

117
27

144

CONSIDERACIONES SOBRE LAS ROCAS INTRUSIVAS ULTRAMAFICAS

DEL ARROYO LAS PALMAS (ex Cerro Chato o las Cañas)

DURAZNO - R. O. DEL URUGUAY

NELSON CORONEL
Montevideo - 1987



CONSIDERACIONES SOBRE LAS ROCAS INTRUSIVAS ULTRAMAFICAS DEL ARROYO LAS PALMAS (ex Cerro Chato o las Cañas), DURAZNO.

Resumen

Estas rocas fueron denominadas como macizo básico-ultrabásico de Las Cañas por Preciozzi et al. (1985), o también de Cerro Chato; aquí proponemos denominarlo como Rocas ultramáficas intrusivas del Arroyo de Las Palmas, intentando clarificar su ubicación geográfica.-

Se trata de rocas ultramáficas (i.c. > 90) cuya composición química oscila desde el campo básico al ultrabásico, y que afloran en las nacientes del arroyo Las Palmas, algo alejado de los poblados Las Cañas (con sustrato geológico diferente) y de Cerro Chato, de donde provenían sus anteriores nombres.

Se estudia aquí una perforación realizada en dicho intrusivo (P.1),- que tuvo un alcance de 54,75 m, desde el punto de vista petrográfico y petroquímico.

Desde el punto de vista petrográfico el cuerpo se encuentra constituido por harzburgitas, ortopiroxenitas olivínicas (broncititas forsteríticas) y ortopiroxenitas (broncititas). Estas petrografías aparecen a manera de intercalaciones, lo cual junto a su textura y forma nos llevan a pensar de que se trata de un cuerpo intrusivo diferenciado de rocas gabbroideas del tipo conocido mundialmente como cuerpos lopolíticos (a pesar de que no es necesario que actualmente tengan esa forma) estratificados.

Las rocas están compuestas fundamentalmente por olivino (forsterítico) en dos generaciones, ortopiroxeno (broncita), y accesoriamente clinopiroxeno y cromita. Feldespatos (fundamentalmente plagioclasa) aparecen sólo en los resultados normativos, no habiéndose observado en láminas delgadas. La mayor parte de estos minerales se encuentran alterados.

La alteración es hacia serpentina (principalmente crisotilo y ferrocrisotilo), así como formación de anfíbol, talco, calcita y en partes vermiculita-flogopita. No obstante esto parece existir una alteración superficial marcadamente distintiva a la que le sigue y que es la relatada anteriormente. En la alteración superficial se constata un cambio químico muy importante perdiendo las rocas sus características desde este punto de vista (aprox. hasta los 34 m). Los cambios que se suceden hacia abajo parecen ser globalmente en sistema cerrado.-



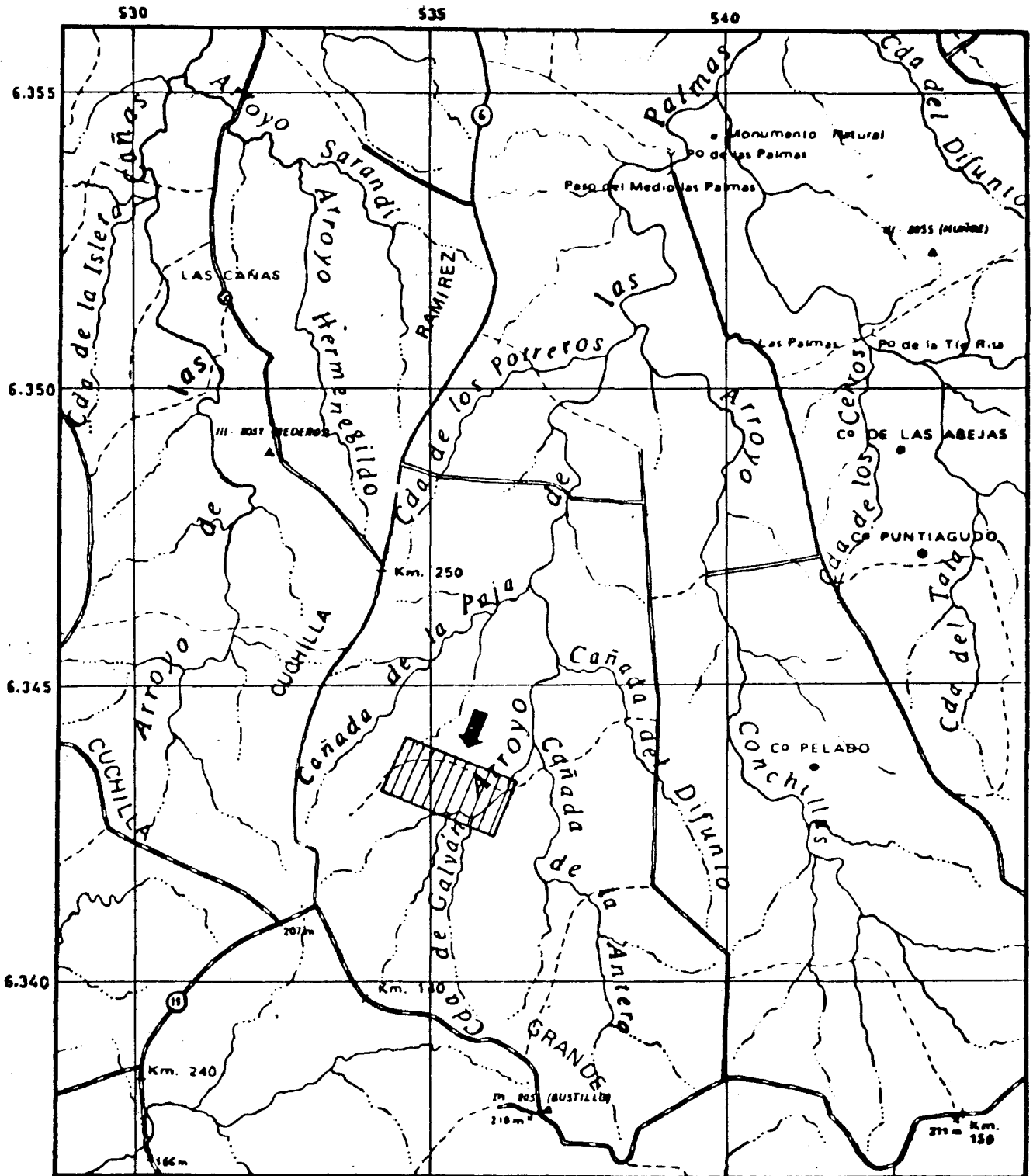
1 - Generalidades y antecedentes

Las rocas aquí estudiadas fueron descubiertas por Preciozzi et al. en la confección de la carta geológica del país a escala 1/500,000, -- quienes realizaron por primera vez una carta detallada de ellas posteriormente. De dicha cartografía se desprende que se trata de un cuerpo intrusivo posterior a la roca encajante precambriana, no habiéndose encontrado ningún otro elemento que permita ubicarla cronoestratigráficamente. Por el momento parece lo más prudente asociarla al Precámbrico. (ver fig. 1 y 2)

Sobre anomalías geofísicas se realiza una perforación, que alcanzó los 54,75 m. En la descripción de la perforación en estudio Arrighetti, Pena y Pías (1986) señalan que se trata de rocas peridotíticas -- fundamentalmente y Oyhançabal (1986) las describe más particularmente como serpentinitas, harzburgitas serpentinizadas y ortopiroxenitas, con presencia de rocas muy alteradas a vermiculita, en forma subordinada. Burgath (1986) define ultramafitas y harzburgitas con contenido variable de ortopiroxeno con deformación metamórfica, por lo cual las denomina como peridotitas metamórficas.-

En esta situación se retoma aquí el estudio de la perforación. El muestreo fue realizado por Oyhançabal-Arrighetti, y los análisis químicos fueron efectuados en los laboratorios de la B.G.R. de Alemania -- Federal.

FIGURA 1



ESCALA 1 : 100.000
 BASE CARTA GEOGRAFICA CERRO CHATO

UBICACION GEOLOGICA DEL INTRUSIVO ULTRAMAFICO

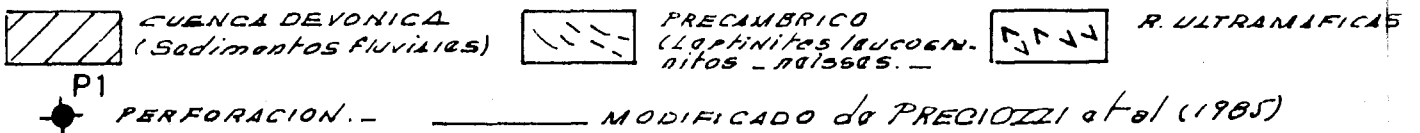
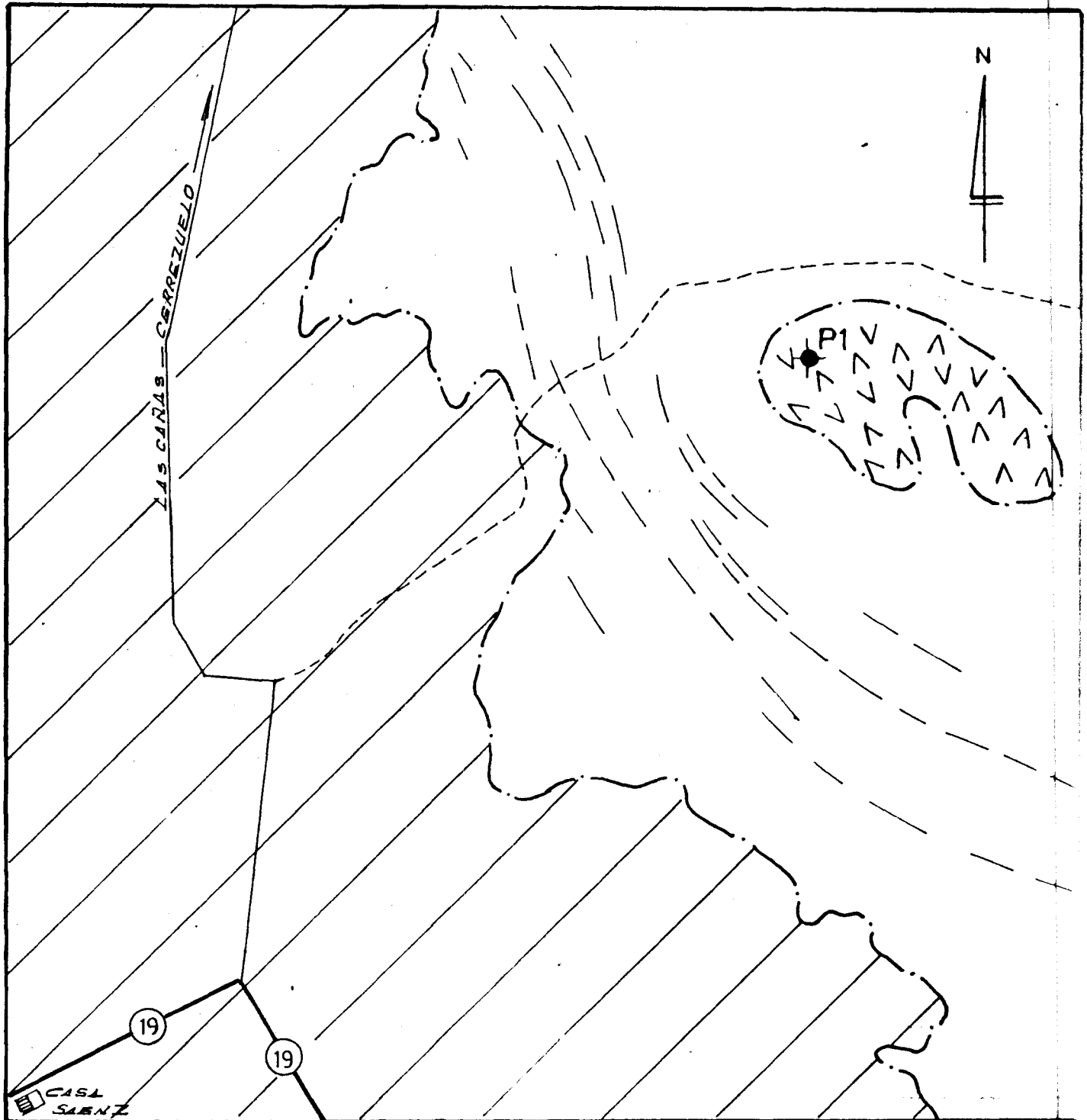
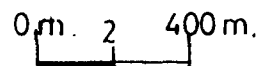


Fig. 2

ESCALA: 1:20.000



2 - Descripción de la perforación

Esta perforación fue descripta y muestreada por primera vez por Oyhantçabal-Arrighetti (1986), y posteriormente de realizado un muestreo para estudios petrográficos y petroquímicos, fue redescrita en este trabajo.

La misma se describe a continuación y su ubicación se puede ver en la fig. 1 (coordenadas X= 535, Y= 6.343):

- 0,00 - 0,80 m - Suelo limoso de color marrón y material desagregado en forma de arena (alteración de ultramafititas)
- 0,80 - 1,85 m - Roca de color violáceo, matriz afanítica, con venillas de cuarzo (segregaciones), oquedades rellenas con óxidos de hierro y manganeso (ultramafititas alteradas, serpentinizadas).
- 1,85 - 3,60 m - Material arcilloso, marrón, micácea, de color verde claro, y óxidos de manganeso.
- 3,60 - 11,00 m - Continúan las ultramafititas alteradas y en la base mayormente con oquedades, niveles de carbonatos y - venas de cuarzo, con aparición de niveles micáceos verdes, además de serpentina y asbesto.-
- 11,00 - 22,94 m - Idem anterior.
- 22,94 - 26,40 m - Roca muy alterada, muy micácea de color verde amarillento (transición).
- 26,40 - 27,00 m - Material sumamente alterado desgregado en forma de arena muy micácea.
- 27,00 - 29,58 m - Ultramafitita alterada, micácea (mica verde amarillo) con matriz fina, rojiza muy importante y cristales -- granudos (harzburguita?)

Este primer paquete se puede definir como rocas ultramáficas muy alteradas. En esta pensamos hay una sobreposición de diferentes mecanismos de evolución. Por un lado una alteración primaria, y por otro sobreimpuesta una alteración superficial, producto de su exposición, y por último mecanismos de alteración no muy claros hasta el momento, como puede ser la formación de micas tipo vermiculita y flogopita (?). Las -

Las características generales parecen indicar que provendrían de rocas de tipo peridotíticas y piroxeníticas.

