

879

879

PROSPECCION DE SIENITAS NEFELINICAS EN LA ZONA DE  
SARMIENTO, PROVINCIA DEL CHUBUT.

por

Luisa M. Villar y Norma E. Pezutti

1976



# INDICE



Pagina #

ANTECEDENTES.....	1
UBICACION DEL AREA PROSPECTADA Y VIAS DE ACCESO.....	2
CLIMA.....	2
RECURSOS NATURALES.....	3
GEOLOGIA.....	3

## PARTE I

PETROGRAFIA Y PETROLOGIA.....	4
TESCHENITAS.....	4
SIENITAS ZEOLITICAS.....	7
TESCHENITAS SIENITICAS Y SIENITAS TESCHENITICAS.....	8
MESOSTASIS.....	9
COMPOSICION DE LOS COMPLEJOS.....	10
PETROLOGIA - ANALISIS QUIMICOS Y NORMAS.....	11
EVOLUCION MAGMATICA.....	12
TABLAS I Y II.....	13
CONCLUSIONES DE LA PARTE I.....	15

## PARTE II

GEOLOGIA ECONOMICA.....	17
ANALISIS QUIMICOS.....	17
PROVENIENCIA DE LAS SIENITAS DE SARMIENTO.....	18
CONCLUSIONES.....	20
RECOMENDACIONES.....	21
LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO.....	22
TABLA III.....	24
TABLA IV.....	25
TABLA V.....	26
FIGURAS.....	27
ILUSTRACIONES.....	33
APENDICE CALCOGRAFICO.....	41



### ANTECEDENTES

La sienita nefelínica es una roca de gran importancia industrial. En Canadá y Noruega es usada en la industria del vidrio, de la cerámica y para la manufactura de granulados de techar; en Rusia se utiliza para obtener alúmina y fabricar cementos y productos alcalinos. Es usada también en la manufactura de pinturas y rellenos, como piedra de ornamentación, en las industrias de fertilizantes, abrasivos y papel.

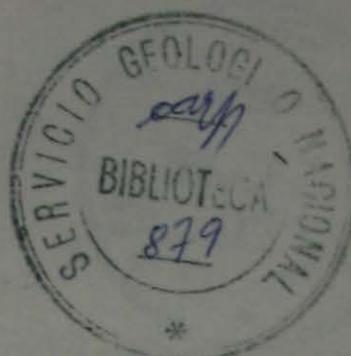
Por sus cualidades físicas es especialmente importante en la producción de envases y láminas de vidrio. Es usada también en la manufactura de vidrios borosilicados resistentes al ataque químico y al calor.

En 1966 la producción mundial de sienita nefelínica para cerámica y vidrio exceptuando la de la Unión Soviética y otros países de economía centralizada; fue de 383.000 toneladas largas. La producción total de Ontario, en Canadá, alcanzó en 1966, 327.000 toneladas largas.

Dada la importancia industrial de las sienitas nefelínicas y su posible existencia en Patagonia, se determinó un área propicia para prospectarlas, en la zona de Sarmiento, provincia del Chubut.

Para ello se realizó una campaña de dos meses y medio durante octubre, noviembre y diciembre de 1974 con el objeto de muestrear los complejos de la provincia alcalina de Sarmiento.

Trabajos previos realizados en la zona son los



de Mórtoia (1923, Teruggi (1964), Ferello (1969) y Vivers, (1970).

En la zona sólo existe una explotación minera: la cantera de Cerro Dragón donde se extrae la teschenita para construir muelles en Comodoro Rivadavia (ver fotos 1 y 2).

#### UBICACION DEL AREA PROSPECTADA Y VIAS DE ACCESO.

El área prospectada se ubica entre los meridianos 68° 20', 69° 25' de longitud oeste y los paralelos 45° 17', 45° 58' de latitud sur. En el centro de esta zona está la ciudad de Sarmiento a la cual se llega por la Ruta 26 que une Comodoro Rivadavia con Paso Río Mayo. Existe un ramal de ferrocarril (el Nor-Patagonico) que enlaza Comodoro Rivadavia con Sarmiento. La existencia de fincas y granjas en los alrededores de esta ciudad ha contribuido a crear una red extensa de caminos vecinales, aptos para vehículos livianos y pesados que permiten el acceso hasta las áreas prospectadas (ver figura 1).

#### CLIMA.

El clima es árido de la estepa patagónica; es frío y ventoso. El verano se caracteriza por la prolongada duración del día; las temperaturas medias de enero, el mes más caluroso, alcanzan entre 14 y 16° C. En invierno, a un marcado acortamiento de los días se une un acentuado descenso de la temperatura, los valores medios alcanzan 4° C. Las precipitaciones no llegan en ningún mes a más de 20 mm. mensuales. Las heladas se producen en marzo y noviembre.



Los vientos predominantes (en un 59 %) provienen del oeste.

### RECURSOS NATURALES.

La vegetación fuertemente xerófila se levanta escasamente sobre el suelo, es la típica vegetación de cojines formada por coirón fino, pasto duro y pasto amargo; predomina en las pampas pero en ciertas regiones al abrigo de los cañadones existe la arbustiva (mata negra, jarilla, algarrobo rastrero) que se da en la margen oeste del Lago Musters.

Estos tipos de vegetación y la naturaleza del suelo sólo permiten un tipo de explotación agropecuaria: el ganado ovino. La región prospectada está regada por el río Senguerr, y los lagos Musters y Colhue Haapi.

### GEOLOGIA.

En el área en cuestión afloran los complejos básicos alcalinos de la serie teschenita-teschenita sienítica-sienita zeolítica en los cuales se buscaron las sienitas nefelínicas.

Los complejos prospectados fueron: C° Pastel, C° Romero, C° San Bernardo, C° Cuadrado, C° Los Leones, C° Cresta Trompette, C° Puricelli, C° Guacho (ver foto 3), C° Solo, C° Negro, Pico Oneto, (ver fotos 4 y 5), C° Tortuga, C° Dragón, Península Negra y Península Mocha (ver figura 1). Estos intruyen concordante y discordantemente las tobas de la Formación Bajo Barreal, sobre las cuales han producido termometamorfismo. Son de edad eocénica-prepatagónica y pertenecen a la fase Intrusiva Terciaria.



Rocas similares datadas por Ar/K afloran en Río Carbón, provincia de Santa Cruz y tienen una edad absoluta de  $46 \pm 5$  m.a. y  $35 \pm 5$  m.a. (Riccardi 1971).

