05
PP5D1_14	0.31	22.22	0.19	44.92	3.63	14.75	0.22	12.65	0.13	0.02	99.04	0.01	0.80	0.00	1.09	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.58	0.68	0.04
PP5D1_15	0.33	21.96	0.14	44.87	3.95	14.72	0.28	12.56	0.14	0.00	98.94	0.01	0.80	0.00	1.09	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.58	0.68	0.05

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A1. Cotinuación.

Muestra	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	NiO	SiO ₂	Total	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Ni	Cr#	Mg#	Fe ^{3+#}
PP6_1	0.30	22.62	0.21	44.17	3.52	14.37	0.27	13.16	0.12	0.03	98.77	0.01	0.82	0.00	1.08	0.08	0.66	0.01	0.34	0.00	0.57	0.66	0.04
PP6_2	0.28	22.20	0.21	44.43	3.86	14.40	0.20	13.10	0.15	0.02	98.84	0.01	0.81	0.00	1.08	0.09	0.66	0.01	0.34	0.00	0.57	0.66	0.05
PP6_3	0.24	22.47	0.17	43.67	4.18	14.50	0.24	12.73	0.16	0.02	98.39	0.01	0.82	0.00	1.07	0.10	0.67	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.05
PP6_4	0.27	22.59	0.21	44.27	3.83	14.51	0.26	13.03	0.12	0.00	99.09	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.66	0.01	0.33	0.00	0.57	0.66	0.04
PP6_5	0.33	22.83	0.22	44.09	3.66	14.47	0.24	13.23	0.13	0.04	99.23	0.01	0.83	0.00	1.07	0.08	0.66	0.01	0.34	0.00	0.56	0.66	0.04
PP6_6	0.29	22.59	0.19	44.33	4.19	14.86	0.28	12.56	0.15	0.03	99.46	0.01	0.81	0.00	1.07	0.10	0.68	0.01	0.32	0.00	0.57	0.68	0.05
PP6_7	0.22	22.14	0.17	44.52	4.01	14.44	0.26	12.88	0.15	0.03	98.83	0.01	0.81	0.00	1.09	0.09	0.66	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.05
PP6_8	0.27	22.96	0.21	43.34	4.10	14.87	0.23	12.38	0.11	0.00	98.48	0.01	0.83	0.00	1.05	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.56	0.68	0.05
PP6_9	0.35	22.40	0.19	44.26	3.34	14.14	0.27	13.43	0.13	0.01	98.51	0.01	0.82	0.00	1.08	0.08	0.65	0.01	0.35	0.00	0.57	0.65	0.04
PP6_10	0.31	22.66	0.18	43.67	4.10	14.54	0.23	12.90	0.15	0.02	98.76	0.01	0.82	0.00	1.06	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.56	0.67	0.05
PP6_11	0.26	22.64	0.18	43.92	3.93	14.56	0.23	12.83	0.12	0.00	98.67	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.05
PP6_12	0.32	22.41	0.20	43.81	4.05	14.48	0.28	12.86	0.16	0.02	98.58	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.05
PP6_13	0.31	22.47	0.25	43.96	3.69	14.28	0.27	13.24	0.13	0.00	98.60	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.66	0.01	0.34	0.00	0.57	0.66	0.04
PP6_14	0.30	22.57	0.20	44.07	4.02	14.61	0.28	12.83	0.14	0.05	99.08	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.05
PP6_15	0.31	22.59	0.21	44.04	3.79	14.59	0.29	12.82	0.11	0.01	98.77	0.01	0.82	0.00	1.07	0.09	0.67	0.01	0.33	0.00	0.57	0.67	0.04
PP5B_1	0.35	24.60	0.14	42.42	3.54	15.27	0.23	12.19	0.13	0.01	98.87	0.01	0.88	0.00	1.02	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_2	0.31	24.55	0.18	42.52	3.74	15.27	0.23	12.24	0.14	0.02	99.20	0.01	0.88	0.00	1.02	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_3	0.37	24.76	0.19	42.31	3.48	15.29	0.24	12.26	0.12	0.00	99.04	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5B_4	0.32	24.78	0.21	42.50	3.61	15.29	0.24	12.29	0.20	0.03	99.47	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5B_5	0.37	24.66	0.22	42.44	3.63	15.30	0.23	12.32	0.16	0.02	99.34	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_6	0.36	24.54	0.20	42.41	3.84	15.23	0.26	12.35	0.16	0.04	99.39	0.01	0.88	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_7	0.36	24.51	0.21	42.49	3.70	15.25	0.25	12.29	0.16	0.00	99.22	0.01	0.88	0.00	1.02	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_8	0.26	25.05	0.14	41.79	3.54	15.27	0.21	12.06	0.13	0.00	98.45	0.01	0.90	0.00	1.00	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5B_9	0.37	24.87	0.19	42.32	3.69	15.35	0.23	12.29	0.18	0.02	99.52	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5B_10	0.32	24.80	0.21	42.41	3.43	15.27	0.27	12.23	0.14	0.00	99.09	0.01	0.89	0.00	1.02	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP5B_11	0.31	24.76	0.17	42.05	3.88	15.48	0.24	11.81	0.17	0.00	98.87	0.01	0.88	0.00	1.01	0.09	0.70	0.01	0.30	0.00	0.53	0.70	0.04
PP5B_12	0.34	24.49	0.20	42.34	3.37	15.14	0.24	12.22	0.17	0.01	98.53	0.01	0.88	0.00	1.02	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_13	0.33	24.82	0.18	42.69	3.63	15.36	0.26	12.31	0.14	0.01	99.75	0.01	0.88	0.00	1.02	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.54	0.69	0.04
PP5B_14	0.29	24.49	0.19	43.18	3.26	15.15	0.26	12.42	0.18	0.01	99.42	0.01	0.87	0.00	1.03	0.07	0.68	0.01	0.31	0.00	0.54	0.68	0.04
PP5B_15	0.33	25.54	0.18	41.64	3.66	15.56	0.26	11.93	0.19	0.01	99.31	0.01	0.91	0.00	0.99	0.08	0.70	0.01	0.30	0.00	0.52	0.70	0.04
PP7B_1	0.19	25.53	0.19	41.69	3.41	15.25	0.27	12.16	0.15	0.00	98.84	0.00	0.91	0.00	1.00	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.52	0.69	0.04
PP7B_2	0.19	25.08	0.19	42.08	3.60	15.07	0.23	12.48	0.16	0.02	99.10	0.00	0.90	0.00	1.01	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP7B_3	0.23	25.14	0.20	41.72	4.01	15.39	0.19	12.06	0.20	0.00	99.14	0.01	0.90	0.00	1.00	0.09	0.69	0.00	0.30	0.00	0.53	0.69	0.05
PP7B_4	0.25	24.83	0.23	41.77	4.47	15.47	0.23	11.96	0.18	0.00	99.39	0.01	0.88	0.00	1.00	0.10	0.70	0.01	0.30	0.00	0.53	0.70	0.05
PP7B_5	0.22	25.22	0.18	41.87	3.53	15.11	0.20	12.49	0.11	0.01	98.94	0.01	0.90	0.00	1.00	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP7B_6	0.27	24.87	0.19	42.30	3.84	15.28	0.24	12.33	0.14	0.00	99.45	0.01	0.89	0.00	1.01	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP7B_7	0.18	24.70	0.23	42.07	4.21	15.06	0.28	12.46	0.16	0.00	99.34	0.00	0.88	0.00	1.01	0.10	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.05
PP7B_8	0.22	24.83	0.22	41.85	3.82	15.03	0.21	12.41	0.21	0.02	98.82	0.00	0.89	0.00	1.01	0.09	0.68	0.01	0.32	0.01	0.53	0.68	0.04
PP7B_9	0.23	25.29	0.21	41.84	3.51	15.12	0.24	12.49	0.14	0.01	99.09	0.01	0.90	0.00	1.00	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP7B_10	0.25	25.02	0.19	41.72	3.91	15.24	0.22	12.22	0.16	0.01	98.94	0.01	0.89	0.00	1.00	0.09	0.69	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP7B_11	0.26	24.64	0.19	41.86	3.96	14.98	0.25	12.54	0.13	0.03	98.84	0.01	0.88	0.00	1.01	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.05
PP7B_12	0.27	25.11	0.16	41.82	3.76	15.13	0.23	12.46	0.15	0.06	99.15	0.01	0.90	0.00	1.00	0.09	0.68	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP7B_13	0.26	24.57	0.18	41.97	3.70	14.82	0.26	12.60	0.18	0.03	98.56	0.01	0.88	0.00	1.01	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.53	0.68	0.04
PP7B_14	0.23	25.05	0.22	41.78	3.77	15.13	0.23	12.36	0.19	0.00	98.96	0.01	0.90	0.00	1.00	0.09	0.68	0.01	0.31	0.00	0.53	0.69	0.04
PP7B_15	0.23	25.34	0.16	41.19	4.15	15.33	0.25	12.04	0.16	0.02	98.88	0.01	0.90	0.00	0.99	0.09	0.69	0.01	0.30	0.00	0.52	0.69	0.05

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A1. Cotinuación.