29,58 - 32,45 m - Roca de color bordó, granuda, con recortes de --- cuarzo, a manera de venillas, con aparición de mica verde-amarillo. Se observan también serpentinitas -- provenientes quizás de harzburgitas, ya que aparecen relictos de olivino y piroxeno.-

32,45 - 36,50 m - Roca de color pardo, granuda, correspondiente a ortopiroxenitas y ortopiroxenitas olivínicas, por aumento de matriz, con algún nivel harzburgítico (32,95 m), el cual Burgath (1986) definió como compuesto por ortopiroxeno (broncita?), clinoanfíbol (pargasita?), -- vermiculita muniliforme y goethita. A los 34,00 m (ortopiroxenita olivínica) se pueden ver minerales micáceos (biot-flogopita? y vermiculita) entre los agregados alterados de ortopiroxeno (en parte a anfíbol y talco), en el lugar que ocupa normalmente el olivino II, por lo cual se piensa que se trata de alteraciones de este mineral fundamentalmente. Los niveles --- harzburgíticos parecen ser escasos y con alto contenido de ortopiroxeno, y quizás también las ortopiroxenitas puras, justificando la ubicación de la muestra 7 en la fig. 3 que corresponde a los análisis efectuados entre los 34,45 - 36,50 m.-

36,50 - 41,70 m - Se trata de un nivel de harzburgitas, en donde la matriz fina, oscura (rojiza en la cima, negra en la base) correspondiente a olivino serpentinizado es más importante que los minerales flotantes blancos, granudos de ortopiroxeno. En escasos lugares el ortopiroxeno toma mayor destaque. En la parte superior la serpentinitización es muy intensa (reticulada), y también la alteración apareciendo la matriz de un color rojizo (manchas de óxido de hierro), olivinos serpentinizados, -- con algunos núcleos reemplazados por carbonatos, así -- como venillas y ortopiroxenos serpentinizados uralíticos, con óxidos de hierro en clivajes y fracturas. No obstante eso, no parece haber alteración importante -- del quimismo original, ya que este nivel, se corresponde con la muestra 8, la cual tiene una ubicación según la norma mineralógica C.I.P.W. acordada a su descripción petrográfica (ver fig. 3).-

Hacia abajo los ortopiroxenos (de hasta 3-4 mm) aparecen bastante frescos, con baja birrefringencia, -- gran 2V (~90), (-), presumiblemente broncita, y los olivinos serpentinizados y recubiertos por óxidos de hierro, pero conservando núcleos. El olivino se presenta en una primera generación, que es incluidos en ortopiroxenos y en una segunda generación posterior, intercrecido entre ortopiroxenos. Esta segunda generación de olivino, densamente quebrada, presenta 2V alto, (forsterítico) y parecen desarrollarse de hasta varios mm. Los óxidos de hierro primario se dan en inclusiones tanto en ortopiroxenos como en olivino II.

En lámina delgada se observa variación en los porcentajes de ambos, indicando una estratificación mineralógica y la textura parece ser cumular. No obstante esto, la serpentización se ha encaminado por fracturas, clivajes y espacios intergranulares, dando a la roca una textura pseudoneisosa. Acompañando a esta se encuentran los óxidos de hierro secundarios. - Se observan además en este nivel vermiculita, clinopiroxenos libres y anfíbol secundario, así como también ortopiroxeno intergranular, de pequeño tamaño. - Las muestras 9 y 10 (39,10 - 40,15 m y 40,15-41,70m) pertenecen a este nivel.

41,70 - 45,80 m - Este nivel está compuesto fundamentalmente por ortopiroxenitas y ortopiroxenitas olivínicas, ambas granulares, rojizas en parte y blancas rojizas en otras y harzburguitas de importante matriz fina rojiza. En todo este nivel se observa la aparición de minerales micáceos y vermiculita en mayor medida, que ocurre -- tanto en los espacios intergranulares, como en capas a borde neto con las rocas mencionadas. El ortopi---roxeno ocurre lípidamente en mayor medida, pero a -- veces presenta óxidos de hierro a lo largo de los -- clivajes, y fuertemente alterado a anfíbol en otras. Las inclusiones de olivino dentro de ellos es bastante normal, y la generación granuda de ellos que es la predominante puede alcanzar hasta 1 cm de longitud, -- con 2V alto y generalmente ópticamente negativos ---- (broncita). El olivino se presenta serpentizado, y está en gran parte recubierto por óxidos de hierro o iddingsitizado, dando a la matriz un color rojizo. -- Dentro de las serpentinas parece existir una varia---ción de crisotilo, crisotilo amarillento (férico) y manchas de lizardita. Existe una fracturación ante---rior aparentemente a la alteración y un cizallamiento posterior, que recorta la mayor parte de los minera--les.-

Este nivel se dividió en dos tramos para su análisis petroquímico: 41,70 - 43,75 m que corresponde a la muestra Nro. 11.-

43,75 - 45,80 m correspondiente a la muestra Nro.12.-

La muestra Nro. 11 según la norma mineralógica C.I.P.W. realizada muestra una concordancia con lo expresado arriba, clasificándose el conjunto de rocas como perteneciente a las ortopiroxenitas olivínicas. La muestra Nro. 12 queda clasificada por la norma como una harzburgita, no sucede lo mismo en el test Mariawutz que las clasifica como ortopiroxenitas olivínicas. No obstante la aparición petrográfica de rocas muy vermiculitizadas o enteramente, deja en suspenso esta duda, en principio. Las capas de ésta tienen un alto ángulo.

45,80 - 47,30 m - Este nivel se presenta compuesto podríamos decir por -- ortopiroxenitas, ortopiroxenitas olivínicas, con variable contenido en olivino, pudiendo llegar a construir petrografías de tipo harzburgítico. Entonces para su estudio intentaremos separar los diferentes niveles en:

45,80 - 47,00 m - Ortopiroxenita olivínica harzburgítica a ortopiroxeno blanco granudo, de hasta 3 - 4 mm. de longitud, bastante límpido con estructura schiller, incluyendo gotas de olivino, de baja birrefringencia no pleocroico, gran 2V (-), presumiblemente broncita y un -- aparente crecimiento intergranular a olivino II y algo de ortopiroxeno. El olivino presenta un 2V alto, (+), presumiblemente forsterita, se encuentra quebrado y serpentizado (crisotilo en venillas) y está acompañada por -- óxidos de hierro y parecería recubierta en la alteración. La serpentización de los olivinos intergranulares es la causante de la textura pseudo neissosa de la roca, a bandas finas envolventes negras con cristales blancos de ortopiroxeno, finamente en vueltos en la matriz. A los 46,80 m hay sobreimpuesto un cizallamiento. La textura parece de tipo cumular.

47,00 - 47,20 m - Ortopiroxenita olivínica de color -- blanca, granular con disminución importante de matriz que al igual que -- en los casos anteriores es negra y fina.- Ortopiroxenos granudos muy alte-

rados a anfíbol y matriz a vermiculita y minerales micáceos, posiblemente flogopita.

47,20 - 47,30 m - Harzburguitas serpentinizadas, de color negro, grano fino a medio. Esta roca se encuentra muy serpentinizada pero conserva aún los relictos de olivino y ortopiroxeno fundamentalmente. El análisis químico puntual a los 47,26 m se clasifica según la norma mineralógica C.I.P.W. como harzburguita, en correspondencia con la observación petrográfica y con los niveles anteriores de este tipo petroográfico.

Mineralógicamente y en acuerdo con Burgath (1986) define la roca a los 47,26 m como constituida por olivino sustituido en gran parte por crisotilo y manchas de lizardita con intensa segregación de magnetita a lo largo de las manchas, ortopiroxeno (broncita-hipersteno?), quebrados, desplazados por agregados de mineral talcoso, y ocasionales inclusiones de olivino serpentinado, clinopiroxeno escaso intercrecido con ortopiroxeno, anfíbol (presumiblemente pargasita), goethita frecuentemente sobre fisuras y en islas de carbonato entre las mallas de serpentina. El autor mencionado agrega que se trataría de una harzburguita con deformación mantélica (?).

Si bien se trata de un nivel (este que va desde los 45,80 -47,26m) variable petrográficamente a modo de estratos con contenidos variables de olivino y ortopiroxeno fundamentalmente, se muestreó en su conjunto, dada las limitaciones prácticas, para tener una idea global, más allá de las referencias puntuales que se han realizado. Este nivel analizado químicamente y realizado su norma, se ubica en el triángulo de Streckeisen en el límite entre las ortopiroxenitas olivínicas y las rocas harzburguíticas, dando una idea de la composición promedio de esta zona. Según el Test Mariawutz se clasificarían mejor como ortopiroxenitas olivínicas, pero no hay que olvidarse de que se trata de rocas estratificadas.

47,30 - 49,40 m - Harzburgitas de importante matriz, fina, negra (serpentinización), y harzburgitas de textura ~~seudoneisosa~~ ^{seudoneisosa}, por matriz fina, negra envolviendo mayoritariamente, grandes cristales blancos de ortopiroxeno. En este nivel, el máximo contenido de olivino encontrado es de aproximadamente un 70%, completado por 22% de ortopiroxeno, 5% de clinopiroxeno y un 2% de óxidos de hierro, en la muestra que se desarrolla a los 47,94 m, en un análisis puntual. Estos niveles parecen ser escasos, en el tramo considerado, por lo cual el análisis global (muestra 14 desde los 47,35 - 49,40) no presentaría mucha variación.-

La muestra a los 47,94 m presenta la siguiente mineralogía: olivino desplazado por serpentina reticulada, con intensa segregación de magnetita a lo largo de las mallas, ortopiroxeno en parte aún conservado con grandes clastos quebrados, con inclusión de olivino I. Las inclusiones de olivino I y la generación de olivino II están en parte sustituidos por crisotilo rico en Fe, homogéneo, amarillo, verdoso. Aparece además clinocianita sobre los límites de ortopiroxenos rotos y como pseudo inclusiones en ortopiroxeno, y también como segregación laminar en ortopiroxenos cromoespinela, como granos aislados en el área de olivinos serpentinizados. Si bien a lo largo de este tramo, no hay diferencias sustanciales, se observan zonas con aumento de ortopiroxenos, con escasas inclusiones de óxidos de hierro en los clivajes que lo hace aparecer bastante límpido, con 2V alto, generalmente (-), por lo que entonces presumimos se trata de broncita, llegando a adquirir dimensiones de 3-4 mm, predominando entre 1-2 mm. La otra mineralogía aparece similarmente a la ya descrita, y lo que cabría acotar es la posible estructura cumular y sin orientación óptica. El olivino tiene un gran 2V (+), presumiblemente forsterita, alterado a serpentina, fundamentalmente crisotilo y crisotilo férrico.-

49,40 - 50,90 m - Este nivel está compuesto fundamentalmente por ortopiroxenita olivínica, rojiza, granuda, y ortopiroxenita también rojiza, y granuda, sin matriz. El color está dado fundamentalmente por la penetración de óxidos de hierro (goethita?) en los clivajes de los cristales y fracturas, y en la superficie, tomando el mineral un color rojizo también en observaciones macroscópicas.-

50,90 - 51,90 m - Se trata fundamentalmente de ortopiroxenitas y ortopiroxeno-olivínicas granudas fundamentalmente blancas, en parte rojas. La roca está compuesta fundamentalmente -- por ortopiroxeno prácticamente sin matriz, con gran 2V,

generalmente (-), de hasta 5 mm de longitud, tabulares, sin orientación óptica. Una muestra estudiada por Feininger (1987) a los 51 metros, es definida de la siguiente manera: Roca masiva, equigranular, de grano medio - con: 92% de ortopiroxeno, anhedral empolvado con estructura schiller, incoloro, no pleocroico, 2V cerca de 90, probablemente en (90).

7% olivino, anhedral en forma de gotas en ortopiroxeno y granos intersticiales, incoloro, fresco a ligeramente serpentizado a lo largo de fracturas y en los bordes, 2V - 90, Fo ~ 85.

1% biotita, anhedral a subhedral pálidos, X= incoloro Y= café amarillento pálido, probablemente fuertemente flogopítico.

Trazas de plagioclasa, anhedral frescos, maclada, cálcida.

Denominación: Ortopiroxenita, densidad media: 3,25 g/cm³

Fue representada esta composición en el triángulo de Streckeisen sólo para tener una idea visual de las variaciones petrográficas existentes en los estudios puntuales efectuados.

Este tramo corresponde además a la muestra señalada con el número 16 cuya norma C.I.P.W. la señala como ortopiroxenita olivínica, con bajo contenido en olivino.

51,90 - 54,75 m - Este tramo, que llega hasta el final de la perforación, quedaría mejor definido como una intercalación entre ortopiroxenitas y harzburgitas (de escaso espesor, centimétricos generalmente) y su término intermedio; las ortopiroxenitas olivínicas. A pesar de esto el límite de las harzburgitas, parece ser a borde neto. Una subdivisión más precisa podría ser la siguiente:

51,90 - 53,00 m - Se trata de ortopiroxenitas granudas, rojizas y ortopiroxenitas olivínicas y harzburgitas (es decir con elevado contenido en olivino) también rojizas, matriz y -- cristales rojizos.

Una descripción petrográfica a los 52,5 m indica que se trata de una roca que podría ser denominada ortopiroxenita olivínica casi harzburgítica o a la inversa con la siguiente mineralogía: ortopiroxenos en grandes cristales (de hasta 5 mm), con impregnación de óxidos de hierro en clivajes, fracturas y en la superficie, con gran 2V, ópticamente negativa, presumiblemente broncita, con inclusión de olivino (olivino I), y con textura schiller.

53,00 - 53,70 m - Se trata de harzburgita serpentizada, de matriz importante a fina, negra, con cristales blancos flotantes de ortopiroxeno, muy alterados, en parte serpentizados, con clivajes de borde con óxidos de hierro, y relictos de olivino. Estos en su mayor parte serpentizados (crisotilo incoloro fundamentalmente y manchas de lizardita). La roca toma una estructura masiva y pseudoneissosa.-

Desde los 51,90 - 53,45 m se tomó una muestra global, dadas las limitaciones prácticas, para estudio petroquímico (muestra 17) y su ubicación en el diagrama de Streckeisen, según norma C.I.P.W., puede verse en la figura 3, correspondiendo en promedio estas rocas a rocas de composición de las ortopiroxenitas olivínicas.

53,80 - 53,85 m - Serpentinita proveniente aparentemente de harzburgita con bajo contenido en piroxeno.

53,85 - 54,75 m - Se trata fundamentalmente de una alternancia entre ortopiroxenitas, ortopiroxenitas olivínicas (por aumento de la matriz de las primeras) y harzburgitas serpentizadas de escasos centímetros normalmente a borde neto. A los 54,00 m Feininger (1987) define un testigo como roca masiva, equigranular - de grano medio, con 96% de ortopiroxeno (prob. en 85-90), 4% de olivino (forsterita) con trazas de clinopiroxeno, y con una densidad media de 3,24 g/cm³.

A los 54,06 m Burgath (1986) define la roca como una harzburgita rica en ortopiroxeno, a olivino serpentizado a crisotilo, ortopiroxeno (presumiblemente broncita) en parte sustituido por talco y clinoanfíbol.