Los complejos constituidos por estas rocas pueden aparecer aislados tal como el C° Puricelli o el C° Tortuga o bien formar la línea de cumbres de la Serranía de San Bernardo. En este último caso se encuentran alojados en el basalto que se apoya sobre el grupo Chubut. Muestran estructuras diversas como ser diques anulares o filones capas, pueden estar acompañados de diques radiales y subradiales o presentar estructuras combinadas. La mayoría tienen un brecha pipe no mayor a 10 m de diámetro que corresponde a un conducto de ascenso de magma.

## PARTE I

### PETROGRAFIA Y PETROLOGIA.

Con el objeto de dictaminar la composición y el uso industrial de las rocas fue necesario estudiar petrológicamente los miembros que constituyen la serie teschenita-teschenita sienítica-sienita zeolítica, ya que es imposible discernir la existencia de sienitas nefelínicas y determinar los usos industriales de las rocas sin realizar estas investigaciones.

### TESCHENITAS.

Las teschenitas están integradas por olivina, águitas, plagioclasa media, feldespato alcalino, zeolitas apatita, ilmenita y magnetita, constitución mineralógica



que se mantiene constante en los distintos complejos; su variación principal está dada por la textura, tamaño de grano, y porcentaje de los minerales.

Se han podido diferenciar distintos tipos de teschenitas:

A - El gabroide, de textura granosa hipidionorfa con características subofíticas; las relaciones entre la plagioclasa y las zeolitas son de índole foyaítica.

La olivina (5mm) \* tiene una composición que fluctúa entre Fa 14,2V (+)=90° y Fa 62,2V(-)=75° (desde crysolita a hortonolita) (Deer et al., 1967). En general es subidiomorfa, fresca o totalmente alterada a clorita, material arcilloso y goethita.

Constituye 5 % en los tipos gabroides hasta 20 % en los glomeroporfíricos.

Se observan dos generaciones de piroxenos; la que alcanza 6 mm caracteriza las texturas de las teschenitas y comprende los términos titanogaugita o augita; la otra de menor tamaño 0.4 mm está constituida por aegirina-augita. La titanogaugita tiene un : o variable entre 30° y 56°, el ángulo 2V(+) fluctúa entre 45 y 60° correspondiendo el mayor a la augita más titanada.

En las teschenitas de los tipos A y C, el piroxeno muestra una variación zonal continua desde titanogaugita hasta aegirinaugita, en el tipo B sólo se observa titanogaugita zonal. Constituye entre 20 y 40 % de estas rocas.

\* Se dará entre paréntesis la dimensión máxima.



Las plagioclasas (5 mm) son tabulares, raramente zonales y su composición varía entre oligoandesina (An 28) y labradorita básica (An 64). Aparece fresca o alterada, a través de fracturas, a zeolitas generalmente analcima. El contenido de plagioclasa es bastante constante alrededor del 30 %.

El feldespató alcalino presenta un  $2V(-) = 33^\circ$  a  $36^\circ$ . esta característica corresponde a feldespatos de la serie sanidina-anortoclasa (Tröger, 1959). Es anhedral, puede mostrar un maclado polisintético fino en dos direcciones, está en coronas alrededor de la plagioclasa o simplemente intersticial; puede presentar relaciones foyáiticas respecto de aquellas. Muestra abundantes inclusiones de prismas de apatita y alcanza una proporción máxima de 10 %.

Las zeolitas constituyen un componente principal de las teschenitas, de las cuales llegan a formar hasta un 30 % con un promedio de 15 %. Se han distinguido tres tipos de zeolitas: analcima, thomsonita y natrolita. Se encuentran en relación foyáitica respecto de la plagioclasa (pueden asociarse dos zeolitas), en venas transgresivas, formando una especie de mesostasis o alterando a la plagioclasa. En el primer caso contienen abundantes inclusiones de apatita.

La apatita, idiomorfa, es un componente menor en estas rocas. Se halla en prismas cortos o largos, con un promedio de 2 %.



Los minerales opacos que forman hasta el 5 % de las rocas en consideración son: ilmenita, magnetita y minerales del grupo del espinelo que contienen calcopirita y/o pirrotina; estos dos sulfuros suelen aparecer aislados. La magnetita (3 mm) puede estar incipientemente martitizada y es subidiomorfa. La ilmenita en tablillas alcanza 1 mm.

La biotita constituye menos de 1 % de estas rocas.

#### SIENITAS ZEOLITICAS.

Son rocas de grano fino a mediano, textura granosa hipidiomorfa, con características foyaiticas respecto de las zeolitas e intergranulares respecto del piroxeno. Estan formadas por feldespatos alcalino, zeolitas, aegirina, anfíboles, olivina, nefelina, opacos y apatita.

La olivina, subidiomorfa, muy escasa o ausente es hortonolita. Está casi totalmente serpentinizada.

La aegirina es subidiomorfa, se encuentra fresca y forma el 25 %.

Los anfíboles presentes son arfvedsonita y aenigmatita. La arfvedsonita es anhedral, fresca, tiene un pleocroismo azul verdoso, lavanda azulado, amarillo verdoso y aparece en zonas discontinuas alrededor de la aegirina. Se ha denominado aenigmatita a un anfíbol de  $35^\circ$  y pleocroismo castaño rojizo oscuro, castaño opaco. Se encuentra en individuos anhedrales y guarda relaciones afíticas respecto del feldespatos alcalino. Los anfíboles constituyen hasta 15 % de las sienitas.



El feldespato alcalino (1,5 mm) se halla en tablillas subhedrales, macladas según Carlsbad y forma hasta un 50 %. Puede presentarse totalmente fresco o parcialmente reemplazado por zeolitas.

La nefelina es un componente menor de las sienitas a las que integra hasta un máximo de 5 %, es fresca y en general subhedral

Las zeolitas son: analcima, thomsonita y natrolita: tienen iguales características que las ya descritas para las teschenitas y aparecen en una proporción de 10 a 30, %.

Los opacos (5 %) son ilmenita y magnetita.

La apatita (menor del 1 %) es idiomorfa y se encuentra contenida en los feldespatos alcalinos en agujas o prismas cortos.

Estas rocas constituyen una facies restringida dentro del contexto de la serie teschenita-teschenita sienítica-sienita.

#### TESCHENITAS SIENITICAS Y SIENITAS TESCHENITICAS.

En las partes superiores del C° San Bernardo, C° Romero, y Cresta Trompette se encuentran diferenciaciones de rocas intermedias entre teschenitas y sienitas zeolíticas constituídas por olivina, olinopiroxeno, feldespato alcalino, plagioclasa, zeolitas, mineral opaco, apatita y biotita. Presentan texturas granosas hipidiomorfas gruesas en las teschenitas sieníticas a medianas en las sienitas tescheníticas, en estas últimas aparece cierto carácter intergranular.