Muestra	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	NiO	SiO ₂	Total	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Ni	Cr#	Mg#	Fe ^{3+#}
PP10B_1	0.12	24.25	0.21	43.56	3.36	15.15	0.22	12.20	0.20	0.00	99.27	0.00	0.87	0.00	1.04	0.08	0.68	0.01	0.31	0.00	0.55	0.69	0.04
PP10B_2	0.13	24.21	0.22	43.51	3.31	15.03	0.22	12.45	0.13	0.00	99.21	0.00	0.87	0.00	1.04	0.08	0.68	0.01	0.32	0.00	0.55	0.68	0.04
PP10B_3	0.10	24.07	0.22	43.53	3.46	15.05	0.21	12.31	0.17	0.00	99.13	0.00	0.86	0.00	1.05	0.08	0.68	0.01	0.31	0.00	0.55	0.69	0.04
PP10B_4	0.14	24.10	0.21	43.81	3.45	15.10	0.23	12.42	0.16	0.03	99.65	0.00	0.86	0.00	1.05	0.08	0.68	0.01	0.31	0.00	0.55	0.68	0.04
PP10B_5	0.10	24.51	0.19	43.51	3.01	14.94	0.23	12.60	0.11	0.01	99.21	0.00	0.88	0.00	1.04	0.07	0.68	0.01	0.32	0.00	0.54	0.68	0.03
PP10B_6	0.14	24.31	0.23	43.63	3.16	14.86	0.23	12.83	0.13	0.00	99.52	0.00	0.87	0.00	1.05	0.07	0.67	0.01	0.33	0.00	0.55	0.67	0.04
PP10B_7	0.11	24.26	0.19	43.81	3.40	15.33	0.25	12.05	0.12	0.02	99.55	0.00	0.86	0.00	1.05	0.08	0.69	0.01	0.30	0.00	0.55	0.69	0.04
PP10B_8	0.22	23.67	0.19	44.47	3.51	15.22	0.24	12.36	0.14	0.03	100.05	0.00	0.84	0.00	1.06	0.08	0.69	0.01	0.31	0.00	0.56	0.69	0.04
PP10B_9	0.17	23.80	0.22	44.07	2.90	14.80	0.23	12.69	0.15	0.02	99.04	0.00	0.86	0.00	1.06	0.07	0.67	0.01	0.32	0.00	0.55	0.68	0.03
PP10B_10	0.19	23.74	0.24	44.20	3.16	14.97	0.25	12.54	0.15	0.01	99.45	0.00	0.85	0.00	1.06	0.07	0.68	0.01	0.32	0.00	0.56	0.68	0.04
PP10B_11	0.15	23.52	0.23	44.35	3.12	14.82	0.23	12.67	0.14	0.06	99.29	0.00	0.85	0.00	1.07	0.07	0.67	0.01	0.32	0.00	0.56	0.68	0.04
PP10B_12	0.10	23.44	0.16	44.38	3.41	14.75	0.25	12.72	0.12	0.03	99.35	0.00	0.84	0.00	1.07	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.56	0.67	0.04
PP10B_13	0.12	23.04	0.23	44.46	3.34	14.68	0.26	12.61	0.17	0.02	98.92	0.00	0.83	0.00	1.08	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.56	0.67	0.04
PP10B_14	0.16	23.65	0.21	44.67	2.95	14.67	0.30	13.02	0.15	0.00	99.78	0.00	0.85	0.00	1.07	0.07	0.66	0.01	0.33	0.00	0.56	0.67	0.03
PP10B_15	0.10	23.62	0.20	44.12	3.34	14.84	0.24	12.55	0.16	0.02	99.19	0.00	0.85	0.00	1.06	0.08	0.67	0.01	0.32	0.00	0.56	0.68	0.04
PP3_1	0.12	30.15	0.20	37.29	3.58	16.40	0.19	11.27	0.21	0.02	99.43	0.00	1.04	0.00	0.87	0.08	0.72	0.00	0.28	0.00	0.45	0.72	0.04
PP3_2	0.15	30.65	0.17	36.27	3.53	16.57	0.22	10.80	0.23	0.02	98.59	0.00	1.07	0.00	0.85	0.08	0.73	0.01	0.27	0.01	0.44	0.73	0.04
PP3_3	0.17	30.74	0.15	36.34	3.35	16.24	0.22	11.40	0.26	0.00	98.87	0.00	1.07	0.00	0.85	0.07	0.71	0.01	0.28	0.01	0.44	0.72	0.04
PP3_4	0.12	29.63	0.16	37.20	3.58	16.22	0.22	11.16	0.18	0.01	98.48	0.00	1.04	0.00	0.87	0.08	0.72	0.01	0.28	0.00	0.46	0.72	0.04
PP3_5	0.15	29.59	0.13	36.73	3.44	16.02	0.19	11.21	0.22	0.23	97.92	0.00	1.04	0.00	0.87	0.08	0.71	0.00	0.28	0.01	0.45	0.72	0.04
PP3_6	0.19	29.83	0.19	37.32	3.45	16.39	0.21	11.13	0.20	0.01	98.92	0.00	1.04	0.00	0.87	0.08	0.72	0.01	0.27	0.00	0.46	0.72	0.04
PP3_7	0.11	31.20	0.21	36.58	3.05	16.82	0.18	10.66	0.25	0.01	99.07	0.00	1.08	0.00	0.85	0.07	0.73	0.00	0.26	0.01	0.44	0.74	0.03
PP3_8	0.18	30.66	0.14	36.49	3.28	16.37	0.20	11.23	0.20	0.00	98.75	0.00	1.07	0.00	0.85	0.07	0.72	0.00	0.28	0.00	0.44	0.72	0.04
PP3_9	0.15	30.15	0.14	37.06	3.53	16.38	0.21	11.12	0.25	0.00	98.99	0.00	1.05	0.00	0.86	0.08	0.72	0.01	0.27	0.01	0.45	0.72	0.04
PP3_10	0.15	29.93	0.20	37.12	3.84	16.64	0.19	10.81	0.19	0.01	99.07	0.00	1.04	0.00	0.86	0.08	0.73	0.00	0.27	0.00	0.45	0.73	0.04
PP3_11	0.12	29.75	0.21	36.55	3.15	15.96	0.19	11.26	0.19	0.01	97.40	0.00	1.05	0.00	0.87	0.07	0.71	0.00	0.28	0.00	0.45	0.72	0.04
PP3_12	0.13	30.11	0.16	36.96	3.34	16.15	0.18	11.44	0.19	0.00	98.68	0.00	1.05	0.00	0.86	0.07	0.71	0.00	0.28	0.00	0.45	0.72	0.04
PP3_13	0.14	30.12	0.14	36.80	3.51	16.28	0.18	11.19	0.22	0.00	98.60	0.00	1.05	0.00	0.86	0.08	0.72	0.00	0.28	0.01	0.45	0.72	0.04
PP3_14	0.10	30.14	0.16	36.91	3.78	16.43	0.23	11.00	0.23	0.00	98.97	0.00	1.05	0.00	0.86	0.08	0.72	0.01	0.27	0.01	0.45	0.73	0.04
PP3_15	0.13	29.75	0.22	37.05	3.61	16.32	0.21	11.09	0.19	0.04	98.62	0.00	1.04	0.00	0.87	0.08	0.72	0.01	0.27	0.00	0.46	0.72	0.04
PP9B_1	0.10	29.61	0.16	40.12	0.00	12.84	0.23	15.44	0.14	0.03	98.67	0.00	1.06	0.00	0.97	0.00	0.58	0.01	0.39	0.00	0.48	0.60	0.00
PP9B_2	0.13	31.16	0.17	37.51	0.00	13.99	0.18	14.76	0.17	0.03	98.10	0.00	1.10	0.00	0.89	0.00	0.63	0.00	0.37	0.00	0.45	0.63	0.00
PP9B_3	0.16	30.76	0.18	37.38	1.16	14.67	0.25	13.78	0.17	0.03	98.54	0.00	1.08	0.00	0.88	0.03	0.65	0.01	0.34	0.00	0.45	0.65	0.01
PP9B_4	0.13	30.53	0.17	37.15	2.61	15.61	0.25	12.38	0.21	0.02	99.06	0.00	1.06	0.00	0.87	0.06	0.69	0.01	0.31	0.01	0.45	0.69	0.03
PP9B_5	0.10	30.40	0.17	37.15	3.37	16.09	0.17	11.81	0.21	0.03	99.50	0.00	1.05	0.00	0.86	0.07	0.70	0.00	0.29	0.00	0.45	0.71	0.04
PP9B_6	0.12	30.69	0.14	37.20	2.01	15.48	0.20	12.49	0.22	0.02	98.56	0.00	1.07	0.00	0.87	0.04	0.68	0.00	0.31	0.01	0.45	0.69	0.02
PP9B_7	0.18	30.18	0.15	37.49	3.16	15.96	0.21	12.02	0.23	0.00	99.58	0.00	1.05	0.00	0.87	0.07	0.70	0.01	0.30	0.01	0.45	0.70	0.04
PP9B_8	0.13	30.06	0.14	36.73	3.87	16.13	0.24	11.52	0.17	0.01	99.00	0.00	1.05	0.00	0.86	0.09	0.71	0.01	0.28	0.00	0.45	0.71	0.04
PP9B_9	0.12	30.57	0.14	36.41	3.54	16.05	0.19	11.73	0.19	0.02	98.96	0.00	1.06	0.00	0.85	0.08	0.71	0.00	0.29	0.00	0.44	0.71	0.04
PP9B_10	0.16	30.21	0.16	36.93	3.65	16.14	0.21	11.67	0.20	0.02	99.35	0.00	1.05	0.00	0.86	0.08	0.71	0.01	0.29	0.00	0.45	0.71	0.04