El tramo comprendido entre los 53,45 - 54,75 m fue muestreado y su análisis petroquímico diría que en esencia se trata de ortopiroxenitas olivínicas, indicando el predominio de ortopiroxeno con respecto a olivino en el conjunto de los estratos estudiados.-

**DESCRIPCION Y REPRESENTACION DE LA
PERFORACION N. 1
Complejo Ultramafico del
Arroyo de las Palmas**

DESCRIPCION

PETROGRAFIA

MUESTREO

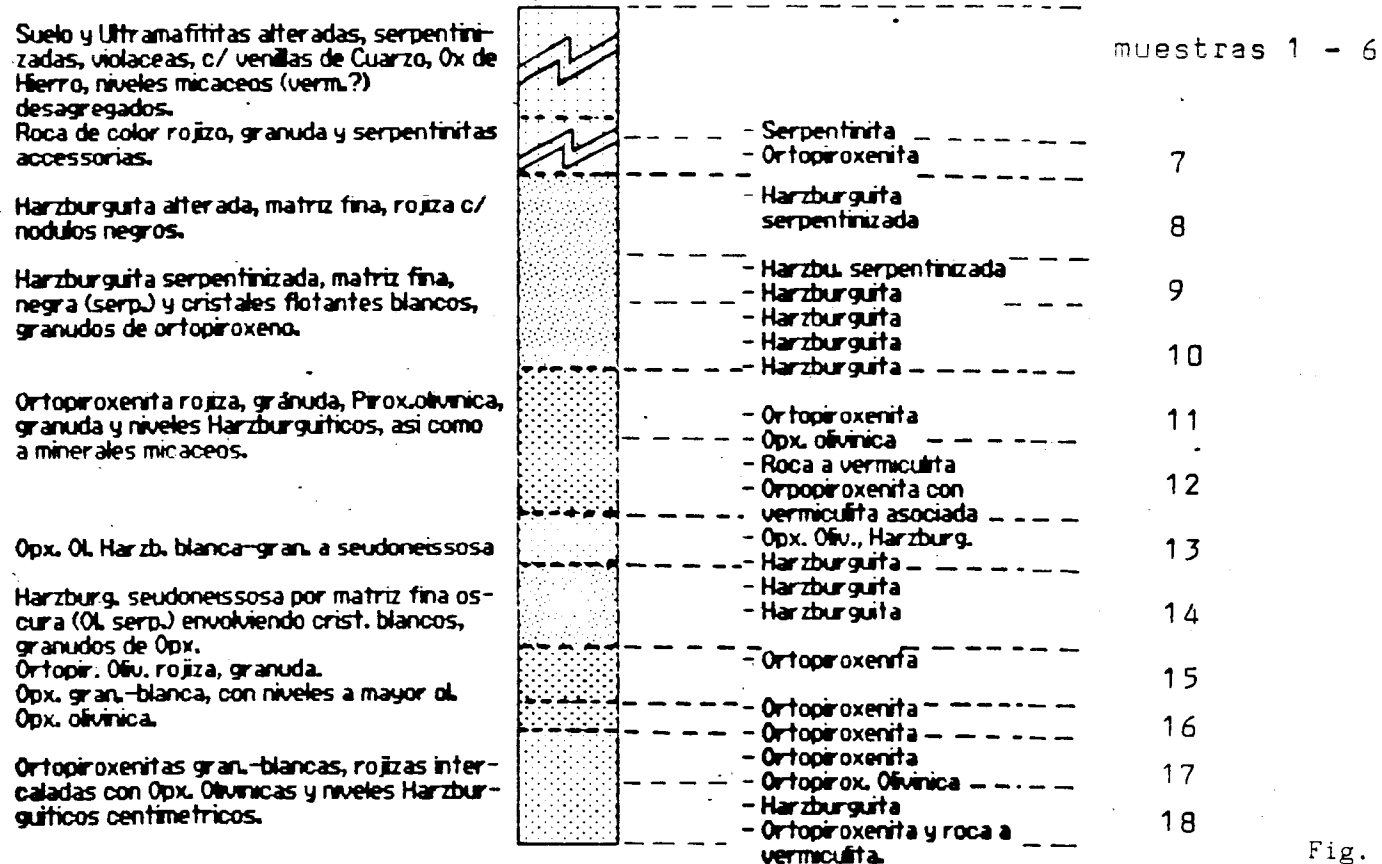


Fig. 3

3 - Petroquímica de la perforación

Como ya se ha dicho, esta perforación fue objeto de muestreo para análisis químico. El muestreo estuvo a cargo de Oyhantçabal y Arrighetti (1986) y los análisis químicos fueron efectuados por el método RFA, en los laboratorios de la BGR, de Alemania Federal. Los límites del muestreo se pueden ver en la Fig. , que corresponde a la reseña de la perforación estudiada. En la parte de petroquímica, los límites de cada muestra se hallan marcados.

Análisis químicos

Los resultados químicos de las muestras ubicadas en la Figura 2 se detallan a continuación:

Pr. Nr	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MgO	CaO	MnO	K2O	Na2O	SO3	LOI	Sumo
1	84.57	0.06	1.87	6.66	0.16	1.00	0.36	0.07	0.07	0.01	0.02	4.26	99.13
2	51.94	0.03	0.73	4.77	0.12	10.48	11.32	0.19	0.03	0.01	0.00	19.44	99.55
3	36.44	0.03	0.78	6.34	0.12	18.12	13.97	0.19	0.02	0.01	0.00	23.15	99.17
4	37.61	0.29	2.51	6.91	0.06	26.07	11.27	0.13	0.04	0.01	0.00	16.03	96.11
6a	41.54	0.05	0.97	7.09	0.07	30.45	11.13	0.00	0.02	0.00	0.00	16.00	99.11
6b	42.46	0.03	1.07	7.31	0.13	30.63	11.79	0.21	0.03	0.00	0.03	15.01	99.15
7	42.04	0.06	1.46	7.36	0.18	29.69	11.25	0.07	0.04	0.01	0.06	16.43	98.67
8	39.58	0.02	0.62	6.74	0.16	31.97	9.16	0.05	0.02	0.00	0.04	14.91	96.99
9	39.65	0.03	0.71	9.43	0.15	31.69	9.37	0.00	0.02	0.01	0.02	14.54	96.32
10	42.75	0.02	0.66	9.36	0.14	34.89	9.63	0.15	0.02	0.00	0.00	13.28	98.91
11	45.67	0.05	1.32	7.07	0.11	30.70	9.96	0.13	0.07	0.00	0.04	12.06	99.06
12	42.05	0.04	0.99	6.37	0.13	32.40	9.31	0.00	0.04	0.00	0.04	13.90	98.93
13	43.51	0.04	1.17	6.75	0.15	31.99	11.05	0.12	0.05	0.01	0.04	11.68	98.76
14	42.86	0.03	0.66	9.20	0.13	36.04	9.30	0.13	0.02	0.00	0.05	9.10	98.67
16	51.01	0.07	1.76	7.58	0.14	31.84	11.45	0.23	0.07	0.01	0.02	4.55	99.72
17	43.11	0.04	0.97	6.24	0.20	31.97	11.23	0.00	0.09	0.00	0.00	13.15	99.00
18	47.10	0.05	1.04	7.82	0.16	33.11	11.07	0.26	0.05	0.00	0.00	8.06	98.73
15	44.28	0.05	1.90	7.85	0.14	29.06	11.23	0.19	0.11	0.01	0.00	13.85	98.68

Pr. Nr	(As)	Bi	Cu	Mb	Nb	Ni	Pb	Pd	Sn	Sr	Ta	Th	U	W	Z	Zn	Zr
1	50	9	26	<3	<3	1188	6	5	<20	14	<5	<5	7	20	3	37	35
2	28	<6	21	<3	<3	915	<5	<3	<20	122	<5	<5	4	<5	6	22	<5
3	17	<6	7	<3	<3	1745	<5	<3	<20	105	<5	<5	<3	<5	4	47	<5
4	<5	<6	46	7	<3	1081	10	<3	<20	57	<5	<5	<3	26	3	83	<5
6a	28	<6	9	<3	3	2968	<5	<3	<20	24	<5	<5	4	<5	7	59	<5
6b	<5	<6	15	<3	3	2313	<5	<3	<20	29	<5	<5	5	<5	4	45	<5
7	<5	<6	16	<3	<3	1821	<5	<3	<20	30	<5	<5	<3	<5	4	60	<5
8	6	<6	10	<3	<3	2963	<5	4	<20	13	16	<5	<3	6	<3	62	<5
9	<5	<6	7	<3	<3	2735	<5	<3	<20	15	<5	<5	<3	<5	3	66	<5
10	<5	<6	19	<3	<3	2563	<5	<3	<20	23	<5	<5	5	<5	4	54	<5
11	<5	<6	11	<3	<3	1655	8	5	<20	30	8	<5	<3	<5	5	46	<5
12	9	<6	10	<3	<3	2122	9	<3	<20	25	<5	<5	<3	<5	<3	50	<5
13	<5	<6	5	<3	<3	2208	<5	<3	<20	33	<5	<5	<3	<5	6	57	<5
14	<5	<6	9	<3	<3	2459	<5	<3	<20	30	8	<5	<3	<5	8	51	<5
16	<5	<6	13	<3	<3	1715	<5	<3	<20	21	7	<5	<3	<5	9	44	<5
17	<5	<6	23	<3	<3	2800	13	6	<20	42	7	<5	<3	<5	7	49	<5
18	<5	<6	21	<3	<3	2250	10	<3	<20	27	8	<5	<3	<5	10	52	<5
15	<5	<6	28	<3	<3	2016	<5	4	<20	52	6	<5	<3	<5	5	60	7

Pr. Nr	Ba	Ce	Co	Cr	La	Sc	V
1	136	<20	90	747	55	<2	124
2	24	<20	68	479	<20	5	119
3	21	<20	90	1412	34	6	87
4	67	<20	79	2037	<20	11	42
6a	<15	<20	122	1766	<20	5	237
6b	<15	<20	116	2771	<20	6	47
7	<15	<20	102	1898	<20	12	48
8	<15	<20	133	2037	<20	11	27
9	<15	<20	156	2212	34	10	25
10	<15	<20	136	2295	<20	5	37
11	<15	<20	102	2784	22	10	47
12	<15	<20	123	2724	<20	10	49
13	<15	<20	110	3275	<20	12	53
14	<15	<20	155	2294	31	9	60
16	<15	<20	97	3542	39	14	22
17	<15	<20	121	2251	<20	7	36
18	<15	<20	105	2694	53	10	47
15	<15	<20	126	3506	<20	15	51

Nota: De aquí en adelante la prueba 6a es denominada 5 y la 6b es denominada 6.-

Los resultados químicos de estas rocas en lo que a los elementos mayores se refiere, presentan un enriquecimiento en las pérdidas por calcinación, fundamentalmente agua y anhídrido carbónico, debido a la serpentización y carbonatación. Este enriquecimiento es más acusado en superficie (15% - 23% en las primeras 6 pruebas) en donde petrográficamente se ha podido observar una serpentización y carbonatación mayor. En la muestra 1 se observa un incremento importante y que disminuye hacia abajo de CaO, -- hasta hacerse normal a profundidades mayores. Estas diferencias anotadas -- lleva a un cambio de la gran parte de los demás elementos en las muestras 1 - 6 con respecto a las muestras 7 - 18. El estudio petrográfico determinó que se trata de una variación del mismo tipo litológico en la mayor parte (Muestra 1), por lo cual se asume que sería una consecuencia de la alteración y removilización superficial, fenómeno totalmente posterior y que se debe de diferenciar del quimismo original de este paquete de rocas ultramáficas. Es por esta razón que el análisis petroquímico que en este trabajo se realiza abarca a las pruebas 7 - 18, exceptuándose los primeros 35 m aproximadamente.

Tomando entonces los elementos mayores para estas 12 pruebas (7 - 18) se dejarían de lado los fenómenos superficiales más importantes así como -- la ocurrencia de contaminaciones de importancia que se reflejarían por la presencia de otras mineralogías mencionadas. En resumen, para estas 12 --- pruebas, que van aproximadamente de los 35 - 55 metros las medianas de los elementos mayores en base húmeda es la siguiente:

43% SiO₂, 1% Al₂O₃, 0,04% TiO₂, 7,8% Fe₂O₃, 0,14% MnO, 31% MgO, 1,15% CaO, 0,13% Na₂O,
0,04% K₂O, 14% P.C.-

La distribución de estos elementos en clases es de tendencia polimodal.

Dentro de los elementos menores como es característico, estas rocas presentan los niveles medios de Cr (m=0,23%), Ni (m=0,21%) y Co (m=117ppm), niveles medianos que las caracterizan y sin muchas variaciones, excepto para las muestras de superficie.

Los demás elementos menores tienen valores muy bajos y muchos de ellos casi generalmente por debajo del límite de detección del equipo, como por ejemplo la mayoría de As, Bi, Mo, Nb, Pb, Rb, Sn, Ta, Th, U, W, Zr, Ba, Ce y La.

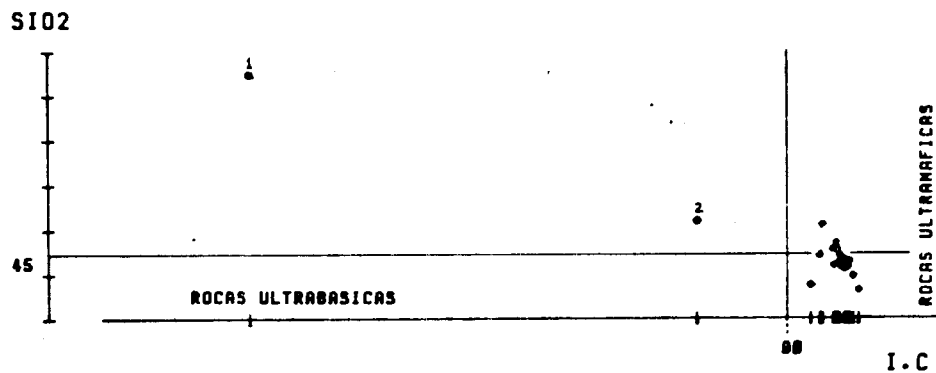
La situación estadística de los elementos en su totalidad se puede ver a continuación:

SAMPLE	VAR	MINIMO	MAXIMO	MEAN	STD	DE	MEDIAN
1	SiO2	38.44	24.57	45.45	10.541	42.93	
2	TiO2	.07	.07	.055	.02031	.14	
7	Al2O3	.82	2.51	1.174	.53182	1.005	
4	Fe2O3	4.77	9.43	7.791	1.1817	7.935	
5	MnO	.07	.2	.1372	.03158	.14	
6	MgO	1.09	38.04	20.12	9.1881	31.015	
7	CaO	.36	13.97	2.765	4.0071	1.15	
8	Na2O	0	.22	.1221	.03371	.12	
9	K2O	.02	.11	.045	.02706	.04	
10	P2O5	0	.01	50.00	5.5411	50.00	
11	CO2	0	.06	.02	.02088	.01	
12	LOI	4.22	23.15	13.22	4.0423	12.015	
13	AS	0	50	22	18.124	11.5	
14	BI	0	7	0	0	7	
15	CU	0	40	18.44	10.108	18	
16	MO	7	7	7	0	7	
17	NE	3	3	3	0	3	
18	NI	915	2052	2001.7	325.59	2110	
19	CO	0	12	9.333	2.3380	9.5	
20	RB	4	0	4.0	.03682	5	
21	SN	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	
22	CR	12	127	20.47	20.345	20.5	
23	TA	0	10	3.571	3.3574	8	
24	TH	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	
25	U	4	7	5	1.2247	5	
26	W	0	20	12	11.136	20	
27	Y	3	15	6.15	2.2380	7	
28	ZN	20	83	52.55	12.719	51.5	
29	ZR	7	59	33.00	16.025	16	
30	BA	21	100	57	50.011	48.5	
31	CE	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	-1E+38	
32	LA	50	153	112	23.757	117	
33	CF	479	2078	2346.1	908.02	2203.5	
34	LA	21	55	32.21	11.517	31	
35	CO	0	15	9.082	2.5952	10	
36	U	21	174	57.93	40.265	47.5	

4 - Clasificación normativa

El complejo de rocas bajo estudio, compuesto por harzburgitas y ortopiroxenitas, indicaría que se trata de rocas ultramáficas, entendiendo a estas, como aquellas rocas cuyo índice de color fuese mayor a 90, como se puede ver en su composición normativa. Se trata entonces de rocas ultramáficas con contenido variable de sílice.