El clinopiroxeno predominante en las rocas de textura gruesa es titanogaugita observándose aegirina en una segunda generación; cuando estas rocas tienen características próximas a sienitas zeolíticas el clinopiroxeno es aegirina. En escasas rocas intermedias se observa una fuerte zonalidad que va desde titanogaugita a aegirina.

Estos minerales constituyen en total un 20 a 25 %.

El feldespato alcalino en las rocas gruesas presenta un núcleo con un  $2V(-)=33^\circ$  a  $36^\circ$  y un borde de  $2V(-)=24^\circ$  a  $26^\circ$ , estas constantes son propias de los feldespatos de la serie sanidina-anortoclasa e indican la transición de un término sódico a otro más potásico. Puede hallárselo como coronas alrededor de la plagioclasa. En las rocas más finas el feldespato alcalino forma tablillas subhedrales. Este mineral constituye hasta el 40 % de las rocas de transición; suele contener abundantes inclusiones de apatita.

La plagioclasa es fresca, su composición fluctúa entre oligoandesina y andesina media y constituye un 20 %.

Los minerales restantes revisten características similares a las descritas en las teschenitas.

Mesostasis.

En las teschenitas y rocas intermedias aparece una mesostasis compuesta por feldespato alcalino, analcima, titanogaugita, aegirina, y mineral de hierro y titanio que suele ser tan abundante que imparte a la misma un carácter opaco. Esta mesostasis es de textura subofítica a intergranular y a veces brechosa. Fue observada en escasos especímenes



sobre todo en las rocas intermedias donde forma hasta el 5 %. La composición de esta mesostasis es sienítico zeolítica.

#### COMPOSICION DE LOS COMPLEJOS.

De acuerdo a las investigaciones realizadas hasta el presente, los complejos máficos alcalinos tienen la siguiente composición:

C° Cuadrado. Está constituido por teschenitas glomeroporfíricas con un "breccia pipe" carbonático basáltico alcalino asociado (ver foto 6).

Cresta Trompette. Se trata de un complejo anular discordante. En su parte exterior presenta un anillo de teschenita porfírica-ofítica que grada a sienita zeolítica hacia los niveles superiores, también en la parte central se observa un conjunto de teschenitas sieníticas y sienitas zeolíticas (ver figura 5 y fotos 7 y 8).

San Bernardo. Este se muestra en cambio como un filón capa cuyos niveles superiores están compuestos por teschenitas sieníticas de textura gábrica (ver figura 6 y fotos 9 y 10).

C° Tortuga. Está formado por teschenitas glomeroporfíricas, niveles lávicos amigdaloides de composición basáltico alcalina y basaltos alcalinos que contienen nódulos ultrabásicos lherzolíticos (ver foto 11).

C° Romero. Es de composición teschenítico sienítica de grano grueso, al igual que el C° Cuadrado presenta un "breccia pipe" asociado (ver foto 12).

C° Los Leones. Dique anular y domo adjunto de teschenita con diferenciaciones de venillas sienita zeolítica en las partes superiores del dique (ver fotos 13,14,15 y 16 y figura 7).



Los restantes complejos (ver figura 1) se encuentran en estudio.

### PETROLOGIA.

#### Análisis químicos y normas.

En la tabla I figuran análisis químicos de teschenitas-teschenitas sieníticas-sienitas tescheníticas y sienitas zeolíticas. Las teschenitas tienen gran similitud con las de Black Jack (Wilkinson 1958), aunque las de Sarmiento muestran un menor contenido en magnesio.

En la tabla II se observan las normas de Rittmann (1973) calculadas en base a los análisis químicos de la tabla I.

En esta serie la presencia de hipersteno normativo va acompañada por la ausencia de nefelina normativa lo que indica un exceso de sílice y un defecto de sodio, consecuentemente la ausencia de hipersteno normativo junto con un incremento de olivina normativa están asociados a la presencia de nefelina normativa, lo cual indica un defecto de sílice y un exceso de sodio. Este último se debe también a la existencia de zeolitas en el modo de las rocas.

La ortoclasa normativa aumenta desde las teschenitas hacia las sienitas y la plagioclasa disminuye. La composición de la primera es la siguiente; teschenitas  $Or_{81}Ab_{17}An_2$ - $Or_{72}Ab_{26}An_2$ ; rocas intermedias  $Or_{57}Ab_{41}An_2$  y sienitas zeolíticas  $Or_{41}Ab_{59}An_0$ . La composición normativa de la plagioclasa es: teschenitas  $Or_{3}Ab_{38}An_{59}$ - $Or_{4}Ab_{50}An_{46}$ ; rocas intermedias  $Or_{6}Ab_{74}An_{20}$ ; en las sienitas zeolíticas no existe plagioclasa.



De lo anterior puede inferirse que existe una sodificación de la ortoclasa y plagioclasa normativa lo cual indica un incremento en la cantidad de sodio. El incremento de potasio corresponde a un aumento en la cantidad de feldespato alcalino en el modo y en la norma, mientras que el sodio está marcado por el incremento de feldespato alcalino y la progresiva sodificación del mismo. Este último proceso se observa también en la composición normativa y modal de los piroxenos que evolucionan desde titanaugitas, en teschenitas y rocas intermedias, a aegirina en las sienitas zeolíticas.

El índice color disminuye desde las teschenitas hasta las sienitas.

Por medio de las normas de Rittmann y en base a la clasificación de Streckeisen, estas rocas se encuentran dentro de los campos 8,9,10 y 13; por lo tanto de acuerdo a estos autores la serie en consideración es equivalente a essexita-monzodiorita c/foides-monzonita c/foides-monzonita-sienita alcalina c/foides.

#### Evolución magnética.

El gráfico de la figura 3 representa la proyección de los porcentajes en peso de algunos óxidos en función de  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) \times 100$ . En el mismo se observa, de izquierda a derecha, la evolución magnética de la serie teschenita-sienita zeolítica. Del gráfico surge que:

- Existe un incremento de sodio y uno más leve pero constante de potasio.