PP9B_11	0.16	30.09	0.15	37.07	3.54	15.96	0.25	11.84	0.23	0.01	99.30	0.00	1.05	0.00	0.86	0.08	0.70	0.01	0.29	0.01	0.45	0.71	0.04
PP9B_12	0.13	30.12	0.17	37.23	3.49	16.09	0.23	11.73	0.18	0.00	99.37	0.00	1.05	0.00	0.87	0.08	0.71	0.01	0.29	0.00	0.45	0.71	0.04
PP9B_13	0.14	30.41	0.15	36.83	2.71	15.79	0.25	11.86	0.21	0.00	98.36	0.00	1.06	0.00	0.86	0.06	0.70	0.01	0.29	0.01	0.45	0.70	0.03
PP9B_14	0.16	30.50	0.11	36.70	3.59	16.19	0.24	11.59	0.19	0.04	99.30	0.00	1.06	0.00	0.85	0.08	0.71	0.01	0.29	0.00	0.45	0.71	0.04
PP9B_15	0.14	30.41	0.17	36.94	3.03	15.92	0.24	11.84	0.23	0.02	98.94	0.00	1.06	0.00	0.86	0.07	0.70	0.01	0.29	0.01	0.45	0.71	0.03

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A2. Composición de cristales de Cr-espinela accesoria, del análisis puntual por muestras del EPMA, en rocas encajantes.

Muestra	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	NiO	SiO ₂	Total	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Ni	Cr#	Mg#	Fe ³⁺ #
PP5A_1	0.20	19.90	0.21	38.88	10.97	11.50	0.28	16.96	0.18	0.02	99.10	0.00	0.75	0.00	0.98	0.26	0.54	0.01	0.45	0.00	0.57	0.55	0.13
PP5A_2	0.26	20.62	0.21	39.44	7.90	9.95	0.29	19.18	0.20	0.00	98.05	0.01	0.78	0.00	1.01	0.19	0.48	0.01	0.52	0.01	0.56	0.48	0.10
PP5A_3	0.23	19.60	0.22	39.50	10.89	11.50	0.32	17.00	0.21	0.01	99.47	0.01	0.73	0.00	0.99	0.26	0.54	0.01	0.45	0.01	0.57	0.55	0.13
PP5A_4	0.28	21.04	0.24	39.10	7.38	9.54	0.25	19.91	0.22	0.04	97.99	0.01	0.80	0.00	1.00	0.18	0.46	0.01	0.54	0.01	0.55	0.46	0.09
PP5A_5	0.27	19.79	0.24	40.13	8.33	9.81	0.31	19.41	0.17	0.03	98.50	0.01	0.75	0.00	1.02	0.20	0.47	0.01	0.52	0.00	0.58	0.47	0.10
PP5A_6	0.28	19.25	0.23	40.18	10.64	11.27	0.32	17.46	0.22	0.01	99.86	0.01	0.72	0.00	1.01	0.25	0.53	0.01	0.46	0.01	0.58	0.53	0.13
PP5A_7	0.23	20.10	0.21	38.75	8.71	9.04	0.42	20.30	0.20	0.09	98.05	0.01	0.77	0.00	1.00	0.21	0.44	0.01	0.55	0.01	0.56	0.44	0.11
PP5A_8	0.23	19.97	0.24	40.33	7.64	9.74	0.30	19.38	0.18	0.36	98.37	0.01	0.76	0.00	1.03	0.19	0.47	0.01	0.52	0.00	0.58	0.47	0.09
PP5A_9	0.21	19.52	0.22	41.10	7.98	10.17	0.29	18.83	0.14	0.01	98.47	0.01	0.74	0.00	1.05	0.19	0.49	0.01	0.51	0.00	0.59	0.49	0.10
PP5A_10	0.24	19.30	0.20	41.86	7.21	9.91	0.31	19.09	0.21	0.05	98.38	0.01	0.74	0.00	1.07	0.18	0.48	0.01	0.52	0.01	0.59	0.48	0.09
PP5A_11	0.24	20.43	0.21	40.27	6.64	8.83	0.33	20.82	0.17	0.21	98.15	0.01	0.78	0.00	1.04	0.16	0.43	0.01	0.57	0.00	0.57	0.43	0.08
PP5A_12	0.31	21.31	0.18	38.01	8.23	9.85	0.28	19.40	0.19	0.00	97.76	0.01	0.81	0.00	0.97	0.20	0.47	0.01	0.52	0.00	0.54	0.47	0.10
PP5A_13	0.27	21.69	0.27	38.23	6.85	9.27	0.32	20.16	0.21	0.00	97.26	0.01	0.83	0.00	0.98	0.17	0.45	0.01	0.55	0.01	0.54	0.45	0.08
PP5A_14	0.25	21.55	0.23	38.63	7.78	10.00	0.27	19.32	0.23	0.03	98.29	0.01	0.81	0.00	0.98	0.19	0.48	0.01	0.52	0.01	0.55	0.48	0.09
PP5A_15	0.23	22.16	0.22	37.73	6.07	9.09	0.31	20.09	0.23	0.63	96.76	0.01	0.86	0.00	0.98	0.15	0.44	0.01	0.55	0.01	0.53	0.45	0.08
PP3B_1	0.27	23.57	0.20	37.30	8.27	11.58	0.31	17.59	0.12	0.00	99.22	0.01	0.87	0.00	0.92	0.19	0.54	0.01	0.46	0.00	0.51	0.54	0.10
PP3B_2	0.23	24.64	0.18	37.43	7.40	12.30	0.31	16.57	0.17	0.01	99.23	0.01	0.90	0.00	0.91	0.17	0.57	0.01	0.43	0.00	0.50	0.57	0.09
PP3B_3	0.27	24.82	0.14	37.07	7.64	12.54	0.31	16.25	0.17	0.00	99.22	0.01	0.90	0.00	0.90	0.18	0.58	0.01	0.42	0.00	0.50	0.58	0.09
PP3B_4	0.21	24.45	0.16	36.88	7.78	12.06	0.27	16.78	0.16	0.06	98.81	0.01	0.90	0.00	0.91	0.18	0.56	0.01	0.44	0.00	0.50	0.56	0.09
PP3B_5	0.21	24.02	0.16	38.33	7.52	11.96	0.30	17.16	0.21	0.00	99.87	0.00	0.87	0.00	0.94	0.17	0.55	0.01	0.44	0.01	0.52	0.55	0.09
PP3B_6	0.24	23.47	0.14	38.06	8.15	11.80	0.28	17.32	0.13	0.00	99.58	0.01	0.86	0.00	0.93	0.19	0.55	0.01	0.45	0.00	0.52	0.55	0.10
PP3B_7	0.22	25.71	0.14	36.00	7.17	12.08	0.30	16.90	0.16	0.03	98.71	0.01	0.94	0.00	0.88	0.17	0.56	0.01	0.44	0.00	0.48	0.56	0.08
PP3B_8	0.25	26.09	0.12	36.06	7.26	12.48	0.31	16.56	0.16	0.01	99.31	0.01	0.94	0.00	0.87	0.17	0.57	0.01	0.42	0.00	0.48	0.57	0.08
PP3B_9	0.19	26.67	0.22	35.67	7.41	13.04	0.27	15.85	0.19	0.00	99.51	0.00	0.96	0.00	0.86	0.17	0.59	0.01	0.40	0.00	0.47	0.59	0.09
PP3B_10	0.27	26.79	0.18	35.01	7.37	12.75	0.26	16.22	0.21	0.02	99.08	0.01	0.97	0.00	0.85	0.17	0.58	0.01	0.41	0.01	0.47	0.58	0.09
PP3B_11	0.23	27.33	0.19	34.98	6.98	12.84	0.25	16.21	0.19	0.03	99.22	0.01	0.98	0.00	0.84	0.16	0.58	0.01	0.41	0.00	0.46	0.59	0.08
PP3B_12	0.21	27.40	0.16	35.22	7.13	12.90	0.29	16.23	0.19	0.01	99.74	0.00	0.98	0.00	0.84	0.16	0.58	0.01	0.41	0.00	0.46	0.59	0.08
PP3B_13	0.25	27.49	0.15	35.07	6.93	13.09	0.28	15.89	0.17	0.02	99.35	0.01	0.98	0.00	0.84	0.16	0.59	0.01	0.40	0.00	0.46	0.59	0.08
PP3B_14	0.21	27.51	0.18	35.49	7.15	13.28	0.27	15.79	0.21	0.04	100.13	0.00	0.98	0.00	0.85	0.16	0.60	0.01	0.40	0.01	0.46	0.60	0.08
PP3B_15	0.26	27.55	0.15	34.60	7.92	13.64	0.27	15.20	0.17	0.02	99.78	0.01	0.98	0.00	0.82	0.18	0.61	0.01	0.38	0.00	0.46	0.62	0.09
PP7A_1	0.05	25.41	0.22	40.24	4.85	13.31	0.23	15.34	0.14	0.00	99.79	0.00	0.91	0.00	0.97	0.11	0.60	0.01	0.39	0.00	0.52	0.61	0.06
PP7A_2	0.06	24.09	0.21	41.10	4.50	12.86	0.25	15.43	0.15	0.04	98.70	0.00	0.88	0.00	1.01	0.10	0.59	0.01	0.40	0.00	0.53	0.60	0.05
PP7A_3	0.05	23.14	0.24	42.36	4.30	12.66	0.28	15.62	0.15	0.00	98.80	0.00	0.85	0.00	1.04	0.10	0.59	0.01	0.41	0.00	0.55	0.59	0.05
PP7A_4	0.04	21.84	0.19	44.34	4.27	12.38	0.31	16.03	0.14	0.01	99.54	0.00	0.80	0.00	1.09	0.10	0.57	0.01	0.42	0.00	0.58	0.58	0.05
PP7A_5	0.05	23.33	0.18	42.50	4.45	12.78	0.29	15.60	0.14	0.02	99.34	0.00	0.85	0.00	1.04	0.10	0.59	0.01	0.40	0.00	0.55	0.59	0.05