Figura Nro. 4



Las rocas ultramáficas de tipo ortopiroxenitas y ortopiroxenitas olivínicas serían fundamentalmente básicas, con contenido mayor de sílice de 45%, y las ultramáficas definidas como harzburgíticas estarían muy cerca del campo ultrabásico o dentro de él, considerando los resultados en base seca. Teóricamente estas rocas deben de caer dentro del campo ultrabásico y su divergencia se puede deber a dos factores: 1) que las rocas originalmente contienen algo de pérdidas por calcinación; 2) que las harzburgitas en cuestión son fuertemente ortopiroxeníticas.

La composición química de estas rocas, en base seca es un requisito importante para un estudio comparativo, y se transcribe a continuación:

//

SAMPLE	SiO2	TiO2	AL2O3	FeO	MNO	MGO	CAO	NA2O	K2O	P2O5	CR	NI	Y-COMM
1	89.27	.063	1.97	6.32	.16	1.14	.38	.07	.07	.01	0.074	0.118	4
2	84.89	.037	.91	5.36	.14	13.09	14.76	.23	.03	.01	0.047	0.091	9.5
3	48.09	.039	1.02	7.52	.15	23.91	18.43	.25	.02	.01	0.141	0.174	18.75
4	46.70	.360	3.11	7.72	.09	32.37	8.903	.16	.04	.01	0.208	0.108	26.9
5	50.15	.060	1.17	7.70	.08	36.76	1.53		.02		0.176	0.296	28.4
6	50.68	.035	1.21	8.38	.15	36.56	2.15	.25	.03		0.227	0.231	31.92
7	51.32	.073	1.78	8.10	.21	36.24	1.52	.08	.04	.01	0.389	0.182	35.5
8	47.33	.023	.741	9.40	.19	40.62	1.05	.05	.02		0.203	0.296	27.8
9	47.34	.035	.84	10.1	.17	40.22	.68	0	.02	.01	0.221	0.273	39.6
10	48.51	.022	.74	9.55	.16	39.59	.71	.17	.02		0.229	0.2563	40.4
11	52.71	.057	1.52	8.17	.12	35.43	1.13	.20	.08		0.278	0.165	42.7
12	49.74	.047	1.17	8.90	.15	38.32	.95	.09	.04		0.272	0.212	44.7
13	50.33	.046	1.35	9.10	.17	37.01	1.21	.13	.05	.01	0.327	0.220	46.6
14	47.99	.033	.739	9.35	.14	40.36	.64	.14	.02		0.229	0.245	48.4
15	52.43	.059	2.24	8.36	.16	34.40	1.45	.22	.13	.01	0.35	0.201	50.1
16	54.33	.074	1.87	7.26	.14	33.91	1.54	.24	.07	.01	0.354	0.171	51
17	50.45	.046	1.13	8.67	.23	37.41	1.43	0	.10		0.225	0.28	52.6
18	52.13	.055	1.15	7.78	.17	36.64	1.18	.30	.05		0.269	0.225	54.1

El análisis de la composición normativa fue calculada de tres formas diferentes: 1) En base seca según norma CIPW; 2) En base húmeda también - por norma CIPW; 3) Según test Mariawuz norma de rocas plutónicas, en base seca.

Se comentarán aquí, por un lado los extremos hallados en estos diferentes sistemas de clasificación y haremos algún comentario acerca de los datos que aporten los demás.

Por un lado entonces veremos la clasificación realizada, según la -- norma mineralógica C.I.P.W. y por otro el Test Mariawuz.-

Según la composición normativa C.I.P.W. se obtuvieron los siguientes resultados:

SAMPLE	AP	FE-OX	CPX	OPX	OL	FROIDS	QZ	PROF.(m)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0

Se trata fundamentalmente de rocas con contenido variable de olivino y ortopiroxeno, acompañados accesoriamente por clinopiroxeno, óxidos de hierro, carbonatos, cromita y feldespatos normativos. La diferencia entre este total y el total analítico seco es despreciable. El término profundidad aquí considerado se refiere a la medida del paso muestreado, representado en la figura.-

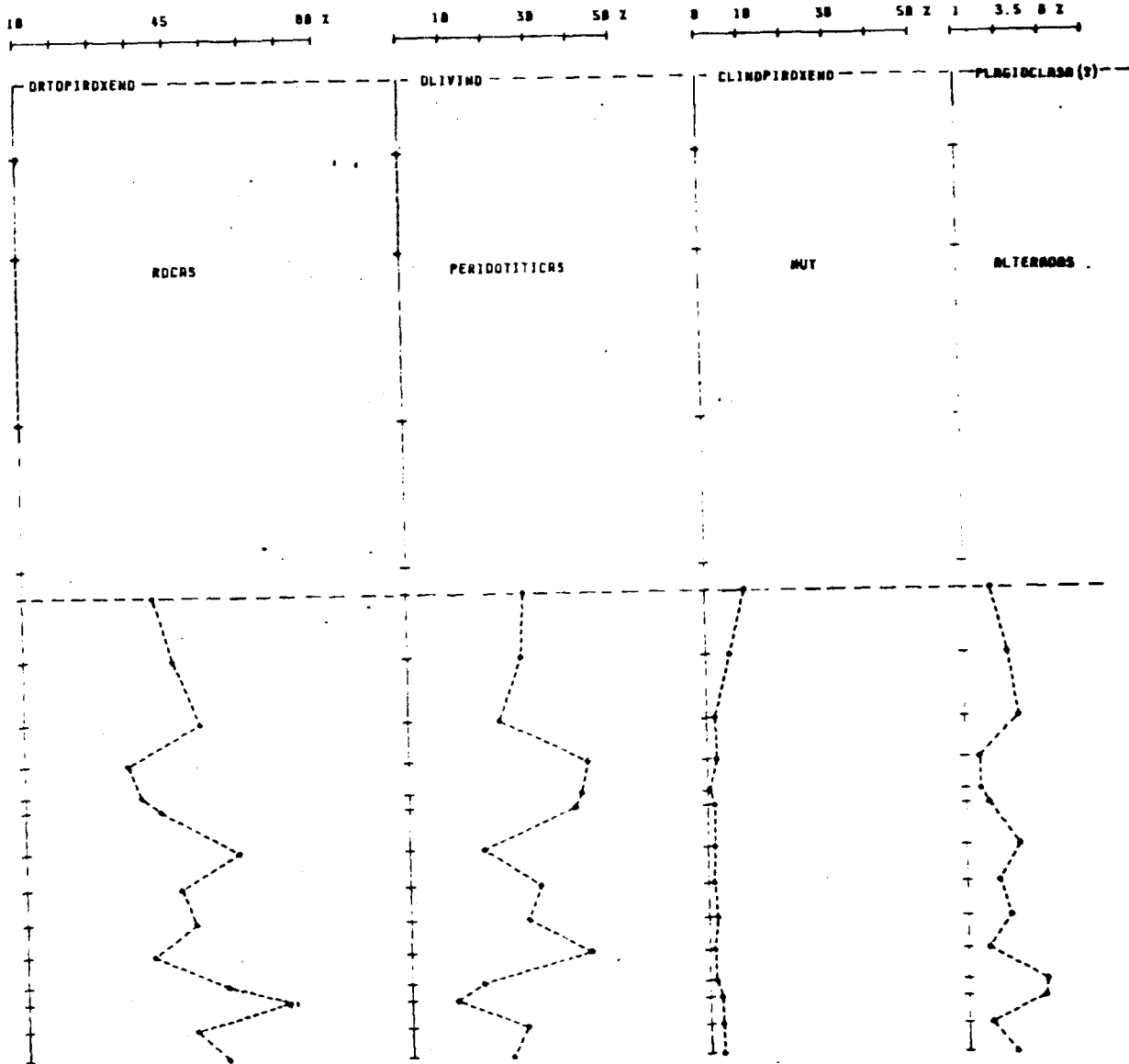


Fig. 5

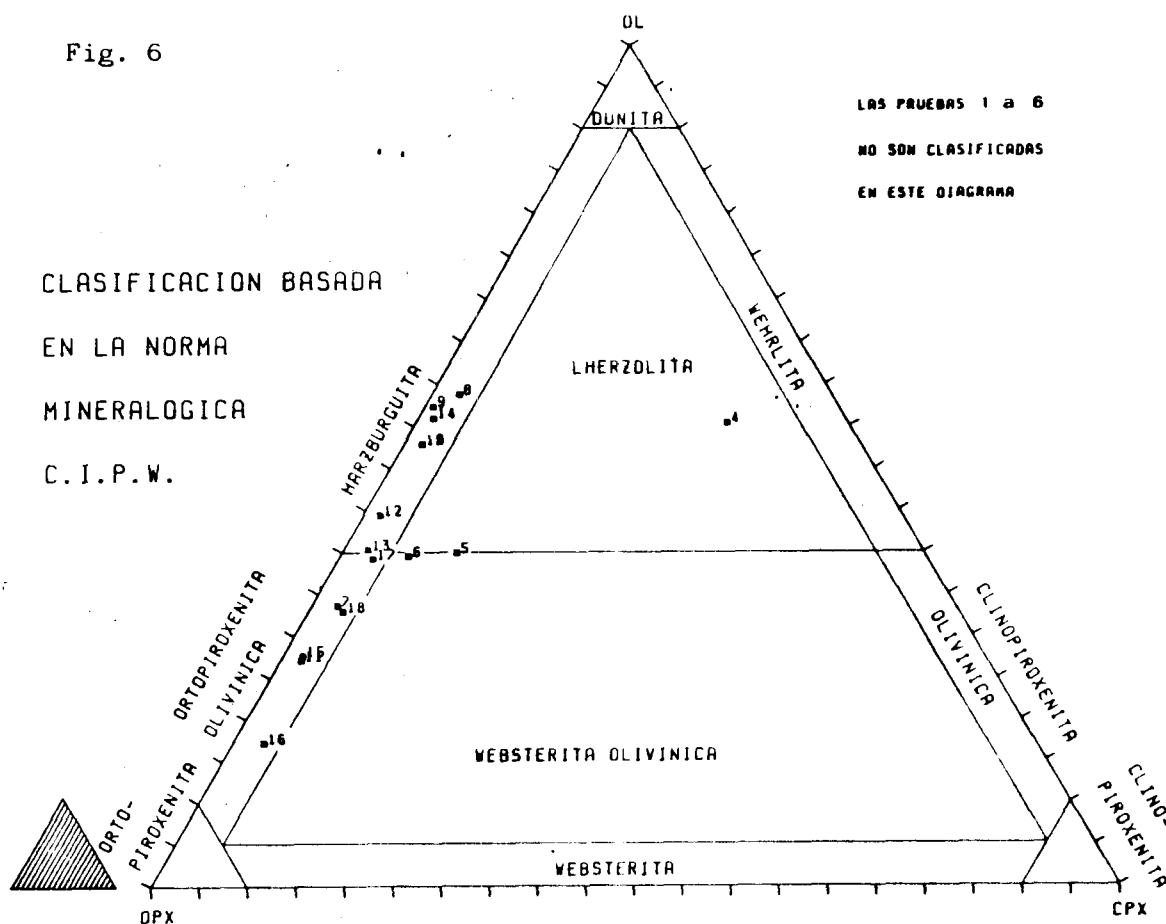
Ortopiroxeno: $\cong 34 - 72\%$

Olivino: $\cong 10 - 43\%$

Clinopiroxeno: $\cong 1 - 3\%$

Plagioclasa(?): Hasta ahora no ha sido descrita en láminas delgadas, lo cual pensamos que es importante y sobre todo por su relación con la sílice. Pensamos que no es aconsejable en principio considerarla por esa razón. Por otro lado el porcentaje de anortita calculado es muy bajo para este tipo de rocas.

La clasificación obtenida según la norma mineralógica C.I.P.W. y sobre la base del diagrama de Streckeisen (1973) es la siguiente:

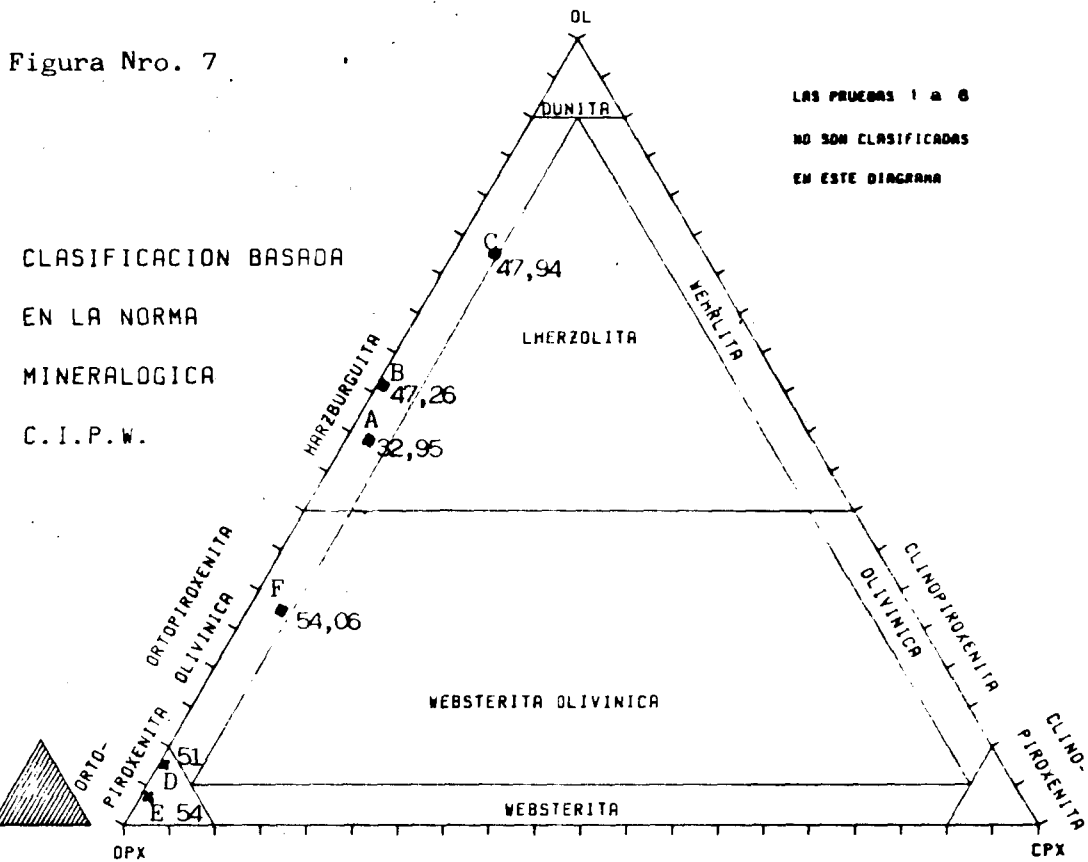


En este diagrama se puede observar que las rocas estudiadas presentarían una alteración superficial (Muestra 1-6 fundamentalmente) en donde el cambio químico ocurrido las sitúa en otros campos (son muestras no clasificadas por este método), y que las restantes sería harzburguitas y ortopiroxenas olivínicas. Hay que recordar que estos análisis no son puntuales, sino que corresponden a tramos (ver descripción de perforación) y hablarían por la roca predominante del mismo.-

Análisis puntuales indican que las rocas presentes variarían desde ortopiroxenas a ortopiroxenas olivínicas y harzburguitas. De estos se extrae que los contenidos de piroxenos variarían desde 96 - 30% y el de olivino lo

// haría entre 4,0 y 70,0%. Se descartaría de esta manera la presencia de dunitas y otras en este tramo de la perforación.