T A B L A I

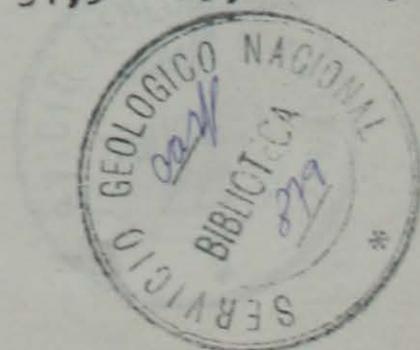
	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>47</u>	<u>189</u>	<u>196</u>	<u>212</u>	<u>44</u>	<u>40</u>
SiO <sub>2</sub>	46,53	45,63	44,68	48,60	49,85	49,40	51,95	56,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,26	14,89	15,33	15,40	11,75	11,99	17,20	15,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,34	4,84	6,10	2,65	8,42	10,13	6,10	7,39
FeO	9,21	8,15	8,15	7,43	5,30	6,04	5,88	4,67
TiO <sub>2</sub>	2,50	1,80	2,60	1,60	2,80	4,00	1,60	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,65	0,15	0,40	0,60	1,50	0,30	0,30	0,15
MnO	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
CaO	10,14	7,68	10,14	9,83	6,76	8,29	5,22	0,71
MgO	4,63	7,50	4,19	5,96	3,09	2,40	0,88	1,05
Na <sub>2</sub> O	2,10	4,28	4,26	3,36	4,22	3,90	5,96	6,86
K <sub>2</sub> O	1,33	0,85	1,50	1,90	2,71	2,00	3,00	4,66
H <sub>2</sub> O-	—	0,66	0,04	0,12	—	—	0,06	—
H <sub>2</sub> O+	1,92	1,84	2,32	1,88	2,20	1,12	1,04	2,76
Perd. a 900°	0,24	1,90	0,54	1,14	1,20	0,44	0,60	1,36

T A B L A II

Ap	1,40	3,45	0,94	1,3	3,3	0,65	0,55	0,26
Ilm	2,48	1,94	2,35	1,4	0,4	1,20	1,26	—
TiO	1,87	2,26	2,49	1,7	2,4	2,52	2,69	1,95
Cpx	16,94+	8,30+	27,29+	21,10+	20,0+	30,97+	11,72+	22,58+
Oliv.	1,49	17,23	6,71	8,7	2,0	1,08	2,90	—
Hip.	14,37	—	—	—	5,8	1,50	—	—
Ne	—	2,95	12,03	1,6	—	—	10,04	4,14
Ort.	14,32	5,41	10,10	14,8	32,8	20,61	25,72	71,07
Plag.	51,12	58,46	38,08	49,4	33,4	41,46	45,12	—
I.C.	38,6	33,2	39,8	34,2	33,9	37,9	19,1	24,8

\* Titanoaugita

• Aegirinaugita



- El calcio aumenta hacia las rocas intermedias paralelamente con el contenido de plagioclasa y disminuye abruptamente en las sienitas zeolíticas a causa de la desaparición de la misma.
- El magnesio disminuye notablemente.
- El hierro total aumenta en las sienitas intermedias, en las cuales las cantidades de olivina, clinopiroxeno y magnetita son mayores, y disminuye hacia el final de la serie donde estos minerales decrecen y los piroxenos son sódicos.
- El titanio aumenta levemente hacia las rocas intermedias y disminuye abruptamente hacia las sienitas, donde desaparecen titanogaugita e ilmenita.
- El contenido de sílice es constante hasta los términos intermedios y aumenta abruptamente hacia el final de la cristalización.

- 
- 35 - Teschenita. Cresta Trompette.
  - 39 - " " "
  - 47 - " " "
  - 189 - Teschenita. C° San Bernardo.
  - 196 - Teschenita sienítica. Cerro San Bernardo.
  - 212 - Teschenita sienítica. Cerro Romero.
  - 44 - Sienita teschenítica. Cresta Trompette.
  - 40 - Sienita zeolítica. Cresta Trompette.

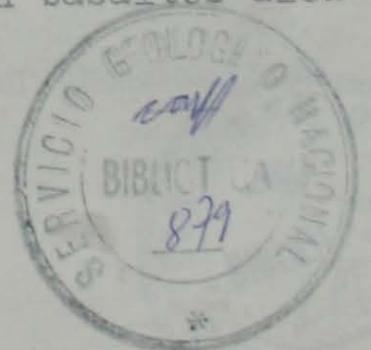


El cuarzo de la cristalización se observa claramente en el diagrama AFM de la figura 4, donde se han proyectado las rocas del complejo Cresta Trompette. De derecha a izquierda se pone de manifiesto un enriquecimiento en hierro total respecto del magnesio, allí el alejamiento del componente  $N_2O+K_2O$  en la parte inicial de la curva, demuestra que los álcalis tienden a concentrarse en los líquidos residuales.

El enriquecimiento en total en las rocas intermedias, se pone en evidencia por la aproximación de la curva hacia ese componente. Al disminuir en el magma las concentraciones de  $MgO$  y hierro total se produce un incremento de  $Na_2O+K_2O$ , esto es evidente por el abrupto vuelco de la curva hacia los álcalis en las etapas finales de la cristalización, cuando se concentran tanto en los piroxenos como en los feldespatos alcalinos dando las sienitas zeolíticas.

#### CONCLUSIONES DE LA PARTE I.

- 1) La serie teschenita - teschenita sienítica - sienita teschenítica - sienita zeolítica constituye complejos anulares y filones capas intruídos a lo largo de grandes fallas que delimitan un "rift", que se encuentra encerrando la depresión de los lagos Masters y Colhue Huapi.
- 2) La serie en cuestión deriva de un magma de composición basáltico alcalino, típico de zonas no orogénicas y de origen subcrustal profundo puesto de manifiesto por la existencia de nódulos ultrabásicos lherzolíticos en basaltos alcalinos asociados (Villar, 1975).



3) La diferenciación desde teschenita hasta sienita zeolítica está demostrada por la presencia de una mesostasis de composición sienítico zeolítica dentro de las teschenitas sieníticas. Está representada al líquido residual enriquecido en sodio. Esto se encuentra en el Complejo Cresta Trompette donde ambas facies están presentes en escala mucho mayor y separadamente.

4) Del magna original derivan dos facies una teschenítica anhidra y otra residual sienítica hidratada formada por un enriquecimiento progresivo del líquido magmático en sodio, agua y sílice y un empobrecimiento en calcio.

Que las facies sienítica es hidratada, lo prueba la presencia de anfíboles y el alto contenido en zeolitas (tanto primarias como secundarias).

5) El Cresta Trompette es el complejo donde la facies sienítica alcanza mayor desarrollo; en otros esta facies se manifiesta por la presencia de venas de sienita zeolítica y de zeolitas en el borde superior de los diques anulares tal como en Los Leones.

6) La existencia de ilmenita junto con magnetita evidencian un proceso de cristalización más acabado que el del sill teschenítico de Black Jack (Wilkinson, 1958) donde el opaco predominante es ilmenomagnetita.

7) El único proceso de autometamorfismo residual observado es el de zeolitización que afecta tanto a los feldespatos alcalinos como a la plagioclasa; es más intensa en las sienitas zeolíticas.