PP7A_6	0.06	24.02	0.24	42.16	4.39	12.94	0.31	15.65	0.16	0.02	99.94	0.00	0.87	0.00	1.02	0.10	0.59	0.01	0.40	0.00	0.54	0.60	0.05
PP7A_7	0.07	22.37	0.27	44.11	4.28	13.23	0.27	14.96	0.14	0.01	99.70	0.00	0.81	0.00	1.08	0.10	0.61	0.01	0.39	0.00	0.57	0.61	0.05
PP7A_8	0.06	22.75	0.23	43.71	4.18	13.27	0.25	14.88	0.14	0.00	99.46	0.00	0.83	0.00	1.07	0.10	0.61	0.01	0.38	0.00	0.56	0.61	0.05
PP7A_9	0.06	23.42	0.25	42.65	4.39	13.47	0.22	14.62	0.16	0.00	99.23	0.00	0.85	0.00	1.04	0.10	0.62	0.01	0.38	0.00	0.55	0.62	0.05
PP7A_10	0.00	23.42	0.22	42.82	4.77	13.55	0.29	14.55	0.14	0.01	99.76	0.00	0.85	0.00	1.04	0.11	0.62	0.01	0.37	0.00	0.55	0.62	0.06
PP7A_11	0.10	22.18	0.23	44.29	4.25	12.96	0.30	15.35	0.16	0.01	99.81	0.00	0.81	0.00	1.08	0.10	0.60	0.01	0.40	0.00	0.57	0.60	0.05
PP7A_12	0.06	22.58	0.22	43.89	4.04	12.98	0.25	15.31	0.11	0.04	99.49	0.00	0.82	0.00	1.07	0.09	0.60	0.01	0.40	0.00	0.57	0.60	0.05
PP7A_13	0.10	23.01	0.24	43.26	4.46	13.32	0.31	14.88	0.16	0.00	99.74	0.00	0.83	0.00	1.05	0.10	0.61	0.01	0.38	0.00	0.56	0.61	0.05
PP7A_14	0.08	25.06	0.18	40.98	4.54	13.89	0.24	14.25	0.17	0.00	99.39	0.00	0.90	0.00	0.99	0.10	0.63	0.01	0.36	0.00	0.52	0.63	0.05
PP7A_15	0.03	25.06	0.27	41.34	4.68	13.97	0.23	14.33	0.17	0.01	100.09	0.00	0.89	0.00	0.99	0.11	0.63	0.01	0.36	0.00	0.53	0.63	0.05

Tabla A3. Composición de cristales de olivino, del análisis puntual por muestras del EPMA, en cromititas.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Ni	Na	K
PP2_1	40.82	0.034	0.394	0.000	0.000	7.12	51.81	0.048	0.093	0.407	0.006	0.000	100.73	0.983	0.001	0.011	0.000	0.000	0.143	1.861	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP2_2	40.77	0.060	0.021	0.000	0.020	7.17	51.91	0.040	0.119	0.471	0.000	0.000	100.58	0.985	0.001	0.001	0.000	0.000	0.145	1.869	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP2_3	40.75	0.033	0.024	0.000	0.000	7.04	53.03	0.041	0.100	0.450	0.000	0.000	101.47	0.976	0.001	0.001	0.000	0.000	0.141	1.893	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP2_4	40.34	0.000	0.087	0.012	0.000	7.20	51.47	0.040	0.099	0.435	0.000	0.011	99.69	0.983	0.000	0.002	0.000	0.000	0.147	1.871	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP2_5	40.93	0.000	0.023	0.000	0.005	7.13	52.23	0.053	0.115	0.387	0.000	0.001	100.87	0.985	0.000	0.001	0.000	0.000	0.143	1.874	0.001	0.002	0.007	0.000	0.000
PP2_6	40.59	0.000	0.000	0.005	0.000	7.07	52.61	0.046	0.093	0.461	0.006	0.000	100.88	0.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	1.890	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP2_7	40.52	0.004	0.065	0.005	0.000	7.16	52.22	0.064	0.127	0.408	0.000	0.000	100.57	0.979	0.000	0.002	0.000	0.000	0.145	1.881	0.002	0.003	0.008	0.000	0.000
PP2_8	41.07	0.003	0.000	0.010	0.000	6.91	51.23	0.038	0.133	0.479	0.014	0.002	99.89	0.996	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	1.853	0.001	0.003	0.009	0.001	0.000
PP2_9	40.64	0.035	0.000	0.000	0.000	6.77	51.94	0.037	0.117	0.464	0.010	0.000	100.01	0.986	0.001	0.000	0.000	0.000	0.137	1.878	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP2_10	40.24	0.012	0.000	0.041	0.004	6.93	52.09	0.041	0.117	0.410	0.007	0.000	99.89	0.979	0.000	0.000	0.001	0.000	0.141	1.889	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP2_11	41.04	0.001	0.053	0.000	0.000	7.08	51.85	0.030	0.126	0.430	0.000	0.000	100.61	0.990	0.000	0.002	0.000	0.000	0.143	1.864	0.001	0.003	0.008	0.000	0.000
PP2_12	41.27	0.016	0.000	0.000	0.019	6.81	51.89	0.049	0.124	0.428	0.000	0.000	100.60	0.994	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	1.862	0.001	0.003	0.008	0.000	0.000
PP2_13	40.44	0.000	0.072	0.004	0.074	7.01	52.12	0.036	0.107	0.417	0.000	0.002	100.28	0.980	0.000	0.002	0.000	0.001	0.142	1.882	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP2_14	40.50	0.000	0.000	0.017	0.020	6.94	51.92	0.038	0.124	0.436	0.000	0.007	100.00	0.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.141	1.879	0.001	0.003	0.009	0.000	0.000
PP2_15	40.61	0.022	0.020	0.000	0.055	6.96	51.62	0.039	0.123	0.407	0.025	0.010	99.89	0.987	0.000	0.001	0.000	0.001	0.141	1.870	0.001	0.003	0.008	0.001	0.000
PP5C_1	40.66	0.000	0.000	0.000	0.000	6.92	52.30	0.050	0.110	0.422	0.013	0.006	100.48	0.982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	1.884	0.001	0.002	0.008	0.001	0.000
PP5C_2	40.79	0.023	0.017	0.000	0.000	6.88	51.96	0.031	0.119	0.438	0.015	0.000	100.27	0.987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.139	1.874	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000
PP5C_3	40.93	0.017	0.015	0.019	0.029	6.74	52.26	0.041	0.134	0.467	0.012	0.000	100.66	0.986	0.000	0.000	0.000	0.001	0.136	1.877	0.001	0.003	0.009	0.001	0.000
PP5C_4	40.77	0.016	0.000	0.036	0.000	6.66	52.31	0.042	0.108	0.477	0.016	0.010	100.44	0.984	0.000	0.000	0.001	0.000	0.134	1.883	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000
PP5C_5	40.90	0.011	0.052	0.000	0.017	6.91	52.10	0.037	0.103	0.441	0.016	0.000	100.59	0.986	0.000	0.001	0.000	0.000	0.139	1.873	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000
PP5C_6	41.04	0.007	0.053	0.000	0.041	6.75	52.17	0.022	0.101	0.456	0.036	0.001	100.68	0.988	0.000	0.002	0.000	0.001	0.136	1.872	0.001	0.002	0.009	0.002	0.000
PP5C_7	40.80	0.026	0.000	0.002	0.000	6.80	52.26	0.024	0.111	0.432	0.012	0.005	100.47	0.985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	1.881	0.001	0.002	0.008	0.001	0.000