Según análisis efectuados por Burgath (1986), muestras A - B - C y F, su norma indicaría la posición en la figura siguiente, en donde se agregaron la ubicación posible de análisis modales de Feininger (1987) de las muestras E y D.



No obstante esta salvedad, las consideraciones que realizaremos de aquí en adelante estarán basadas principalmente por la cantidad en los análisis detallados primeramente.

Con respecto a estas rocas entre sí se puede decir:

- 1) Las muestras 8 - 9 - 10 y 14 serían harzburgitas ricas en ortopiroxeno;
- 2) Las muestras 7 - 11 - 15 - 16 - 17 y 18 serían ortopiroxenitas olivínicas;
- 3) Las muestras 12 - 13 y 17 se situarían en el límite entre ambas poblaciones.

Por otro lado, el Test Mariawuz, muestra la misma composición mineralógica y las diferencias porcentuales son pequeñas, resumiendo la clasificación también en el triángulo de Streckeisen de la siguiente manera:

Muestra	Ind. de Color	Campo en Triángulo de Streckeisen		
7	CI 95	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
8	CI 98	FELD	16: Harzburgita	
9	CI 98	FELD	16: Harzburgita	
10	CI 97	FELD	16: Harzburgita	
11	CI 95	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
12	CI 97	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
13	CI 96	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
14	CI 98	FELD	16: Harzburgita	
16	CI 94	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
17	CI 97	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
18	CI 96	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	
15	CI 93	FELD	16: Olivino-ortopiroxenita	

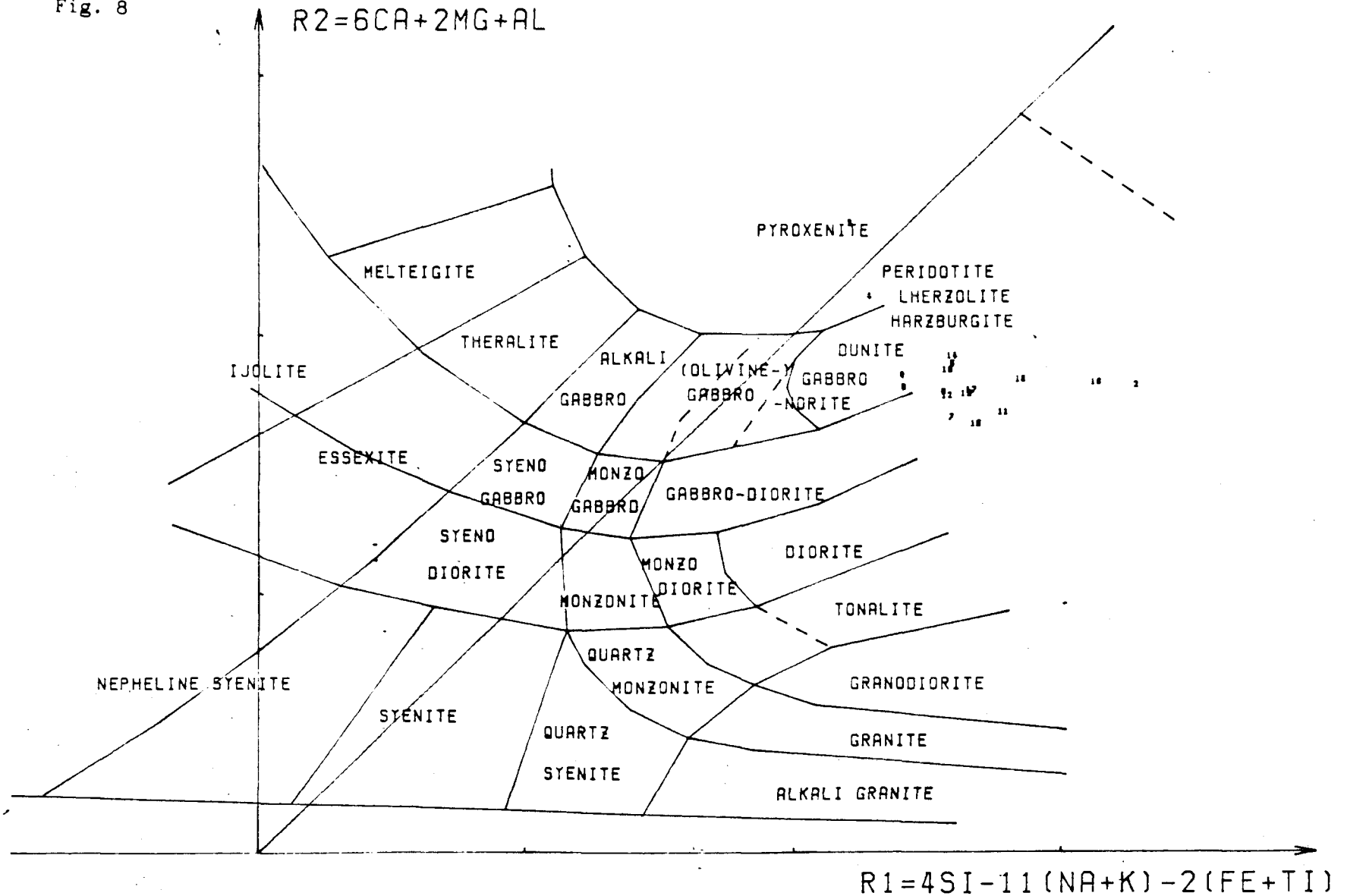
De esta manera se puede ver que la separación de las muestras 8 - 9 - 10 y 14 es muy clara y coincidente con lo observado por medio de los resultados C.I.P.W.. Las restantes muestras quedarían clasificadas como ortopiroxenitas olivínicas. Por el mayor ajuste que tiene este sistema - con el petrográfico nos basaremos en esta definición. En ambos se muestra que el olivino sería fuertemente forsterítico o forsterita, y que el ortopiroxeno sería fuertemente enstatítico, al igual que lo señala el diagrama de R_1 - R_2 de De La Roche et al. (1980). Los porcentajes de cromita calculados según el Test Mariawuz oscilan entre 0,1 - 0,7%.-

No obstante eso, se han separado los datos químicos de los elementos mayores (en base seca) en tres poblaciones para ver su variabilidad: Población 1) constituida por la muestra 8 - 9 - 10 y 14; Población 2) -- constituida por las muestras 7 - 11 - 15 - 16 y 18; y la Población 3) -- por las restantes 12 - 13 y 17. Es decir que la Población 1) correspondería a las harzburgitas y la 2) a las ortopiroxenitas olivínicas, correspondiendo la 3) a las pruebas que se encuentran en el límite y que tam--

//

PLUTONIC ROCK CLASSIFICATION

Fig. 8



bién denominaremos ortopiroxenitas olivínicas.

POBLACION 1) HARZBURGUITAS

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD DE	MEDIAN
1	CI11	47.507	48.755	48.075	.57718	47.908
2	TI11	.0233	.0337	.0274	0.0171	.0237
3	AL103	.74221	.85138	.77712	.05171	.74293
4	FE103	0	0	0	0	0
5	FE1	9.0777	11.151	9.8907	.35096	9.5284
6	MNI	.14331	.17217	.15751	.02181	.14921
7	ME1	27.791	40.817	34.711	.43772	31.444
8	CA2	.85272	1.0571	.77111	.10111	.77111
9	MA22	0	.17107	.09436	.07887	.1032
10	ME2	.0225	.0243	.0237	0.0004	.0239
11	CI12	0	.01139	0.0003	0.0003	0
12	CI17	0	.05117	.03132	.02339	.03117
13	LC1	0	0	0	0	0

POBLACION 2) ORTOPIROXENITAS OLIVINICAS

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD DE	MEDIAN
1	CI12	50.703	54.101	52.492	1.3243	51.543
2	TI11	.04734	.07473	.06147	.01093	.05175
3	AL103	1.1402	2.121	1.6275	.43855	1.5013
4	FE103	0	0	0	0	0
5	FE1	7.3007	8.7102	8.1027	.49125	8.1213
6	MNI	.1172	.13322	.12523	.01431	.11717
7	ME1	24.081	27.111	25.656	1.3031	24.711
8	CA2	1.1033	1.2501	1.1767	.17101	1.1767
9	MA21	0	.11142	.05974	.11472	.11745
10	ME2	.04707	.13	.08101	.03097	.0711
11	CI17	0	.01122	0.0003	0.0003	0.0003
12	CI17	0	.0771	.04731	.04731	.04731
13	LC1	0	0	0	0	0

POBLACION 3) ORTOPIROXENITAS OLIVINICAS

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD DE	MEDIAN
1	SiO2	49.993	50.703	50.429	.38171	50.591
2	TiO2	.0485	.04755	.04703	5.E-04	.04704
3	Al2O3	1.1408	1.3804	1.2280	.11773	1.177
4	Fe2O3	0	0	0	0	0
5	FeO	8.7202	9.1545	8.9428	.21738	8.9539
6	MnO	.15455	.23522	.18202	.04203	.17441
7	MgO	37.198	38.52	37.772	.67842	37.601
8	CaO	.983	1.4438	1.2101	.24197	1.2208
9	Na2O	0	.13751	.07821	.07127	.09511
10	K2O	.04755	.10535	.07051	.03105	.05213
11	P2O5	0	.01162	3.E-03	6.E-03	0
12	(SO3)	0	.04755	.03135	.02715	.0485
13	LOI	0	0	0	0	0

Para tener parámetros comparativos se trabaja siempre en base seca, y de esta manera podemos decir que las harzburgitas se caracterizarían por aceptar hasta un 49% de SiO₂ como máximo aproximado, conjuntamente con 39% de MgO como mínimo, una mediana de aproximadamente 9,5% de Fe total, CaO inferiores al 1% a grosso modo, bajos contenidos en TiO₂ y Al₂O₃, y álcalis muy bajo. En cambio las ortopiroxenitas olivínicas de este complejo estarían representadas por contenidos mayores al 49-50% de SiO₂, contenidos más bajos de MgO y también de Fe total, así como un aumento del contenido de CaO, generalmente mayor al 1%, Al₂O₃ mayor a 1% y TiO₂ mayor a 0,4%, en líneas generales.-

5.- Estado de las relaciones entre los elementos más importantes

A continuación se establecen una serie de relaciones entre los elementos mayores del complejo Cerro Chato, en diversos diagramas con poblaciones definidas de rocas ultramáficas de otras regiones de diversos autores. El objetivo fundamental del establecimiento de estas relaciones, es observar el comportamiento de los elementos mayores del complejo de Cerro Chato, y no catalogar el afloramiento. Es decir que pretendemos observar en la medida de lo posible la fidelidad que nos puede ofrecer la composición química para los estudios normativos que hemos realizado y poder así descartar las removilizaciones importantes y los problemas de alteraciones trascendentes.-

5a.- Relación $\text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3$

El diagrama que se muestra a continuación, permite diferenciar en base a la relación entre estos dos óxidos, un campo dunítico, uno harzburgítico y otro de lherzolitas. Graficado en esas coordenadas, el complejo de Cerro Chato muestra una población compuesta por las pruebas 8 - 9 - 10 y 14 superpuestas en el campo de las harzburguitas y las restantes que caen en el campo de las lherzolitas deben de considerarse como no clasificadas ya que son ortopiroxenitas. Por un lado vemos la perfecta correspondencia que existe con los resultados anteriores y por otro lado que el campo de las lherzolitas corresponde en nuestro caso a ortopiroxenitas y que las pruebas 1 - 6 se apartan mucho, lo que se interpreta como alteración de superficie.-