8) Las facies pegmatíticas de esta serie son thomsonitas





pegmatoideas en venas transgresivas que afloran en los bordes superiores de los diques anulares.

9) La serie descripta es típica para diversas localidades del mundo tal como Gunnedah, Nueva Gales del Sur e Islas Shiant, Escocia.

## PARTE II

### GEOLOGIA ECONOMICA.

#### Análisis químicos.

Los análisis del muestreo fueron realizados por Elena Abeijón de Berón y Salvador Ferraro en los Laboratorio del Servicio Minero Nacional. Los resultados se transcriben en las tablas III y IV, y las clasificaciones petrográficas al pie de cada tabla, en ellas puede notarse el predominio de las teschenitas. El porcentaje de los óxidos analizados es el normal correspondiente a rocas semejantes en otras partes del mundo, salvo por el contenido de alúmina de las teschenitas de Sarmiento que es un poco más bajo.

En las tablas se observa todo un grupo de rocas intermedias: teschenitas sieníticas y sienitas tescheníticas cuyos contenidos de sílice son mayores que los de las teschenitas, los de alúmina menores, presentan un incremento de  $TiO_2$  (hasta 4 %) y una disminución de  $CaO$  y  $MgO$ .

Las rocas 40, 34 y 37 son sienitas zeolíticas con nefelina del Complejo Cresta Trompette y se caracterizan por un contenido de sílice y alúmina mayor que el de las rocas intermedias, una disminución notable de  $CaO$ ,  $TiO_2$  y  $MgO$  los cuales disminuyen hasta casi desaparecer, la suma de los álcalis aumenta notablemente.



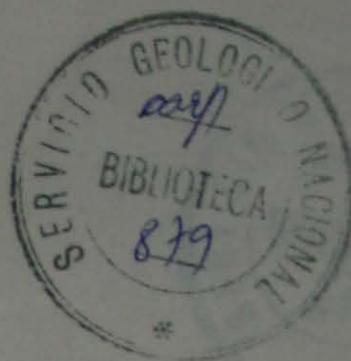
La tabla V muestra las sienitas zeolíticas con nefelina de Sarmiento y sienitas nefelínicas de Malawi, Angola (Africa) y Sao Paulo (Brasil). De la misma se infiere que la 40, la más alcalina de las sienitas de Sarmiento y que presenta mayor contenido en nefelina, es muy similar a la sienita nefelínica de Sao Paulo, si bien su contenido de hierro férrico es mayor y el de alúmina es menor. En general las sienitas nefelínicas de comparación tienen un contenido mayor de alúmina, menor de hierro total y la suma de sus álcalis es mayor que la de las sienitas de Sarmiento. La sienita nefelínica de Teruggi (1964) coincide aun más con las sienitas de comparación.

Proveniencia de las sienitas de Sarmiento.

Las sienitas de Sarmiento son diferenciaciones alcalinas encontradas hasta el presente, en el complejo teschenítico de Cresta Trompette. A causa de ser diferenciaciones alcalinas no constituyen una masa neta de roca sino que existen pasajes entre las teschenitas y las sienitas zeolíticas las cuales se observan en las partes superiores del complejo mencionado.

En la figura 5 se observan las diferenciaciones sieníticas del complejo Cresta Trompette encerradas en un dique de teschenitas. Presentan un afloramiento irregular cuya mayor dimensión es de 1300 m por un ancho de 500 m (dimensiones aproximadas).

Determinaciones realizadas en el Centro de Investigaciones para las Industrias Minerales del I.N.T.I. (C.I.I.M.)



En el Centro de Investigación para las Industrias Minerales se determinaron los puntos de fusión de las siguientes muestras:

Nº Muestra	Nº Muestra CIIM	Punto de Fusión
20 (teschenita)	10420	1195
40 (sienita)	10421	1270
44 (sienita)	10422	1170

Los puntos de fusión para las sienitas 40 y 44 son similares a los de las sienitas nefelínicas investigadas en otros países.

Los puntos bajos de fusión parecen indicar (en caso de ser beneficiadas) su aptitud como fundentes en las pastas de vidrio y cerámica. Al mismo tiempo la composición de las sienitas indica que pueden aportar álcalis y alúmina a esas pastas.

Las separaciones magnéticas en seco y húmedo dieron los siguientes resultados:

Separación magnética a seco

Separador Carpco

Granulometría 35 mallas

Intensidad 1 Amp.

Entre Hierro = 5 mm

Muestra	CIIM 10420	CIIM 10421	CIIM 10422
Fracción	% Peso	% Peso	% Peso
Magnética	26,9	0,3	17,0
No magnética	73,1	99,7	83,0



Separación magnética en húmedo

Tubo Davies

Granulometría 150 mallas

Intensidad: 1,2 Amp.

<u>Muestra</u>	CIIM 10420	CIIM 10421	CIIM 10422
Fracción	% Peso	% Peso	% Peso
Magnética	5,4	9,0	0,4
No magnética	94,6	91,0	99,6

La separación magnética en húmedo indica una baja proporción de fracción magnética lo cual implicaría que parte de  $Fe_2O_3$  de las sienitas de Sarmiento que molesta para su manufactura es fácilmente separable y por lo tanto podrían ser aptas para ser beneficiadas.

CONCLUSIONES.

El objetivo inicial del trabajo fue prospectar la zona en busca de sienitas nefelínicas.

1)- Por medio de esa prospección se ha encontrado la serie teschenita-teschenita sienítica- sienita zeolítica con nefelina.

2)- De la serie enunciada la roca que responde al objetivo inicial del trabajo es la sienita zeolítica con nefelina.

3)- Esta sienita zeolítica con nefelina aparece en el complejo Cresta Trompette.

4)- De la comparación entre la sienita zeolítica con nefelina de Sarmiento y otras sienitas nefelínicas del mundo usadas en la industria, se infiere (ver tabla V) que la roca motivo de este estudio posee menos alúmina, más hierro



férrico y menos  $K_2O$ . La más parecida a la sienita de Sarmiento es la de Sao Paulo.

En la tabla V se transcribe un análisis de una sienita con analcima de Sarmiento (Teruggi, 1964), que es aun más similar a las sienitas de Angola, Malawi y Sao Paulo, aunque su contenido en hierro férrico es mayor que en estas últimas.

5)- Como puede observarse en las tablas, el afloramiento de la sienita zeolítica con nefelina no es homogéneo e incluye rocas del mismo grupo (sienitas zeolíticas) aunque de composición fluctuante, lo cual indica que sin conocer la composición media del afloramiento es difícil determinar si son económicamente aptas en cuanto a la cantidad y calidad.