PP5C_8	40.71	0.009	0.000	0.002	0.000	6.78	52.49	0.030	0.105	0.457	0.000	0.000	100.58	0.982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	1.887	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5C_9	40.60	0.000	0.030	0.000	0.000	6.72	52.07	0.030	0.103	0.423	0.000	0.008	99.98	0.984	0.000	0.001	0.000	0.000	0.136	1.882	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP5C_10	40.98	0.000	0.049	0.000	0.000	6.76	52.08	0.042	0.096	0.421	0.023	0.007	100.46	0.988	0.000	0.001	0.000	0.000	0.136	1.873	0.001	0.002	0.008	0.001	0.000
PP5D1_1	41.06	0.000	0.058	0.000	0.034	6.32	52.80	0.039	0.082	0.498	0.000	0.000	100.89	0.985	0.000	0.002	0.000	0.001	0.127	1.888	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP5D1_2	40.55	0.022	0.055	0.000	0.003	6.05	52.18	0.025	0.076	0.499	0.000	0.000	99.46	0.986	0.000	0.002	0.000	0.000	0.123	1.891	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP5D1_3	40.59	0.016	0.119	0.004	0.014	5.90	53.10	0.030	0.078	0.495	0.009	0.002	100.36	0.978	0.000	0.003	0.000	0.000	0.119	1.907	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP5D1_4	41.14	0.002	0.010	0.000	0.007	6.21	52.39	0.029	0.121	0.452	0.000	0.000	100.36	0.991	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	1.881	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_5	40.78	0.000	0.090	0.004	0.010	6.08	53.07	0.029	0.102	0.465	0.000	0.000	100.63	0.980	0.000	0.003	0.000	0.000	0.122	1.902	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_6	40.93	0.006	0.037	0.003	0.007	6.21	52.56	0.017	0.098	0.472	0.000	0.004	100.34	0.986	0.000	0.001	0.000	0.000	0.125	1.888	0.000	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_7	40.97	0.000	0.092	0.019	0.012	6.24	52.10	0.033	0.101	0.466	0.000	0.003	100.04	0.990	0.000	0.003	0.000	0.000	0.126	1.877	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_8	40.21	0.000	0.000	0.000	0.000	6.33	52.83	0.021	0.113	0.482	0.009	0.000	99.99	0.975	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	1.909	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_9	40.58	0.000	0.050	0.011	0.000	6.59	52.52	0.027	0.112	0.473	0.000	0.008	100.37	0.980	0.000	0.001	0.000	0.000	0.133	1.891	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_10	40.73	0.009	0.000	0.015	0.008	6.56	52.27	0.018	0.103	0.498	0.024	0.000	100.23	0.985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.133	1.884	0.000	0.002	0.010	0.001	0.000
PP5D1_11	40.46	0.000	0.147	0.000	0.002	6.49	52.59	0.036	0.101	0.470	0.000	0.000	100.30	0.978	0.000	0.004	0.000	0.000	0.131	1.895	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_12	40.49	0.018	0.000	0.000	0.000	6.43	52.52	0.031	0.090	0.521	0.011	0.012	100.12	0.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	1.896	0.001	0.002	0.010	0.001	0.000
PP5D1_13	40.63	0.000	0.000	0.002	0.027	6.46	52.63	0.029	0.096	0.471	0.009	0.000	100.35	0.981	0.000	0.000	0.000	0.001	0.130	1.895	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5D1_14	40.47	0.009	0.000	0.000	0.000	6.45	52.72	0.026	0.124	0.479	0.000	0.000	100.28	0.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	1.900	0.001	0.003	0.009	0.000	0.000
PP5D1_15	40.16	0.000	0.010	0.002	0.000	6.30	52.67	0.034	0.113	0.437	0.012	0.000	99.74	0.976	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	1.908	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A3. Continuación.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Ni	Na	K
PP10B_1	40.80	0.000	0.004	0.000	0.013	6.66	52.53	0.063	0.094	0.468	0.005	0.000	100.64	0.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134	1.887	0.002	0.002	0.009	0.000	0.000
PP10B_2	40.59	0.005	0.043	0.000	0.008	6.60	51.75	0.053	0.106	0.480	0.007	0.001	99.64	0.987	0.000	0.001	0.000	0.000	0.134	1.876	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP10B_3	40.86	0.043	0.028	0.012	0.000	6.58	52.16	0.041	0.117	0.483	0.003	0.013	100.34	0.987	0.001	0.001	0.000	0.000	0.133	1.878	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP10B_4	40.94	0.000	0.025	0.000	0.000	6.87	51.91	0.061	0.108	0.479	0.020	0.001	100.41	0.989	0.000	0.001	0.000	0.000	0.139	1.869	0.002	0.002	0.009	0.001	0.000
PP10B_5	40.90	0.004	0.008	0.000	0.000	6.47	52.37	0.048	0.095	0.470	0.008	0.000	100.37	0.987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.131	1.883	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP10B_6	40.63	0.000	0.076	0.000	0.000	6.49	52.85	0.052	0.117	0.500	0.005	0.002	100.72	0.978	0.000	0.002	0.000	0.000	0.131	1.897	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP10B_7	40.85	0.000	0.112	0.007	0.000	6.42	51.96	0.035	0.067	0.511	0.004	0.008	99.97	0.989	0.000	0.003	0.000	0.000	0.130	1.875	0.001	0.001	0.010	0.000	0.000
PP10B_8	40.92	0.000	0.007	0.000	0.000	6.33	52.69	0.050	0.095	0.469	0.000	0.004	100.57	0.985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127	1.890	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP10B_9	40.65	0.000	0.041	0.012	0.023	6.33	52.22	0.045	0.101	0.520	0.014	0.000	99.95	0.985	0.000	0.001	0.000	0.000	0.128	1.886	0.001	0.002	0.010	0.001	0.000
PP10B_10	40.75	0.030	0.014	0.021	0.044	6.14	52.49	0.039	0.088	0.489	0.000	0.000	100.10	0.985	0.001	0.000	0.000	0.001	0.124	1.891	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP10B_11	40.73	0.000	0.056	0.013	0.000	6.52	52.28	0.060	0.121	0.519	0.012	0.000	100.31	0.984	0.000	0.002	0.000	0.000	0.132	1.883	0.002	0.002	0.010	0.001	0.000
PP10B_12	40.63	0.036	0.032	0.007	0.000	6.65	52.10	0.058	0.084	0.503	0.000	0.004	100.10	0.984	0.001	0.001	0.000	0.000	0.135	1.881	0.002	0.002	0.010	0.000	0.000