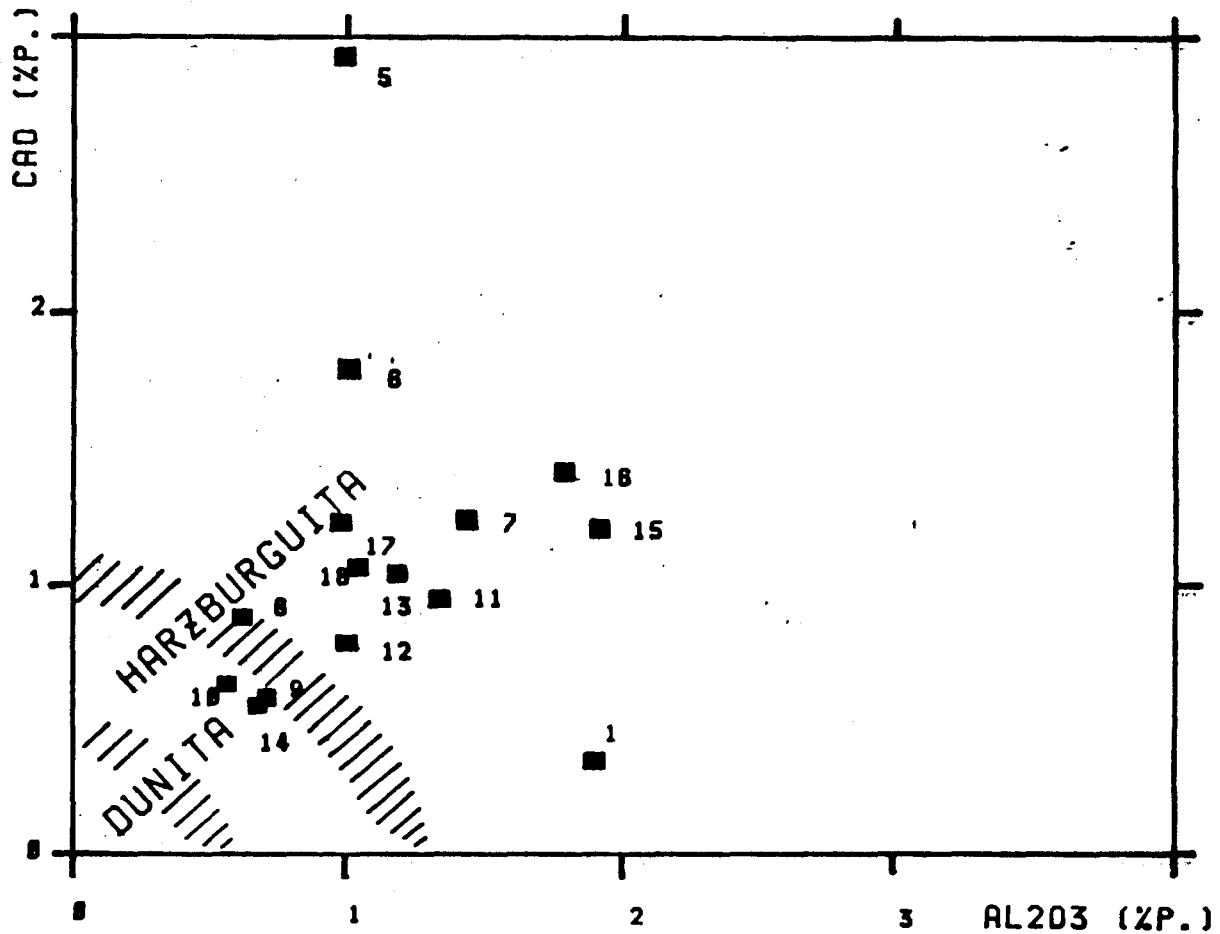


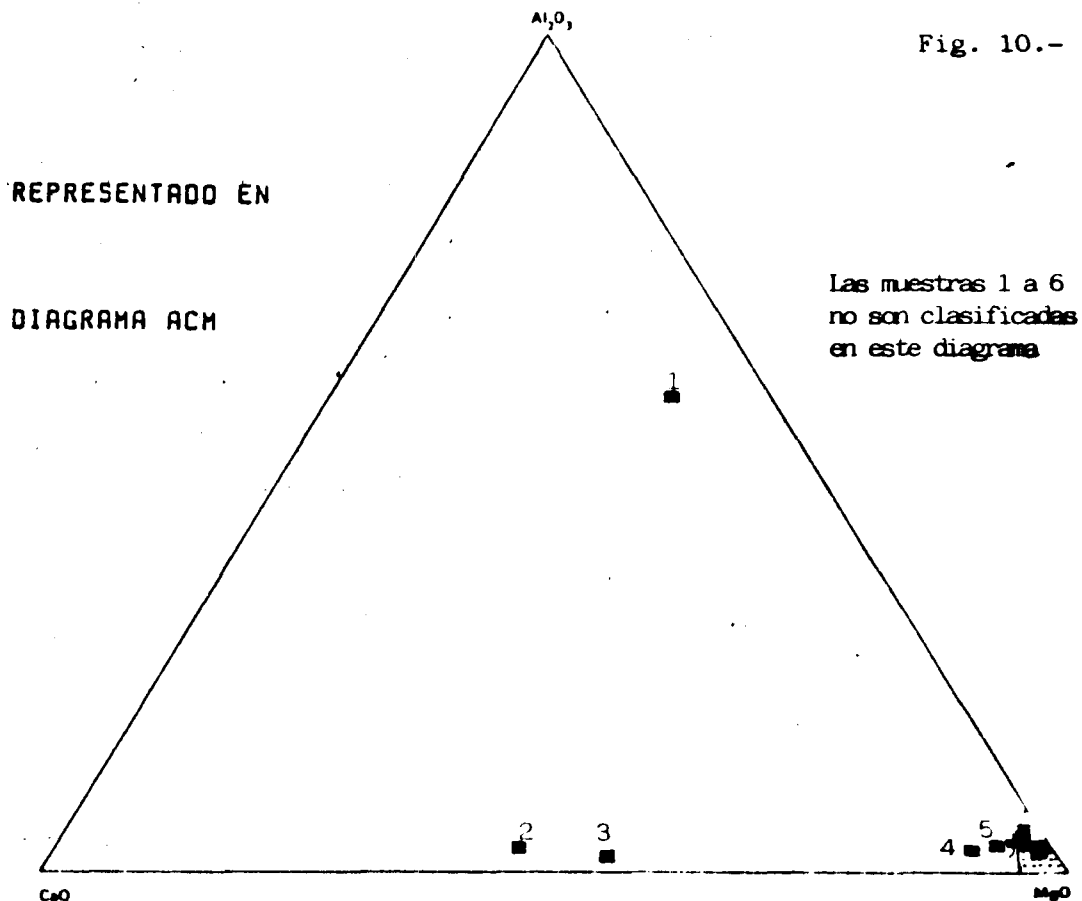
Fig. 9.-

La alteración se expresa en estos elementos en una ganancia superficial de Al₂O₃ en la muestra 1 y de CaO en las muestras 2 - 6.-

5b.- Relación CaO : Al₂O₃ : MgO

Esta relación, expresada mediante el diagrama ACM, aporta algunos elementos, como se puede ver a continuación:

//



Por un lado se puede ver un enriquecimiento en alúmina (también en sílice y calcio) de la muestra N°1, y una carbonatación de las muestras 2 - 6, lo cual se atribuye en primera instancia a un problema de alteración y removilización superficial, alteración que también se observa en muestra de mano y lámina delgada. Por otro lado - el conjunto restante de rocas, constituida por las pruebas 7 - 18, - se ubican en el vértice magnesiano.

Las harzburgitas representadas en las muestras 8 - 9 - 10 y 14 tienen contenidos de Al₂O₃ inferiores a 1% (X= 0,66%) en cambio las ortopiroxenitas generalmente sobrepasan el 1%. Igual distribución -- presenta el CaO como ya se ha mencionado.

Como conclusión de la relación planteada pensamos que excepto -- las 6 primeras pruebas superficiales, el resto de las muestras presenta un quimismo original.

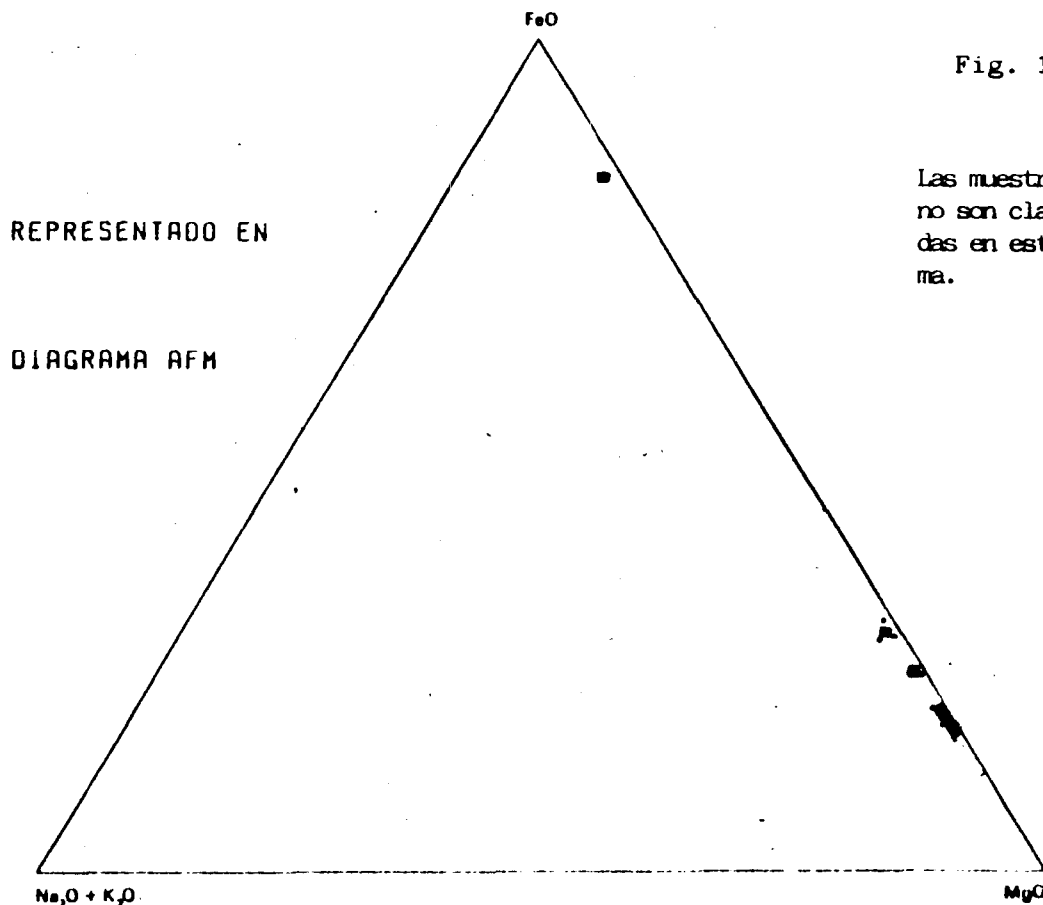
5c.- Relación $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} : \text{MgO} : \text{FeO}$

En primer término, debemos decir que el FeO es tomado como hierro total calculado en este caso como Fe_2O_3 y recalculado.

Graficadas las rocas del complejo Cerro Chato en este diagrama, se observa que el conjunto se sitúa prácticamente en la línea MgO - FeO, debido a los bajos valores de álcalis. Estos bajos valores en sodio y potasio en este muestreo despejan la duda petrográfica de importantes intrusiones posteriores alcalinas o de estar sobre la zona de contacto, debido a la aparición de minerales flogopíticos. Hay que considerar a estos como secundarios y localizados.

Este diagrama muestra a nuestro parecer fundamentalmente una correcta distribución de los elementos en cuestión y acorde con el tipo petrográfico. Se reafirma además que el carácter de alteración tiene la tendencia a concentrar relativamente el Fe al Mg.

La relación $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO})$ se sitúa generalmente entre 0,80 y 0,82. La correlación entre estos dos elementos es buena (+0,8). Las harzburgitas parecerían ser más ricas en Fe total que las ortopiroxenitas.

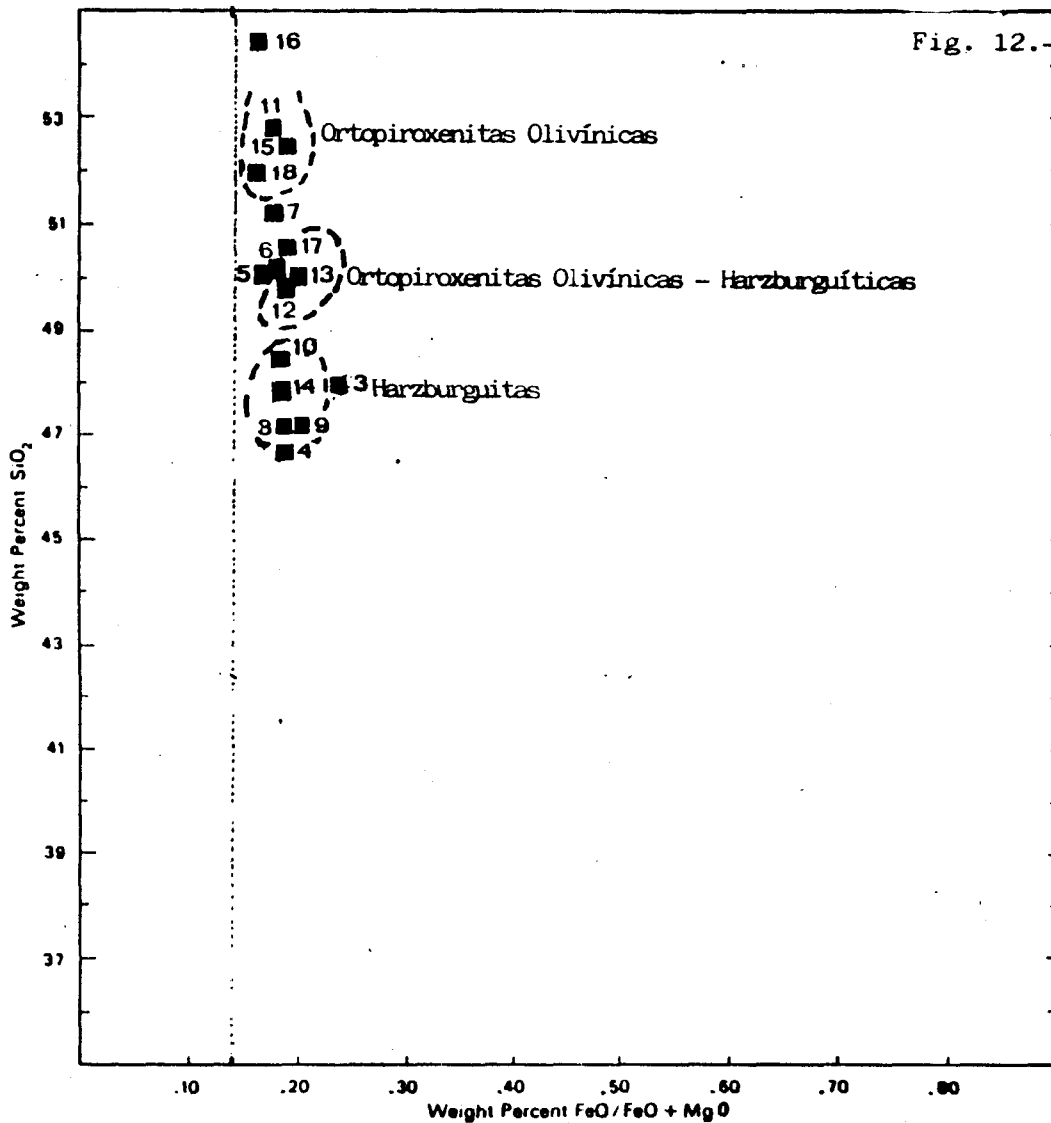


5d.- Relación SiO_2 : $\text{FeO}/\text{FeO} + \text{MgO}$

Esta relación expresada por el diagrama siguiente, muestra sobre base seca un cierto enriquecimiento en sílice, separándose muy bien el conjunto de las muestras clasificadas como harzburgitas, y con aumento del mismo hacia el extremo de las ortopiroxenitas.