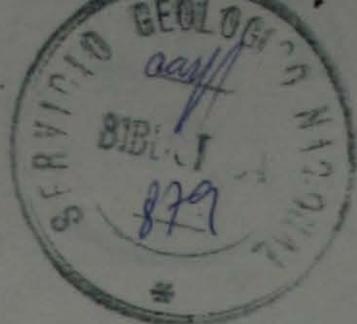
6)- La escasa cantidad de nefelina 5 % no permite considerar a estas rocas como posible fuente de obtención de aluminio.

#### RECOMENDACIONES.

Basándose en los puntos 4 y 5 de las conclusiones y, en las determinaciones realizadas por el CIIM y, dado que en la Argentina no se han realizado investigaciones sobre el comportamiento de las sienitas nefelínicas en cerámica y vidrio se recomienda:

1)- Continuar con el estudio de aptitud industrial para las sienitas zeolíticas con nefelina de Sarmiento ya que son interesantes desde el punto de vista económico.

2)- De resultar positivo el estudio de aptitud industrial es necesario determinar la composición media del afloramiento del Cresta Trompette.



3)- Si esta composición fuese similar a la roca apta N° 40, se recomienda cubicar el depósito.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a los señores Doctores Milka K. de Brodtkorb, Eva Donnari, Silvia Ametrano, Elena Abeijón de Berón y Salvador Ferraro la colaboración en las determinaciones calcográficas, roentgenográficas y químicas y al Dr. Victor Ramos por su asesoramiento foto-geológico.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO.

- Allen J.B. and Charsley T.J. (1968) Nepheline - Syenite and Phonolite. Institute of geological Sciences- London.
- Deer W.A., Howie R.A. Zussman J. (1974 - Rock Forming minerals Vol. I. Longman, Gran Bretaña.
- Ferello R. (1969) Intento de sistematización geocronológica de las rocas eruptivas básicas en sectores del Chubut y Santa Cruz Norte. Actas de las IVtas Jorn. Geol. Arg. T.I.
- Gonzalez, R. (1971) Descripción geológica de la Hoja 49 c, "Sierra San Bernardo", prov. del Chubut. Boletín 112, Dir. Nac. Geol. Min. Buenos Aires.
- Mórtola E. (1923) Rocas alcalinas básicas del sur del Chubut. Dirección Gral. de Minas, Geol. e Hidr. Boletín n° 34 Serie B. Geología.
- Riccardi A.C. (1971) Estratigrafía en el oriente de la Bahía de la Lancha, Lago San Martín, Santa Cruz, Argentina.



Rittmann A. (1973) Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks, Springer Verlag, Berlín.

Troger, W.E. (1959) Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1, Stuttgart.

Teruggi, M.E. (1964) Differentiated zeolite-and nepheline syenites in basic sills of Central Patagonia - XXII Intern. Geol. Congress, India, Part VII. Proc. of Section 7.

Vilela, C.R. (1971) Descripción Geológica de la Hoja 48 c, "Lago Masters" prov. del Chubut. Boletín 113, Dir. Nac. Geol. Min. Buenos Aires.

Villar, L.M. (1975) Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado metalogénico.

Viviers, M.C. (1970) Rocas básicas de los Cerros Pastel y Puricelli, provincia del Chubut, República Argentina y los fenómenos de diferenciación - Rev. Asoc. Geol. Arg. T. XXV, N° 3.

Wilkinson, J.F.G. (1958) The petrology of a differentiated teschenite sill near Gunnedah, New South Wales - Am. J. Sc. Vol 256, January 1958.

T A B L A III

	20	23	42	43	159	151	153	155	156	158	160	189
Silice (SiO <sub>2</sub> )	% 46,60	46,27	44,55	46,57	48,83	46,95	44,83	44,16	47,20	42,67	45,30	47,93
Aluminio en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 12,77	15,18	12,99	11,32	12,65	12,66	10,98	13,05	13,22	10,93	16,68	12,63
Hierro en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 5,96	6,79	8,27	9,65	3,79	4,95	13,08	4,45	5,03	9,65	3,11	7,55
Hierro en FeO	% 7,09	7,10	8,59	6,78	8,34	7,24	2,56	9,95	9,05	4,52	8,25	4,52
Titanio en TiO <sub>2</sub>	% 1,90	2,30	3,20	2,20	1,80	1,80	1,80	2,00	2,10	1,90	2,20	2,00
Fósforo en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% 0,35	0,45	0,45	0,40	0,60	0,30	0,70	0,70	0,60	1,00	0,65	0,70
Manganeso en MnO	% 0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Calcio en CaO	% 11,06	11,16	11,26	11,06	10,44	11,06	11,06	12,52	10,75	9,83	11,04	11,06
Magnesio en MgO	% 7,50	4,41	4,29	4,41	6,18	4,85	9,05	6,62	3,75	12,24	4,41	6,62
Sodio en Na <sub>2</sub> O	% 2,00	2,50	3,00	3,80	3,26	3,00	2,54	3,27	3,63	2,63	3,27	3,09
Potasio en K <sub>2</sub> O	% 0,75	0,92	0,75	0,83	1,62	1,25	2,33	1,50	1,25	1,66	1,41	1,33
Agua a 110° C H <sub>2</sub> O-	% 0,60					0,40	0,36	0,24	0,90	0,90	0,38	0,30
Agua a 280° C H <sub>2</sub> O +	% 2,56	2,52	2,74	2,90	1,52	1,80	1,00	0,66	1,68	0,90	1,76	1,20
Pérdida a 900° C	% 1,14	0,34	0,06		0,76	3,72		1,26	1,18	1,26	1,26	0,70

20 - 23 - 42 - 43 - 159 - 151 - 153 - 155 - 156 - 158 - 160 - 189 = Teschenitas.



T A B L A IV

	45	48	194	188	190	197	198	231	33	34	37
Sílice SiO <sub>2</sub>	51,33	51,15	48,42	49,85	49,15	48,60	50,23	49,35	55,04	55,40	55,53
Aluminio en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,89	13,55	13,88	9,50	13,67	12,40	9,65	9,46	13,59	9,50	17,98
Hierro en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,55	7,79	2,85	6,73	4,21	6,32	5,88	10,96	11,91	9,94	6,60
Hierro en FeO	8,29	6,94	8,75	7,58	7,58	5,30	7,58	5,30	4,37	6,18	4,52
Titanio en TiO <sub>2</sub>	2,00	1,80	1,80	2,80	2,00	1,90	2,90	2,90	0,40	1,90	0,70
Fósforo en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,50	0,50	0,60	0,80	0,70	0,50	0,70	0,80	0,05	0,50	0,10
Manganeso en MnO	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Calcio en CaO	5,22	5,62	9,83	8,91	8,60	10,14	9,83	6,45	vest.	vest.	1,84
Magnesio en MgO	2,42	1,98	5,29	4,85	5,52	4,19	4,19	3,09	3,75	8,60	1,10
Sodio en Na <sub>2</sub> O	4,26	4,66	4,23	3,89	4,11	3,78	3,57	4,00	6,00	4,13	4,06
Potasio en K <sub>2</sub> O	1,76	2,11	1,83	2,10	1,86	1,81	2,53	3,95	1,75	1,78	3,65
Agua a 110° C H <sub>2</sub> O -	0,20	0,76	—	0,56	0,34	—	0,58	—	0,36	0,70	—
Agua a 280° C H <sub>2</sub> O +	2,00	2,84	1,84	1,70	2,06	3,24	1,22	3,08	2,60	1,46	2,76
Pérdida a 900° C	0,50	0,30	0,44	1,16	0,34	1,48	0,84	0,78	0,28	0,04	0,10