PP10B_13	40.89	0.000	0.000	0.000	0.000	6.76	52.09	0.062	0.128	0.512	0.000	0.004	100.45	0.987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.136	1.875	0.002	0.003	0.010	0.000	0.000
PP10B_14	40.77	0.029	0.000	0.006	0.000	6.71	52.20	0.056	0.081	0.497	0.000	0.002	100.35	0.985	0.001	0.000	0.000	0.000	0.136	1.880	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP10B_15	40.68	0.015	0.004	0.000	0.018	6.45	52.48	0.066	0.119	0.495	0.006	0.000	100.33	0.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	1.890	0.002	0.002	0.010	0.000	0.000
PP5B_1	40.69	0.031	0.004	0.000	0.022	6.63	52.17	0.019	0.091	0.459	0.001	0.000	100.12	0.985	0.001	0.000	0.000	0.000	0.134	1.883	0.000	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_2	41.06	0.050	0.031	0.000	0.000	6.59	52.48	0.030	0.091	0.423	0.005	0.000	100.76	0.987	0.001	0.001	0.000	0.000	0.132	1.880	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP5B_3	40.38	0.025	0.071	0.021	0.000	6.71	52.45	0.049	0.096	0.473	0.015	0.000	100.29	0.977	0.000	0.002	0.000	0.000	0.136	1.892	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000
PP5B_4	40.55	0.000	0.000	0.005	0.000	6.63	52.41	0.030	0.114	0.497	0.012	0.000	100.25	0.981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134	1.890	0.001	0.002	0.010	0.001	0.000
PP5B_5	40.61	0.024	0.094	0.000	0.004	6.62	52.55	0.052	0.117	0.442	0.011	0.006	100.53	0.980	0.000	0.003	0.000	0.000	0.134	1.890	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_6	39.95	0.000	0.026	0.000	0.021	6.70	52.45	0.039	0.104	0.440	0.000	0.005	99.73	0.973	0.000	0.001	0.000	0.000	0.136	1.904	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_7	40.66	0.012	0.018	0.006	0.000	6.62	52.27	0.041	0.089	0.468	0.000	0.009	100.19	0.984	0.000	0.001	0.000	0.000	0.134	1.885	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_8	40.29	0.000	0.134	0.000	0.000	6.70	52.41	0.041	0.102	0.455	0.034	0.004	100.17	0.976	0.000	0.004	0.000	0.000	0.136	1.893	0.001	0.002	0.009	0.002	0.000
PP5B_9	40.30	0.044	0.000	0.000	0.029	6.85	52.21	0.050	0.113	0.447	0.000	0.000	100.04	0.978	0.001	0.000	0.000	0.001	0.139	1.890	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_10	40.61	0.000	0.000	0.000	0.005	6.75	52.54	0.039	0.097	0.422	0.000	0.005	100.47	0.981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.136	1.891	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP5B_11	40.90	0.012	0.000	0.017	0.000	6.24	52.74	0.024	0.097	0.462	0.000	0.000	100.49	0.985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126	1.893	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_12	40.72	0.000	0.070	0.019	0.023	6.39	52.53	0.019	0.100	0.465	0.000	0.000	100.33	0.983	0.000	0.002	0.000	0.000	0.129	1.890	0.000	0.002	0.009	0.000	0.000
PP5B_13	40.76	0.003	0.000	0.000	0.015	6.33	53.02	0.034	0.141	0.483	0.009	0.000	100.80	0.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127	1.900	0.001	0.003	0.009	0.000	0.000
PP5B_14	40.97	0.000	0.000	0.000	0.024	6.43	52.32	0.021	0.122	0.434	0.019	0.008	100.35	0.988	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	1.881	0.001	0.002	0.008	0.001	0.000
PP5B_15	40.71	0.000	0.004	0.000	0.002	6.26	52.63	0.031	0.092	0.444	0.000	0.002	100.18	0.983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126	1.895	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_1	40.31	0.000	0.021	0.000	0.000	6.93	51.82	0.030	0.103	0.456	0.000	0.000	99.67	0.982	0.000	0.001	0.000	0.000	0.141	1.882	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_2	40.81	0.023	0.096	0.000	0.000	6.87	51.92	0.031	0.084	0.469	0.000	0.005	100.31	0.987	0.000	0.003	0.000	0.000	0.139	1.871	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_3	40.31	0.017	0.005	0.000	0.000	6.94	51.91	0.042	0.096	0.445	0.000	0.006	99.77	0.981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.141	1.884	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_4	40.78	0.000	0.103	0.012	0.000	6.84	52.18	0.027	0.115	0.478	0.000	0.000	100.54	0.984	0.000	0.003	0.000	0.000	0.138	1.877	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_5	40.42	0.005	0.015	0.004	0.018	6.95	52.02	0.026	0.120	0.417	0.000	0.000	100.00	0.981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.141	1.883	0.001	0.002	0.008	0.000	0.000
PP7B_6	40.68	0.000	0.000	0.005	0.045	6.67	52.28	0.022	0.103	0.462	0.013	0.006	100.29	0.984	0.000	0.000	0.000	0.001	0.135	1.884	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000
PP7B_7	40.74	0.028	0.000	0.000	0.014	6.92	52.20	0.029	0.095	0.494	0.000	0.006	100.53	0.984	0.001	0.000	0.000	0.000	0.140	1.879	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP7B_8	40.49	0.000	0.071	0.049	0.015	7.07	51.96	0.027	0.102	0.483	0.000	0.000	100.27	0.981	0.000	0.002	0.001	0.000	0.143	1.877	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_9	40.35	0.007	0.024	0.000	0.000	6.99	52.11	0.043	0.123	0.446	0.000	0.000	100.09	0.979	0.000	0.001	0.000	0.000	0.142	1.886	0.001	0.003	0.009	0.000	0.000
PP7B_10	40.40	0.000	0.114	0.000	0.000	6.73	52.09	0.040	0.111	0.500	0.000	0.004	99.99	0.980	0.000	0.003	0.000	0.000	0.137	1.885	0.001	0.002	0.010	0.000	0.000
PP7B_11	40.36	0.000	0.005	0.000	0.000	6.87	52.39	0.023	0.117	0.475	0.000	0.000	100.24	0.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.139	1.892	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_12	40.69	0.000	0.076	0.007	0.026	6.86	52.32	0.045	0.108	0.475	0.000	0.004	100.61	0.982	0.000	0.002	0.000	0.000	0.138	1.882	0.001	0.002	0.009	0.000	0.000