A su vez en superficie la relación $\text{FeO}/\text{FeO} + \text{MgO}$ parece aumentar -- (muestra 3) debido al enriquecimiento en FeO respecto a MgO.-

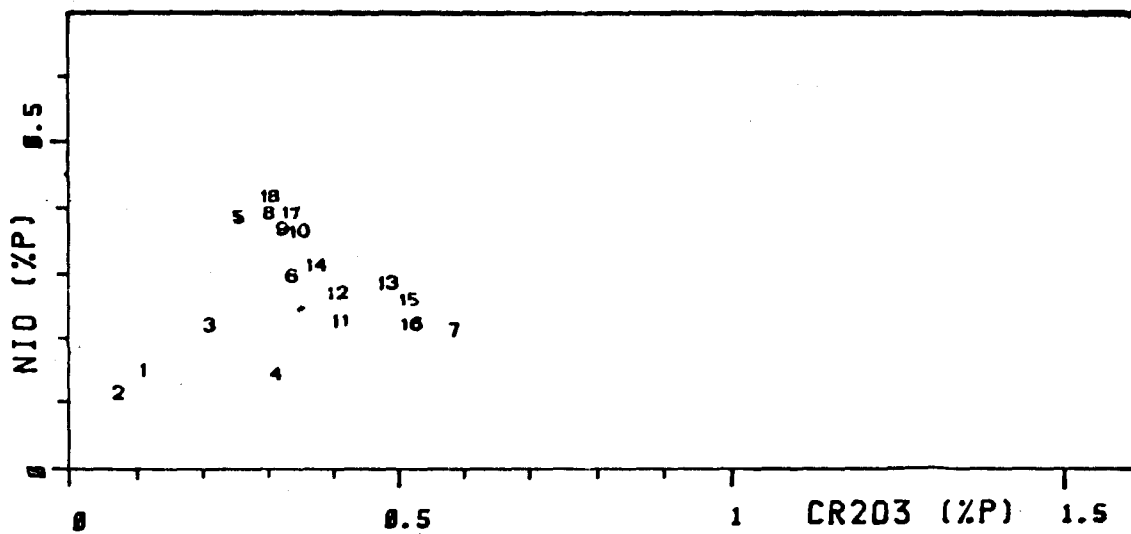
Por medio de esta relación se pueden separar las tres poblaciones -- que se observan en el diagrama de Streckeisen. Por un lado las muestras 8 - 9 - 10 y 14 correspondiendo a harzburgitas, por otro las muestras 12 - 13 y 17 correspondiendo a ortopiroxenitas olivínicas y por último -- las muestras 11 - 15 y 18, en donde incluimos la 16 también que corresponderían a ortopiroxenitas olivínicas, y que en la descripción petrográfica se observó niveles de ortopiroxenitas.



5e.- Relación NiO - Cr₂O₃

Estos elementos, característicos de las rocas analizadas, tienen un comportamiento diferencial, ya sean en roca fresca o alterada. Las muestras que hemos catalogado como alteración superficial, que son de la 1 a la 6, presentan en esta relación una correlación positiva, mientras que las restantes que corresponderían al quimismo original de estas rocas -- muestran a estos dos elementos con correlación negativa a grosso modo. A mayores contenidos de Ni menores contenidos de Cr y viceversa.-

Fig. 13.-



Correlaciones

A manera de resumen en las muestras 7-18 se ha realizado un análisis de correlación, descartando las muestras 1-6 por alteración.

Se pueden establecer dos grandes grupos de elementos que se correlacionan positivamente, a saber:

- 1) $SiO_2 - TiO_2 - Al_2O_3 - CaO - K_2O - N_2O - Cr - V$
- 2) $MgO - Fe_2O_3 - NiO - Ta - Co$

Estos dos grupos se relacionan negativamente entre sí en gran parte.

El Cr-Ni se correlacionan negativamente en las muestras 7-18, pero lo hacen positivamente en las muestras superficiales descartadas (alteración superficial).

	SiO2	TiO2	AL2O3	FeO	MNO	MGO	CAO	NA2O	K2O	P2O5 (SO3)	CR	NI	CU	PB	RU	SR	TA	Y	ZN	CO	LA	SC	V	T-CO
SiO2	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
TiO2	.007	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
AL2O3	.030	.063	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
FeO	-.941	-.870	-.728	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
MNO	-.171	.039	-.030	.067	1	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
MGO	-.975	-.893	-.927	.874	.109	1	12	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
CAO	.791	.804	.811	-.792	.393	-.829	1	12	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
NA2O	-.663	.399	.419	-.648	-.571	-.577	.221	1	12	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
K2O	.712	.585	.772	-.574	.113	-.790	.741	.258	1	12	12	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
P2O5 (SO3)	.270	.493	.605	-.125	.155	-.418	.405	-.037	.229	1	12	12	12	0	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
CR	-.192	.100	-.043	.092	-.066	.183	-.079	-.281	-.416	.100	1	12	12	4	4	12	7	10	12	12	5	12	12	12
NI	.716	.859	.890	-.673	.002	-.800	.727	.399	.464	.097	.211	1	12	12	4	4	12	7	10	12	5	12	12	12
CU	-.823	-.833	-.770	.743	.437	.814	-.498	-.601	-.404	-.347	-.245	-.818	1	12	4	4	12	7	10	12	5	12	12	12
PB	-.402	.254	.418	-.603	.316	-.426	.463	.307	.642	-.050	-.683	.185	-.050	1	4	4	12	7	10	12	5	12	12	12
RU	-.423	-.620	-.674	.237	.997	.383	.851	-.504	.628	****	-.798	-.972	.852	1	2	4	3	3	4	4	2	4	4	4
SR	-.199	.226	-.240	-.281	.437	-.082	.336	-.589	.272	-.522	-.312	-.341	.103	.117	.000	1	4	4	3	4	4	0	4	4
TA	.438	.365	.588	-.311	.166	-.635	.489	.192	.823	-.158	-.288	.401	-.278	.644	.831	.233	1	7	10	12	12	5	12	12
Y	-.676	-.727	-.606	.559	.191	-.682	-.372	-.409	-.662	-.426	.618	-.615	.595	-.515	-.818	-.438	-.713	1	6	7	7	7	7	7
ZN	.428	.261	.011	-.673	-.115	-.266	.247	.540	.141	-.356	-.201	.085	-.115	.120	.289	.866	.044	.395	1	10	10	5	10	10
CO	-.549	-.334	-.133	.583	.369	.407	.215	-.438	-.273	.440	.133	-.078	.823	-.095	.090	-.073	-.142	-.564	-.696	1	12	5	12	12
LA	-.856	-.769	-.630	.879	-.079	.804	-.788	-.511	-.460	-.099	.004	-.651	.711	-.268	.516	-.467	-.184	.294	-.313	.495	1	5	12	12
SC	.196	.217	-.014	-.349	.738	.124	.312	.473	-.860	.044	-.872	.176	.220	.750	.000	****	-.100	-.139	.660	.824	-.232	1	5	5
V	.616	.548	.773	-.438	-.213	.616	.518	.437	.360	.721	.070	.765	-.562	.184	-.926	-.069	.183	-.114	-.016	.188	-.331	.197	1	12
T-CO	.783	.713	.724	-.104	-.318	.785	.541	.456	.487	.275	.068	.004	-.847	.160	-.914	-.056	.498	-.798	.369	-.482	-.683	.189	.521	1
T-CO	.489	.275	.216	-.467	-.101	-.429	.301	.482	.559	-.134	-.573	.065	-.818	-.413	.750	.536	.606	-.298	.836	-.878	-.197	.738	.818	.401

Conclusiones

Reseña Petrográfica

Hasta el momento en la perforación estudiada, se pueden reseñar los tipos petrográficos hallados como pertenecientes a una de las tres siguientes categorías: ortopiroxenitas, ortopiroxenitas olivínicas y harzburgitas. Aparecen también en las perforaciones rocas que consideramos de alteraciones de estos tipos, como las serpentinitas fundamentalmente en superficie, y otras rocas a vermiculita exclusivamente, rocas a ortopiroxeno y vermiculita (y flogopita?). En principio la única referencia a mencionar, es quizás las rocas exclusivamente a vermiculita, como un posible producto de alteración del olivino, pudiendo entonces, quizás - aparecer algún nivel dunítico, al igual como en las pequeñas capas de - rocas a matriz fina, negra que se desarrollan en los últimos metros de la perforación. En caso afirmativo, hay que recordar que se trata de horizontes centimétricos. En esencia el nombre petrográfico depende de la variación de los minerales de olivino y ortopiroxeno. Acá se ha obtenido un máximo de aproximadamente 70% de olivino (harzburgitas) y un mínimo de 4% (ortopiroxenitas) así como un máximo de 96% de ortopiroxenos y un mínimo de 25%.

En cuanto al ortopiroxeno parecería presentarse en dos generaciones en casos excepcionales. Predomina una sola generación a ortopiroxenos - de gran tamaño (generalmente entre 1 - 5mm), crecidos a manera de núcleos, y son envueltos por una matriz, dependiendo del grado de desarrollo de esta o sin ella. Pueden presentar su superficie totalmente limpia, y con estructura schiller en otras caras, o con abundantes inclusiones rojizas en sus planos de clivajes. Ambas tienen un gran 2V, no pleocroicas, ópticamente son generalmente negativas, por lo cual se piensa que se trate de broncitas. Los primeros de los mencionados parecen acercarse al límite broncita/enstatita y los segundos al de broncita/hiperstenos, no obstante ello, las variaciones no serían de importancia y el nombre que le asignamos es el de broncitas, cuando se trata de ortopiroxenitas. Estos ortopiroxenos llevan siempre incluido gotas de olivino, de la primera generación de éstos (Olivino I).

En gran parte o totalmente a veces, los ortopiroxenos se encuentran sustituidos por talco o clinoanfíbol, que puede ser del tipo pargasita - o grammatita-actinolita. Se ha observado en las rocas harzburgitas además una serpentinización de los ortopiroxenos.

En general las ortopiroxenitas se presentan como rocas masivas, equigranular y sus colores pueden ser fundamentalmente o bien blancas, cuando el mineral que les da el nombre es límpido e incoloro o rojizas cuando los ortopiroxenos se encuentran impregnados por óxidos de hierro en los clivajes, fracturas y a veces en la superficie misma. En el primer -

//

caso se reconocen por ser blancas y de grano medio (granudas) y en el otro son también granudas rojizas, y en ambas sin matriz. El porcentaje de olivino que presentan se debe en éstas, a las inclusiones que los mismos presentan en forma de gotas fundamentalmente.

Por un aumento en la proporción de olivino de estas rocas se pasa a -- las ortopiroxenitas olivínicas y a las harzburguitas. El olivino que aparece y varía en su proporción es de una segunda generación, que se desarrolla entre los agregados de ortopiroxenos, en el caso de las ortopiroxenitas olivínicas en donde la matriz pasa a ser de mayor importancia entre -- los cristales de ortopiroxeno, donde este mineral predomina, tratándose ya de las harzburguitas. El ortopiroxeno en ambas ya fue descrito anteriormente.

El olivino, como ya dijimos, se presenta en dos generaciones: Olivino I incluido en los cristales de ortopiroxeno, Olivino II como crecimiento intergránulos de ortopiroxenos. Estos pueden desarrollar una gran dimensión (hasta milimétricos) con 2V alto, (+), por lo que se presume que es forsterita y se presentan fracturados y serpentinizados. A veces llegan a constituirse verdaderas serpentinitas, sobre todo en superficie, con una textura reticulada, que pensamos proviene fundamentalmente de rocas harzburguíticas, pero en forma parcial puede observarse en toda la perforación, en donde el olivino se encuentra desplazado por serpentina reticulada, con intensa segregación de magnetita a lo largo de las mallas. Cuando el olivino es importante, y este fenómeno también se expresa como cintas alrededor o entre los granos de ortopiroxeno, con un carácter microcristalino, de color oscuro y que se ha descrito como matriz fina, negra, y que le da a la roca una textura que fue definida como pseudoneissosa. La proporción de este fenómeno hace que la roca tenga finísimas cintas o que los granos de ortopiroxeno aparezcan flotantes, pasando la roca a ser en el primer caso -- una ortopiroxenita olivínica y en el segundo una harzburguita. La serpentización está compuesta fundamentalmente por crisotilo reticulado, crisotilo rico en Fe igual (homogéneo a veces, amarillo verdoso) y también por -- manchas de lizardita. Existe además, algo que ya mencionamos, y que atribuimos a otra forma de alteración de los olivinos, y que es la formación y aparición en estas rocas de vermiculita con algún mineral micáceo (biotitas y flogopita?).

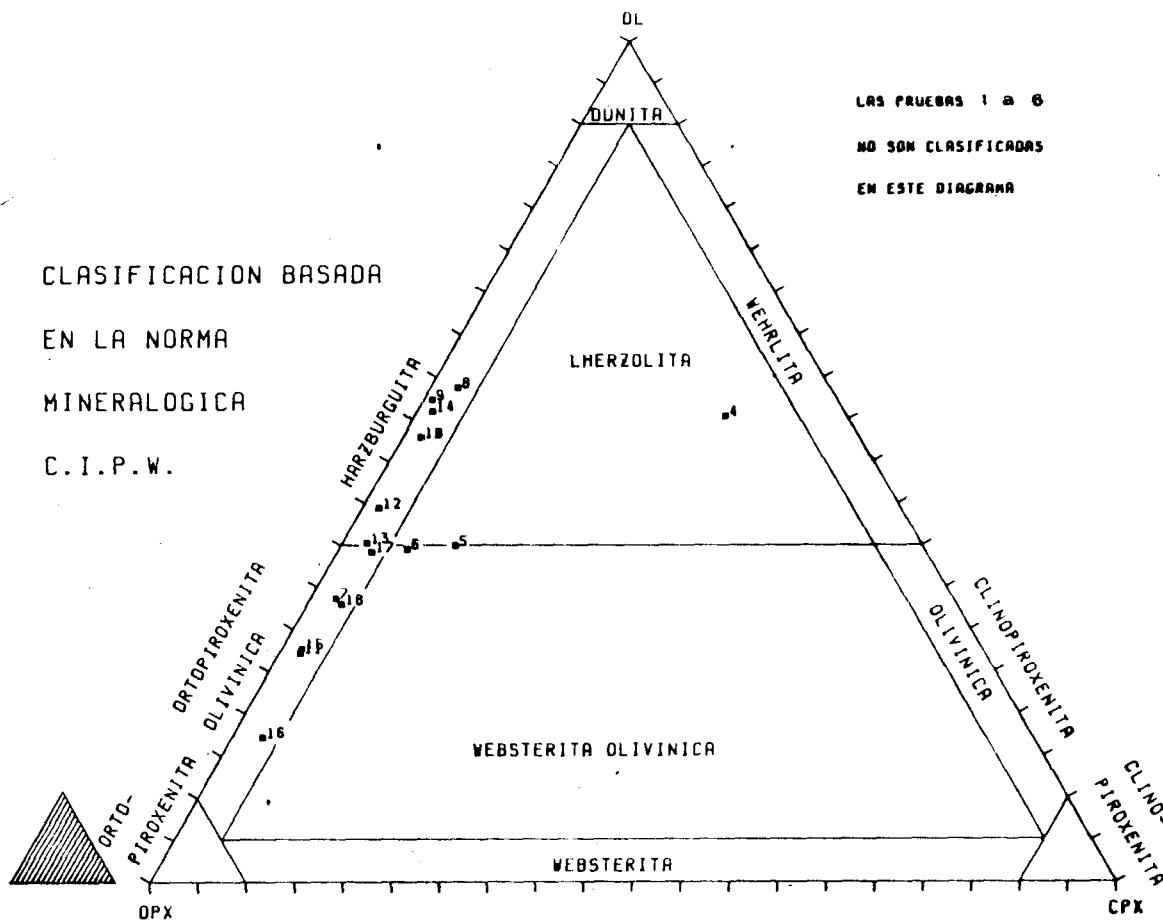
Esta conformación mineralógica, parece más probable que tenga su origen, por una adición de álcalis, que reaccionarían con los olivinos, aunque la predominancia de vermiculita, hace pensar en una pérdida de esos -- elementos luego de su introducción. Esto sería necesario para la formación última de este mineral, además el análisis químico efectuado, muestra que los niveles de éstos es normal, para el tipo de roca en cuestión. También podría haber formación de estos minerales, sin la introducción de álcalis como sostiene Matthes (1950). Si bien no se han encontrado elementos de -- campo para verificar estas hipótesis, por un lado la aparición de pequeños filones (?) pegmatoides (2, centimétricos), así como la proximidad de la roca encajante (ácida, ver carta geológica), podría explicar el primer

fenómeno mencionado.