45- 48- 188- 190- 197- 198- 231 teschenitas

33- 34- 37- sienitas zeolíticas

40- sienita zeolítica con nefelina



T A B L A V

	40	33	34	37	6	Sienita nef. de Malawi	Sienita nef. de Angola	Sienita nef. de Sao Paulo	44
SiO <sub>2</sub>	56,73	55,04	55,40	55,53	54,60	55,77	55,10	56,39	51,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,53	13,59	9,50	17,98	20,38	22,26	19,02	19,46	17,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,39	11,91	9,94	6,60	5,02	1,33	1,83	1,45	6,10
FeO	4,67	4,37	6,18	4,52	2,05	2,50	3,08	4,20	5,88
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,40	1,90	0,70	n.r.	0,50	1,80	0,82	1,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,05	0,50	0,10	n.r.	0,21	0,33	0,95	0,30
MnO	0,02	0,03	0,02	0,02	—	0,19	0,08	0,19	0,02
CaO	0,71	vest.	vest.	1,84	3,28	1,25	4,02	1,93	5,22
MgO	1,05	3,75	8,60	1,10	2,53	0,58	0,94	1,00	0,88
Na <sub>2</sub> O	6,86	6,00	4,13	4,06	6,70	8,05	6,75	6,20	5,96
K <sub>2</sub> O	4,66	1,75	1,78	3,65	4,97	6,66	6,84	5,44	3,00
H <sub>2</sub> O-	—	0,36	0,70	—	0,69	0,06	0,06	—	0,06
H <sub>2</sub> O +	2,76	2,60	1,46	2,76	—	0,43	0,47	—	1,04
Perd. a 900° C	1,36	0,28	0,04	0,10	—	—	—	1,47	0,60
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	0,07	—	—	—
ZrO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	0,10	—	—	—
SO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	0,03	—	—