PP7B_13	40.21	0.000	0.004	0.000	0.002	7.01	52.14	0.033	0.099	0.515	0.036	0.005	100.05	0.977	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	1.889	0.001	0.002	0.010	0.002	0.000
PP7B_14	40.70	0.000	0.000	0.000	0.000	6.76	51.92	0.043	0.124	0.442	0.000	0.000	99.99	0.987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	1.877	0.001	0.003	0.009	0.000	0.000
PP7B_15	40.56	0.000	0.036	0.007	0.001	6.93	52.31	0.035	0.104	0.454	0.019	0.006	100.46	0.980	0.000	0.001	0.000	0.000	0.140	1.885	0.001	0.002	0.009	0.001	0.000

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A4. Composición de cristales de clinopiroxenos, del análisis puntual por muestras del EPMA, en rocas encajantes.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Ni	Na	K
PP3B_1	52.24	0.221	2.88	0.017	0.904	2.18	16.28	24.67	0.055	0.070	0.479	0.000	100.00	1.910	0.006	0.124	0.001	0.026	0.067	0.887	0.966	0.002	0.002	0.034	0.000
PP3B_2	52.45	0.232	2.83	0.024	0.788	2.35	15.71	24.53	0.048	0.043	0.345	0.001	99.35	1.927	0.006	0.123	0.001	0.023	0.072	0.861	0.966	0.001	0.001	0.025	0.000
PP3B_3	51.36	0.235	3.98	0.072	0.934	2.42	15.86	24.21	0.028	0.030	0.455	0.001	99.58	1.886	0.006	0.172	0.002	0.027	0.074	0.868	0.952	0.001	0.001	0.032	0.000
PP3B_4	50.69	0.224	4.24	0.021	1.021	2.44	15.74	24.27	0.055	0.040	0.538	0.003	99.28	1.871	0.006	0.184	0.001	0.030	0.075	0.866	0.960	0.002	0.001	0.038	0.000
PP3B_5	51.85	0.174	3.05	0.000	1.005	2.42	16.44	24.22	0.078	0.032	0.452	0.000	99.72	1.902	0.005	0.132	0.000	0.029	0.074	0.899	0.952	0.002	0.001	0.032	0.000
PP3B_6	50.90	0.185	3.98	0.039	0.948	2.52	15.58	24.26	0.036	0.090	0.519	0.001	99.06	1.883	0.005	0.173	0.001	0.028	0.078	0.859	0.961	0.001	0.003	0.037	0.000
PP3B_7	50.91	0.199	3.66	0.027	1.211	2.55	16.03	24.29	0.029	0.027	0.422	0.005	99.36	1.879	0.006	0.159	0.001	0.035	0.079	0.882	0.960	0.001	0.001	0.030	0.000
PP3B_8	51.88	0.228	2.94	0.054	0.796	2.42	16.53	24.15	0.041	0.058	0.475	0.002	99.58	1.905	0.006	0.127	0.002	0.023	0.074	0.905	0.950	0.001	0.002	0.034	0.000
PP3B_9	51.77	0.155	2.95	0.046	0.977	2.38	16.41	24.45	0.078	0.049	0.496	0.006	99.77	1.901	0.004	0.128	0.001	0.028	0.073	0.898	0.962	0.002	0.001	0.035	0.000
PP3B_10	51.85	0.192	2.94	0.040	0.842	2.43	16.70	24.06	0.064	0.036	0.432	0.000	99.59	1.903	0.005	0.127	0.001	0.024	0.075	0.914	0.946	0.002	0.001	0.031	0.000
PP3B_11	51.11	0.233	3.71	0.046	0.959	2.41	16.20	24.38	0.038	0.020	0.507	0.004	99.62	1.880	0.006	0.161	0.001	0.028	0.074	0.888	0.961	0.001	0.001	0.036	0.000
PP3B_12	52.40	0.180	2.87	0.017	0.877	2.32	16.55	24.27	0.045	0.040	0.411	0.002	99.98	1.914	0.005	0.124	0.000	0.025	0.071	0.901	0.950	0.001	0.001	0.029	0.000
PP3B_13	51.93	0.194	3.27	0.012	0.953	2.44	16.14	24.16	0.050	0.032	0.417	0.001	99.60	1.905	0.005	0.141	0.000	0.028	0.075	0.883	0.950	0.002	0.001	0.030	0.000
PP3B_14	51.84	0.199	2.73	0.040	0.810	2.15	16.24	24.45	0.041	0.037	0.489	0.000	99.03	1.913	0.006	0.119	0.001	0.024	0.066	0.894	0.967	0.001	0.001	0.035	0.000
PP3B_15	52.23	0.170	2.73	0.028	0.861	2.18	16.01	24.55	0.013	0.021	0.444	0.008	99.24	1.922	0.005	0.118	0.001	0.025	0.067	0.878	0.968	0.000	0.001	0.032	0.000
PP7A_1	52.40	0.027	2.82	0.071	1.316	2.41	16.81	23.02	0.114	0.088	0.620	0.000	99.70	1.917	0.001	0.122	0.002	0.038	0.074	0.917	0.902	0.004	0.003	0.044	0.000
PP7A_2	51.81	0.079	3.14	0.058	1.372	2.50	16.48	23.26	0.080	0.048	0.649	0.005	99.48	1.904	0.002	0.136	0.002	0.040	0.077	0.903	0.916	0.002	0.001	0.046	0.000
PP7A_3	51.65	0.087	3.04	0.044	1.530	2.41	16.62	23.17	0.082	0.056	0.679	0.003	99.37	1.900	0.002	0.132	0.001	0.045	0.074	0.912	0.913	0.003	0.002	0.048	0.000
PP7A_4	51.95	0.000	2.82	0.012	1.353	2.42	16.57	23.00	0.084	0.055	0.590	0.000	98.85	1.917	0.000	0.123	0.000	0.039	0.075	0.912	0.909	0.003	0.002	0.042	0.000

Tabla A5. Composición de cristales de ortopiroxenos, del análisis puntual por muestras del EPMA, en rocas encajantes.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Ni	Na	K
PP7A_1	55.28	0.000	2.15	0.039	0.795	5.88	33.62	1.63	0.138	0.081	0.089	0.000	99.70	1.924	0.000	0.088	0.001	0.022	0.171	1.744	0.061	0.004	0.002	0.006	0.000
PP7A_2	54.94	0.000	2.28	0.016	0.833	6.02	34.19	0.80	0.166	0.081	0.050	0.000	99.37	1.916	0.000	0.094	0.000	0.023	0.176	1.778	0.030	0.005	0.002	0.003	0.000
PP7A_3	55.27	0.008	2.19	0.000	0.784	6.09	34.22	0.95	0.149	0.091	0.052	0.000	99.80	1.920	0.000	0.090	0.000	0.022	0.177	1.772	0.035	0.004	0.003	0.003	0.000
PP7A_4	55.51	0.000	2.14	0.025	0.665	6.00	34.33	0.82	0.162	0.092	0.017	0.005	99.76	1.926	0.000	0.088	0.001	0.018	0.174	1.776	0.030	0.005	0.003	0.001	0.000
PP7A_5	54.44	0.000	2.55	0.033	0.955	5.62	32.20	3.68	0.169	0.080	0.147	0.011	99.88	1.904	0.000	0.105	0.001	0.026	0.164	1.679	0.138	0.005	0.002	0.010	0.001
PP7A_6	54.99	0.000	2.25	0.021	0.767	5.96	34.14	1.27	0.140	0.103	0.071	0.008	99.72	1.914	0.000	0.092	0.001	0.021	0.173	1.771	0.047	0.004	0.003	0.005	0.000
PP7A_7	54.57	0.012	2.21	0.021	0.864	5.97	33.73	1.49	0.170	0.120	0.027	0.007	99.19	1.912	0.000	0.091	0.001	0.024	0.175	1.762	0.056	0.005	0.003	0.002	0.000
PP7A_8	54.90	0.000	2.21	0.006	0.817	5.70	33.31	2.08	0.150	0.097	0.071	0.000	99.34	1.919	0.000	0.091	0.000	0.023	0.167	1.736	0.078	0.004	0.003	0.005	0.000
PP7A_9	55.23	0.021	2.19	0.027	0.855	5.76	33.29	2.34	0.168	0.119	0.067	0.005	100.07	1.919	0.001	0.090	0.001	0.023	0.167	1.725	0.087	0.005	0.003	0.005	0.000