Se observan algunos niveles en superficie y en algunas zonas bajo forma de pequeños estratos o entre los granos de ortopiroxeno, por ejemplo a los 42 m, entre los 44 - 45 m y a los 54,5 m.-

En los casos mencionados, la roca presenta los minerales micáceos visibles.-

Otra forma de presentarse los granos de olivino, como ya se dijo, es -serpentinizado, y muchas veces éste aparece recubierto de óxidos de hierro dando como resultado la aparición de rocas a matriz fina de color rojizo.



Relaciones GeneralesAlteración

Como ya se ha reseñado anteriormente, estas rocas tendrían sobrepuesta a la alteración primaria, una alteración de superficie.

De acuerdo a lo mismo se ha entendido que la influencia de la denominada alteración superficial alcanza en la perforación una modificación de la composición química original hasta la muestra 6.-

SAMPLE	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	CR	NI	Y-COOR (SO3)
1	89.270	.06333	1.9739	6.3256	.16888	1.14	.38000	.07389	.07389	.01054	0.074	0.118	4 .02110
2	64.891	.03747	.91203	5.3622	.14992	13.092	14.767	.23737	.03747	.01248	0.047	0.091	9.5 0
3	48.097	.03959	1.0294	7.5297	.15838	23.916	18.438	.25078	.02639	.01319	0.141	0.174	18.75 0
4	46.703	.36011	3.1169	7.7209	.09934	32.373	8.9036	.16143	.04967	.01241	0.208	0.108	26.9 0
5	50.155	.06036	1.1711	7.7026	.08451	36.765	3.5377	0	.02413	0	0.176	0.296	28.4 0
6	50.683	.03580	1.2175	8.3884	.15517	36.562	2.1366	.25066	.03580	0	0.227	0.231	31.92 .03580

En la misma así como en los perfiles de distribución de los elementos en la perforación se puede observar que:

- en las muestras 1 y 2 existe un fuerte enriquecimiento en sílice,
- en las muestras 2 - 6 existe un fuerte enriquecimiento en CaO,
- en las muestras 1 - 4 existe pérdida de Cr - Ni - MgO y Fe (t)(4?),
- en la muestra 4 ganancia de TiO_2 y Al_2O_3 .

Estas son las relaciones más importantes, existiendo una ganancia de LOI que continúa a través de toda la perforación.

Quimismo original

Para las restantes muestras, muestras 7 - 18, se ha supuesto que la alteración que presentan en base a las relaciones expresadas anteriormente, es una alteración primaria, y que consta fundamentalmente de una hidratación en el cambio mineralógico ocurrido. Al desconocer los posibles valores de humedad hemos preferido brindar los datos sobre base seca.

El primer grupo de rocas separados corresponde a muestras con predominancia de harzburgitas, muestras 8 - 9 - 10 y 14, cuyos análisis químicos son los siguientes:

SAMPLE	SI02	TIO2	AL2O3	FEO	MNO	MGO	CAO	NA2O	K2O	P2O5	CR	NI	Y-COOR (SO3)
8	47.332	.02391	.74144	9.4049	.19133	40.623	1.0523	.05979	.02391	0	0.203	0.296	37.8 .04783
9	47.341	.03581	.84774	10.130	.17909	40.225	.68057	0	.02387	.01193	0.221	0.273	39.6 .02387
10	48.512	.02268	.74896	9.5574	.15886	39.593	.71492	.17021	.02268	0	0.229	0.2563	40.4 0
14	47.998	.03359	.73912	9.3511	.14558	40.360	.64953	.14558	.02238	0	0.229	0.245	48.4 .05599

En líneas generales podemos decir que estas rocas poseen contenidos medios de 47,7% de SiO_2 , 0,028% de TiO_2 , 0,75% de Al_2O_3 , 9,5% de FeO (calculado a partir de Fe_2O_3), 0,17% de MnO , 40,2% de MgO , 0,7 de CaO , 0,14% de Na_2O , 0,02% de K_2O , 0,2% de Cr y 0,26% de Ni .

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD	DE	MEDIAN
1	SI02	47.332	48.512	47.795	.57031		47.669
2	TIO2	.02268	.03581	.02899	6.E-03		.02875
3	AL2O3	.73912	.84774	.76931	.05245		.7452
4	FEO	9.3511	10.13	9.6107	.35703		9.4809
5	MNO	.14558	.19133	.16871	.02042		.16897
6	MGO	39.593	40.623	40.200	.43726		40.292
7	CAO	.64953	1.0523	.77433	.18722		.69774
8	NA2O	.05979	.17021	.12519	.05796		.14558
9	K2O	.02238	.02391	.02321	7.E-04		.02327
10	P2O5	.01193	.01193	.01193	0		.01193
11	(SO3)	.02387	.05599	.04256	.01669		.04783
12	CR	.203	.229	.2205	.01226		.225
13	NI	.245	.296	.26757	.02216		.26465

Con respecto al segundo grupo de rocas separadas, la misma queda definida por las muestras 12, 13 y 17 y sus datos son los siguientes:

SAMPLE	SiO2	TiO2	AL2O3	FeO	MNO	MGO	CaO	NA2O	K2O	P2O5	CR	NI
12	49.744	.04731	1.1711	8.9093	.15378	38.328	.95820	.09463	.04731	0	0.272	0.212
13	50.339	.04626	1.3536	9.1089	.17354	37.010	1.2147	.13882	.05784	.01156	0.327	0.220
17	50.450	.04680	1.1351	8.6768	.23404	37.413	1.4394	0	.10532	0	0.225	0.28

La caracterización de este grupo estaría dada por contenidos medios de 50% de SiO₂, 0,04% de TiO₂, 1,2% de Al₂O₃, 8,9% de FeO (calculado a partir de Fe₂O₃), 0,17% de MnO, 37,4% de MgO, 1,2% de CaO, 0,11% de Na₂O, 0,06% de K₂O, P₂O₅ con dos muestras con valores no detectables y una con 0,01%, 0,27% de Cr y 0,22% de Ni.

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD	DE	MEDIAN
1	SiO2	49.744	50.45	50.177	.37964	50.339	
2	TiO2	.04626	.04731	.04679	5.E-04	.0468	
3	AL2O3	1.1351	1.3536	1.2199	.11714	1.1711	
4	FeO	8.6768	9.1089	8.8983	.21625	8.9093	
5	MNO	.15378	.23404	.18712	.04181	.17354	
6	MGO	37.01	38.328	37.583	.67537	37.413	
7	CaO	.9582	1.4394	1.2041	.24077	1.2147	
8	NA2O	.09463	.13882	.11672	.03124	.11672	
9	K2O	.04731	.10532	.07015	.03090	.05784	
10	P2O5	.01156	.01156	.01156	0	.01156	
11	(SO3)	.04626	.04731	.04678	7.E-04	.04678	
12	CR	.225	.327	.27466	.05105	.272	
13	NI	.212	.28	.23733	.03716	.22	

Con respecto al último grupo de rocas separadas, compuesta por las muestras 7 - 11 - 15 - 16 y 18, en donde predominan ortopiroxenitas y ortopiroxenitas olivínicas, tienen la siguiente composición química:

SAMPLE	SI02	TI02	AL203	FE0	MNO	MGO	CA0	NA20	K20	P205	CR	NI	(S03)
7	51.325	.07324	1.7824	8.1072	.21975	36.247	1.5260	.08545	.04882	.01219	0.389	0.182	.07324
11	52.716	.05771	1.5235	8.1740	.12696	35.436	1.1311	.20777	.08079	0	0.278	0.165	.04616
15	52.430	.05920	2.2497	8.3635	.16577	34.408	1.4564	.22497	.13024	.01184	0.35	0.201	0
16	54.330	.07455	1.8745	7.2643	.14911	33.912	1.5443	.24496	.07455	.01064	0.354	0.171	.02129
18	52.132	.05533	1.1510	7.7882	.17709	36.647	1.1842	.30991	.05533	0	0.269	0.225	0

En general son rocas con contenidos medios de 52,5% de SiO_2 , 0,06% de TiO_2 , 1,78% de Al_2O_3 , 8,1% de FeO (calculado a partir de Fe_2O_3), --- 0,16% de MnO , 35,4% de MgO , 1.45% de CaO , 0,22% de Na_2O , 0,07% de K_2O , 0,35% de Cr y 0,18% de Ni .

SAMPLE	VAR	MINIMU	MAXIMU	MEAN	STD	DE	MEDIAN
1	SI02	51.325	54.33	52.586	1.1044	52.43	
2	TI02	.05533	.07455	.06400	9.E-03	.0592	
3	AL203	1.151	2.2497	1.7162	.40946	1.7824	
4	FE0	7.2643	8.3635	7.9394	.43060	8.1072	
5	MNO	.12696	.21975	.16773	.03466	.16577	
6	MGO	33.912	36.647	35.33	1.1669	35.436	
7	CA0	1.1311	1.5443	1.3684	.19606	1.4564	
8	NA20	.08545	.30991	.21461	.08191	.22497	
9	K20	.04882	.13024	.07794	.03207	.07455	
10	P205	0	.01219	6.E-03	6.E-03	.01064	
11	(S03)	0	.07324	.02813	.03158	.02129	
12	CR	.269	.389	.328	.05211	.35	
13	NI	.165	.225	.1888	.02443	.182	

Con respecto a las correlaciones se puede observar la existencia de dos grandes grupos, que se referirán fundamentalmente a Cr y Ni .

En Cr se correlaciona bien positivamente con un grupo que en general - presenta buena correlación entre sí, y que se constituye por Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO , P_2O_5 , Sc , V , y en parte con Na_2O y K_2O .

Este grupo parece indicar que en parte el cromo podría estar tanto bajo la forma de cromita como coexistiendo en piroxenos.-

//

En cambio el níquel, que presenta correlación negativa con el anterior, presenta correlación positiva con un grupo que se correlacionaría bien entre sí, y está constituido por Fe_2O_3 , MgO y Co . Pensamos a priori que el níquel sería un constituyente de los olivinos.-

Fig. 15.-

DESCRIPCION Y REPRESENTACION DE LA
PERFORACION N. 1
Complejo Ultramafico del
Arroyo de las Palmas

DESCRIPCION	PETROGRAFIA	TEST MARIZWUZ	NORMA CIPW		
Suelo y Ultramafitas alteradas, serpentinizadas, violaceas, c/ venillas de Cuarzo, Ox de Hierro, niveles micaceos (verm.?) desagregados. Roca de color rojizo, granuda y serpentinitas accesorias.			Muestras 1-6 (0,00-34,00m) no clasificadas por presentar gran alteracion		Muestras 1-6 (0,00-34,00m) no clasificadas por presentar gran alteracion
Harzburgita alterada, matriz fina, rojiza c/ nodulos negros.			Ortopiroxenita olivinica		Ortopiroxenita olivinica
Harzburgita serpentinizada, matriz fina, negra (serp.) y cristales flotantes blancos, granudos de ortopiroxeno.			Harzburgita		Harzburgita
Ortopiroxenita rojiza, granuda, Pirox. olivinica, granuda y niveles Harzburgiticos, asi como a minerales micaceos.			Harzburgita Harzburgita Harzburgita		Harzburgita Harzburgita Harzburgita
Opx. Ol. Harzb. blanca-gran. a pseudoneissosa			Ortopiroxenita Opx. olivinica Roca a vermiculita Ortopiroxenita con vermiculita asociada		Ortopiroxenita olivinica Ortopiroxenita olivinica Ortopiroxenita olivinica
Harzburg. pseudoneissosa por matriz fina oscura (Ol. sero.) envolviendo crist. blancos, granudos de Opx.			Opx. Oliv., Harzburg. Harzburgita Harzburgita Harzburgita		Harzburgita
Ortopir. Oliv. rojiza, granuda. Opx. gran.-blanca, con niveles a mayor ol. Opx. olivinica.			Ortopiroxenita		Ortopiroxenita olivinica
Ortopiroxenitas gran.-blancas, rojizas intercaladas con Opx. Olivinicas y niveles Harzburgiticos centimetricos.			Ortopiroxenita Ortopiroxenita Ortopiroxenita Ortopirox. Olivinica Harzburgita Ortopiroxenita y roca a vermiculita.		Ortopiroxenita olivinica Ortopiroxenita olivinica Ortopiroxenita olivinica Ortopiroxenita olivinica

BIBLIOGRAFIA

- Burgath (1986) Estudio petrográfico de 4 muestras de la perforación 1 del Intrusivo Ultramáfico estudiado. Com. Personal.
- Coleman, R. (1977) Ophiolites. ancient Oceanic Lithosphere? 222 pag. 72 fig. Sp. Verlag.-
- De la Roche, H; Leterrier, J.; Grand Claude, P.; Marschal, M. (1980) - A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks Using R_1 - R_2 - Diagrama and Major - Element Analyses - ITS Relationships with Current Nomenclature - Chemical Geology, 29 (1980) - 183-220 p.
- Feininger (1987) Estudio petrográfico de dos muestras de la perforación 1 del intrusivo ultramáfico estudiado - Com. Personal.
- Preciozzi, F.; Arrighetti, R.; Oyhantçabal P.; Pena, S.; Pías, J. (1985) Macizo básico-ultrabásico "Las Cañas". Informe Interno - DINAMIGE -
- Streckeisen, A.L. (1974) Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Geological Rundschau - Bd. 63, pag. 775-786.-
-

INDICE GENERAL

Pág.

Resumen	1
1. Generalidades y antecedentes.....	2
2. Descripción de la perforación.....	5
3. Petroquímica de la perforación.....	14
4. Clasificación normativa.....	17
5. Estado de las relaciones entre los elementos más importan- tes.....	26
Correlaciones.....	32
Conclusiones.....	33
Relaciones Generales.....	36