PP7A_10	54.94	0.007	2.19	0.022	0.775	5.86	33.46	2.05	0.147	0.119	0.046	0.000	99.62	1.917	0.000	0.090	0.001	0.021	0.171	1.741	0.077	0.004	0.003	0.003	0.000
PP7A_11	55.25	0.001	2.56	0.037	0.863	6.02	33.53	1.84	0.152	0.107	0.026	0.000	100.38	1.913	0.000	0.104	0.001	0.024	0.174	1.730	0.068	0.004	0.003	0.002	0.000

Cromiita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016

Tabla A6. Composición de cristales de serpentina, del análisis puntual por muestras del EPMA, en cromititas.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Ni	Na	K
PP6_1	36.72	0.025	2.360	0.010	0.022	8.70	34.49	0.013	0.120	0.410	0.001	0.000	82.872	3.757	0.000	0.002	5.261	0.010	0.000	0.002	0.745	0.285	0.034	0.001	0.000
PP6_2	36.67	0.019	0.802	0.000	0.000	14.00	34.42	0.020	0.122	0.114	0.000	0.000	86.167	3.720	0.000	0.001	5.205	0.010	0.000	0.000	1.188	0.096	0.009	0.002	0.000
PP6_3	34.58	0.000	4.470	0.003	0.005	10.04	33.50	0.014	0.185	0.402	0.001	0.010	83.210	3.562	0.000	0.000	5.144	0.016	0.000	0.000	0.865	0.543	0.033	0.002	0.001
PP6_4	33.63	0.004	5.780	0.007	0.020	9.14	33.69	0.004	0.159	0.337	0.000	0.000	82.772	3.467	0.000	0.000	5.178	0.014	0.000	0.002	0.788	0.702	0.028	0.000	0.000
PP6_5	32.44	0.048	7.780	0.000	0.015	7.84	33.23	0.013	0.157	0.383	0.000	0.008	81.914	3.357	0.000	0.004	5.127	0.014	0.000	0.001	0.679	0.949	0.032	0.001	0.001
PP6_6	33.54	0.017	3.980	0.011	0.000	10.60	34.81	0.022	0.108	0.323	0.005	0.002	83.418	3.471	0.001	0.001	5.370	0.009	0.000	0.000	0.917	0.485	0.027	0.002	0.000
PP6_7	35.87	0.002	3.420	0.000	0.021	8.46	36.04	0.019	0.063	0.446	0.017	0.000	84.357	3.611	0.003	0.000	5.409	0.005	0.000	0.002	0.712	0.406	0.036	0.002	0.000
PP6_8	36.30	0.000	3.330	0.000	0.000	8.53	35.64	0.013	0.141	0.174	0.000	0.000	84.129	3.655	0.000	0.000	5.350	0.012	0.000	0.000	0.718	0.395	0.014	0.001	0.000
PP6_9	37.35	0.070	1.382	0.006	0.000	10.34	35.25	0.021	0.142	0.177	0.012	0.000	84.751	3.769	0.002	0.005	5.303	0.012	0.000	0.000	0.873	0.164	0.014	0.002	0.000
PP6_10	34.76	0.018	4.610	0.000	0.013	8.96	34.74	0.023	0.144	0.324	0.000	0.000	83.591	3.542	0.000	0.001	5.277	0.012	0.000	0.001	0.763	0.554	0.027	0.002	0.000
PP6_11	35.66	0.012	0.802	0.017	0.000	13.56	33.81	0.011	0.184	0.170	0.000	0.004	84.231	3.703	0.000	0.001	5.234	0.016	0.000	0.000	1.178	0.098	0.014	0.001	0.001
PP6_12	36.24	0.073	0.766	0.000	0.000	11.90	34.91	0.014	0.161	0.058	0.011	0.007	84.139	3.726	0.002	0.006	5.351	0.014	0.000	0.000	1.023	0.093	0.005	0.002	0.001
PP6_13	35.61	0.041	2.410	0.000	0.000	10.31	34.99	0.019	0.173	0.182	0.017	0.010	83.762	3.648	0.003	0.003	5.344	0.015	0.000	0.000	0.883	0.291	0.015	0.002	0.001
PP6_14	36.89	0.058	0.926	0.013	0.000	12.99	34.86	0.006	0.148	0.143	0.000	0.000	86.033	3.727	0.000	0.004	5.250	0.013	0.000	0.000	1.097	0.110	0.012	0.001	0.000
PP6_15	37.29	0.029	0.893	0.000	0.000	12.10	34.95	0.010	0.129	0.129	0.005	0.000	85.534	3.765	0.001	0.002	5.261	0.011	0.000	0.000	1.022	0.106	0.010	0.001	0.000
PP9B_1	35.56	0.016	4.700	0.000	0.013	8.67	34.38	0.018	0.158	0.534	0.007	0.000	84.056	3.593	0.001	0.001	5.179	0.014	0.000	0.001	0.733	0.560	0.043	0.002	0.000
PP9B_2	35.46	0.000	4.590	0.001	0.029	8.88	33.50	0.025	0.181	0.561	0.002	0.001	83.230	3.622	0.000	0.000	5.101	0.016	0.000	0.002	0.759	0.553	0.046	0.003	0.000
PP9B_3	34.08	0.030	2.430	0.000	0.012	12.64	33.81	0.025	0.149	0.515	0.000	0.009	83.701	3.559	0.000	0.002	5.264	0.013	0.000	0.001	1.104	0.299	0.043	0.003	0.001
PP9B_4	38.48	0.003	2.440	0.001	0.000	6.32	36.70	0.029	0.087	0.560	0.010	0.000	84.629	3.798	0.002	0.000	5.400	0.007	0.000	0.000	0.522	0.284	0.044	0.003	0.000
PP9B_5	38.63	0.000	0.455	0.000	0.000	6.86	38.57	0.037	0.051	0.511	0.000	0.000	85.114	3.814	0.000	0.000	5.677	0.004	0.000	0.000	0.566	0.053	0.041	0.004	0.000
PP9B_6	36.80	0.005	2.940	0.017	0.078	9.79	34.77	0.012	0.085	0.164	0.000	0.000	84.661	3.703	0.000	0.000	5.216	0.007	0.000	0.006	0.824	0.349	0.013	0.001	0.000
PP9B_7	34.06	0.000	2.200	0.000	0.005	12.44	33.08	0.031	0.155	0.634	0.000	0.000	82.606	3.601	0.000	0.000	5.214	0.014	0.000	0.000	1.100	0.274	0.054	0.004	0.000
PP9B_8	34.71	0.014	5.920	0.000	0.016	10.02	32.39	0.021	0.214	0.563	0.002	0.000	83.869	3.541	0.000	0.001	4.925	0.019	0.000	0.001	0.855	0.712	0.046	0.002	0.000
PP9B_9	34.39	0.000	4.660	0.000	0.117	10.27	33.63	0.014	0.243	0.589	0.000	0.001	83.914	3.525	0.000	0.000	5.139	0.021	0.000	0.010	0.880	0.563	0.049	0.002	0.000
PP9B_10	35.06	0.012	4.620	0.000	0.079	10.67	33.35	0.030	0.224	0.564	0.000	0.011	84.620	3.564	0.000	0.001	5.054	0.019	0.000	0.006	0.907	0.554	0.046	0.003	0.001
PP9B_11	34.36	0.019	1.078	0.028	0.047	13.70	34.00	0.022	0.187	0.554	0.000	0.000	83.995	3.604	0.000	0.002	5.316	0.017	0.000	0.004	1.202	0.133	0.047	0.002	0.000
PP9B_12	36.44	0.004	1.990	0.000	0.277	10.56	35.75	0.019	0.195	0.521	0.006	0.001	85.762	3.658	0.001	0.000	5.350	0.017	0.000	0.022	0.886	0.235	0.042	0.002	0.000
PP9B_13	34.19	0.015	4.480	0.000	0.100	10.29	33.75	0.027	0.195	0.583	0.003	0.000	83.633	3.519	0.001	0.001	5.178	0.017	0.000	0.008	0.886	0.543	0.048	0.003	0.000
PP9B_14	34.74	0.002	4.860	0.000	0.073	11.15	33.17	0.034	0.202	0.651	0.002	0.008	84.892	3.533	0.000	0.000	5.028	0.017	0.000	0.006	0.948	0.582	0.053	0.004	0.001
PP9B_15	34.14	0.000	1.809	0.011	0.038	13.10	33.86	0.019	0.219	0.581	0.000	0.002	83.779	3.577	0.000	0.000	5.288	0.019	0.000	0.003	1.148	0.223	0.049	0.002	0.000

Cromitita ofiolítica de Cerro Colorado, Paraguaná Venezuela. Mendi 2016