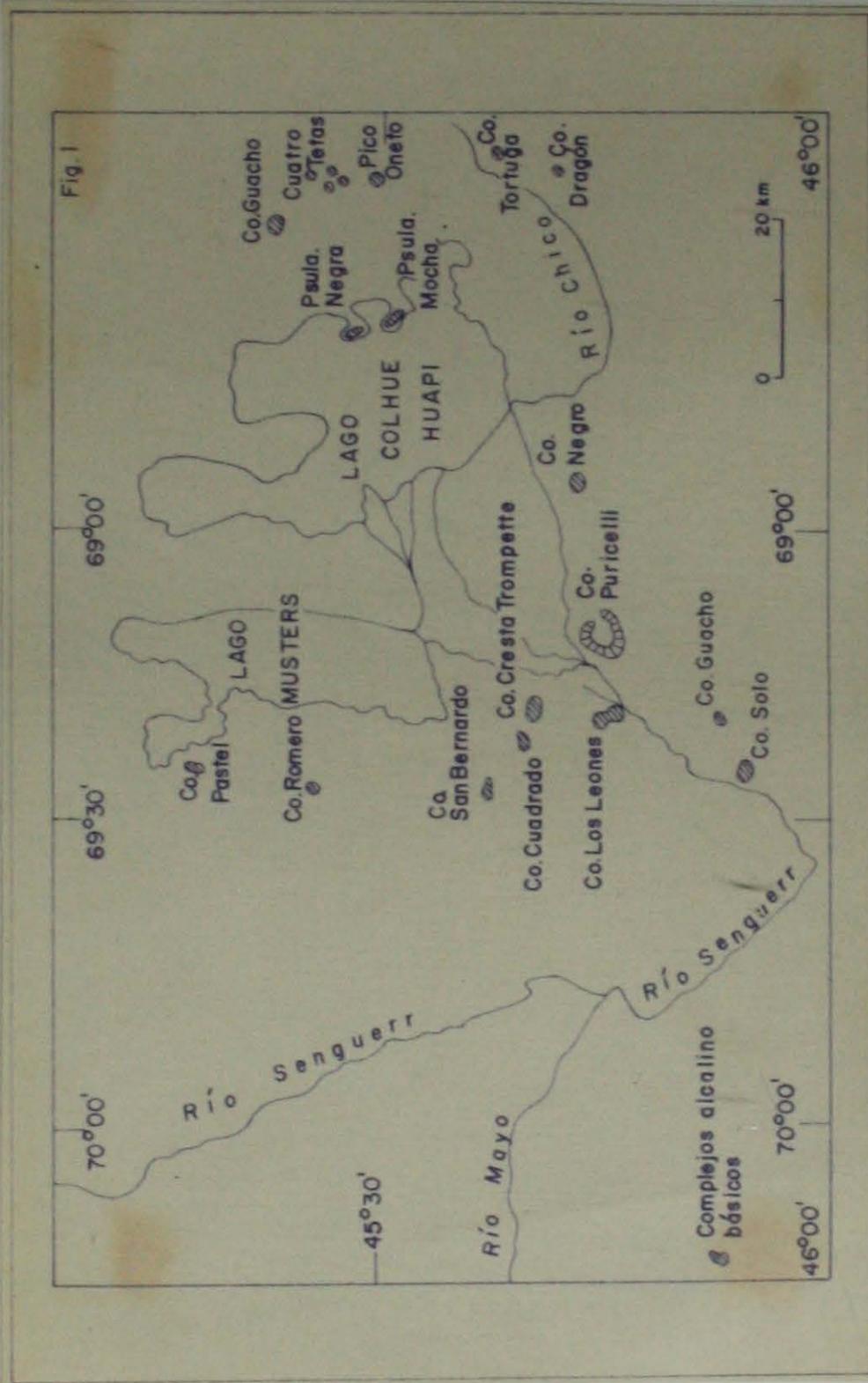


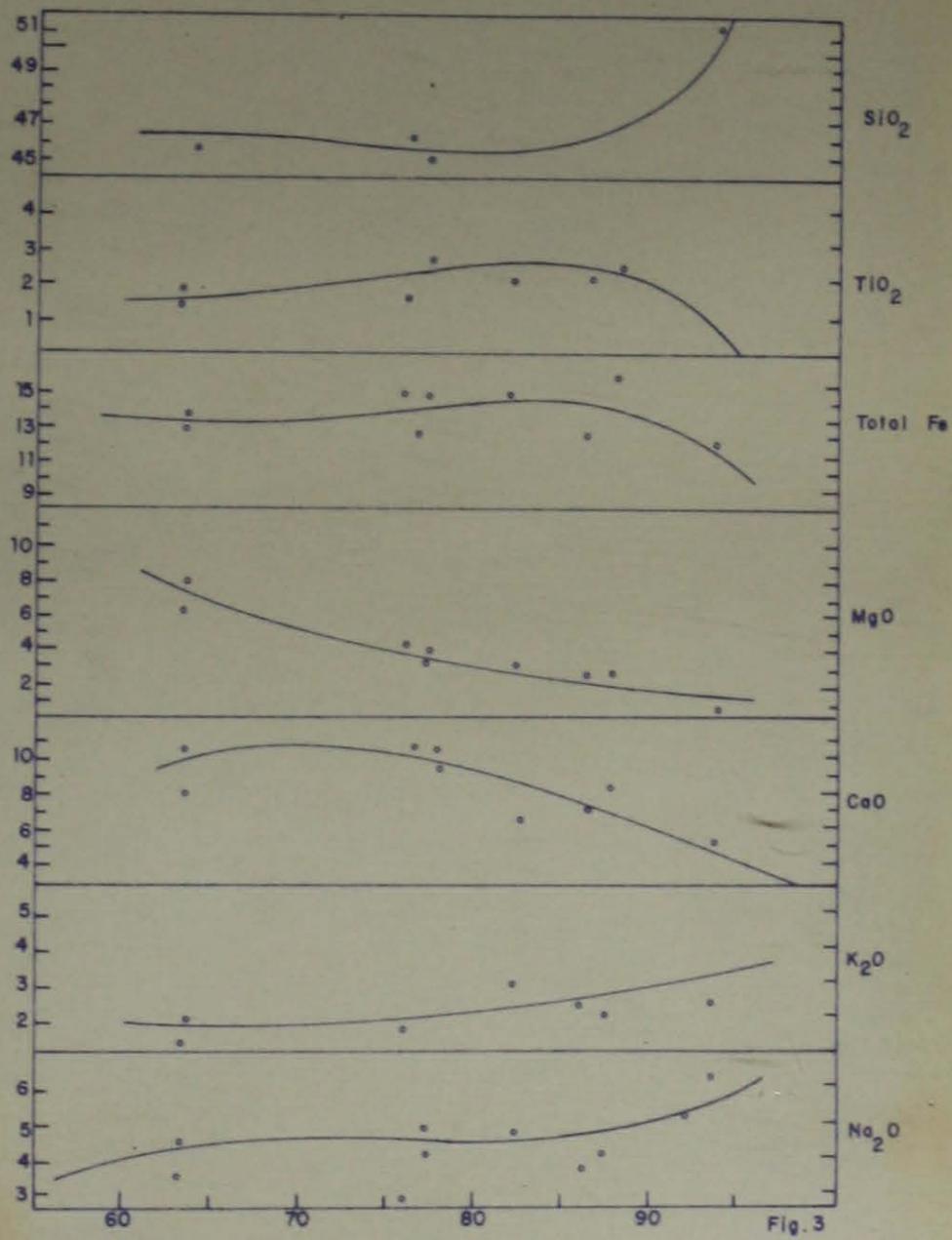
40 - Sienitas zeolíticas con nefelina de Sarmiento.

33 - 34 - 37 - Sienitas zeolíticas de Sarmiento.

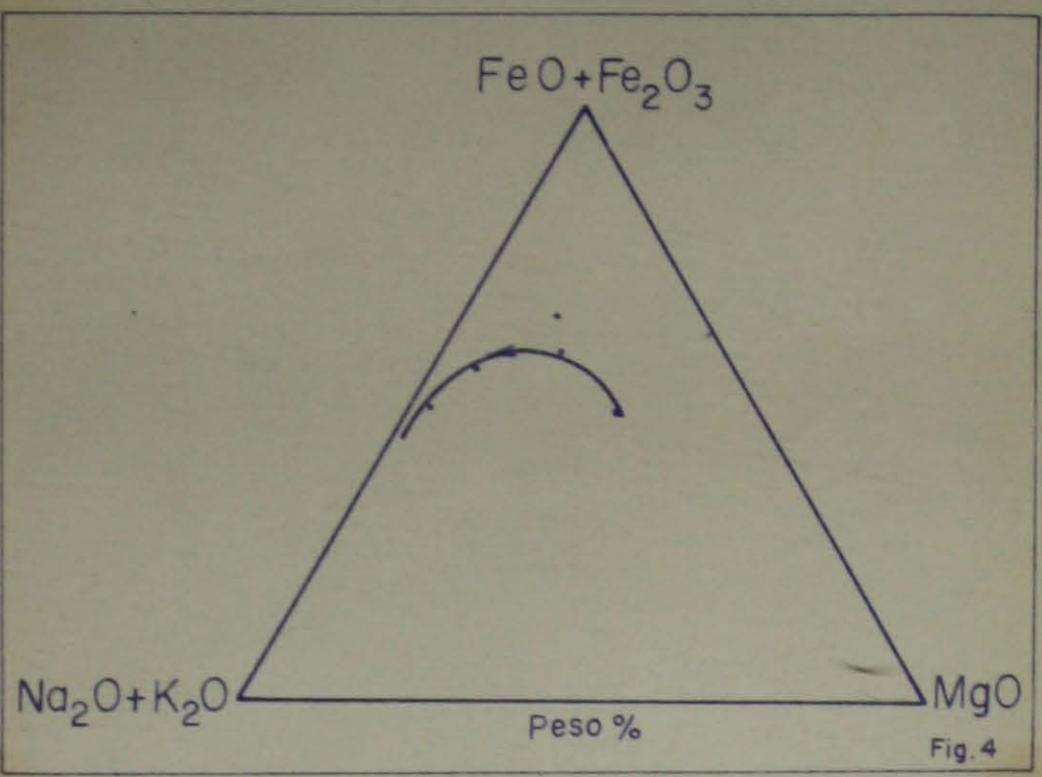
6 - Sienita analcímica de la vena norte, C° Cuadrado (Teruggi 1964)

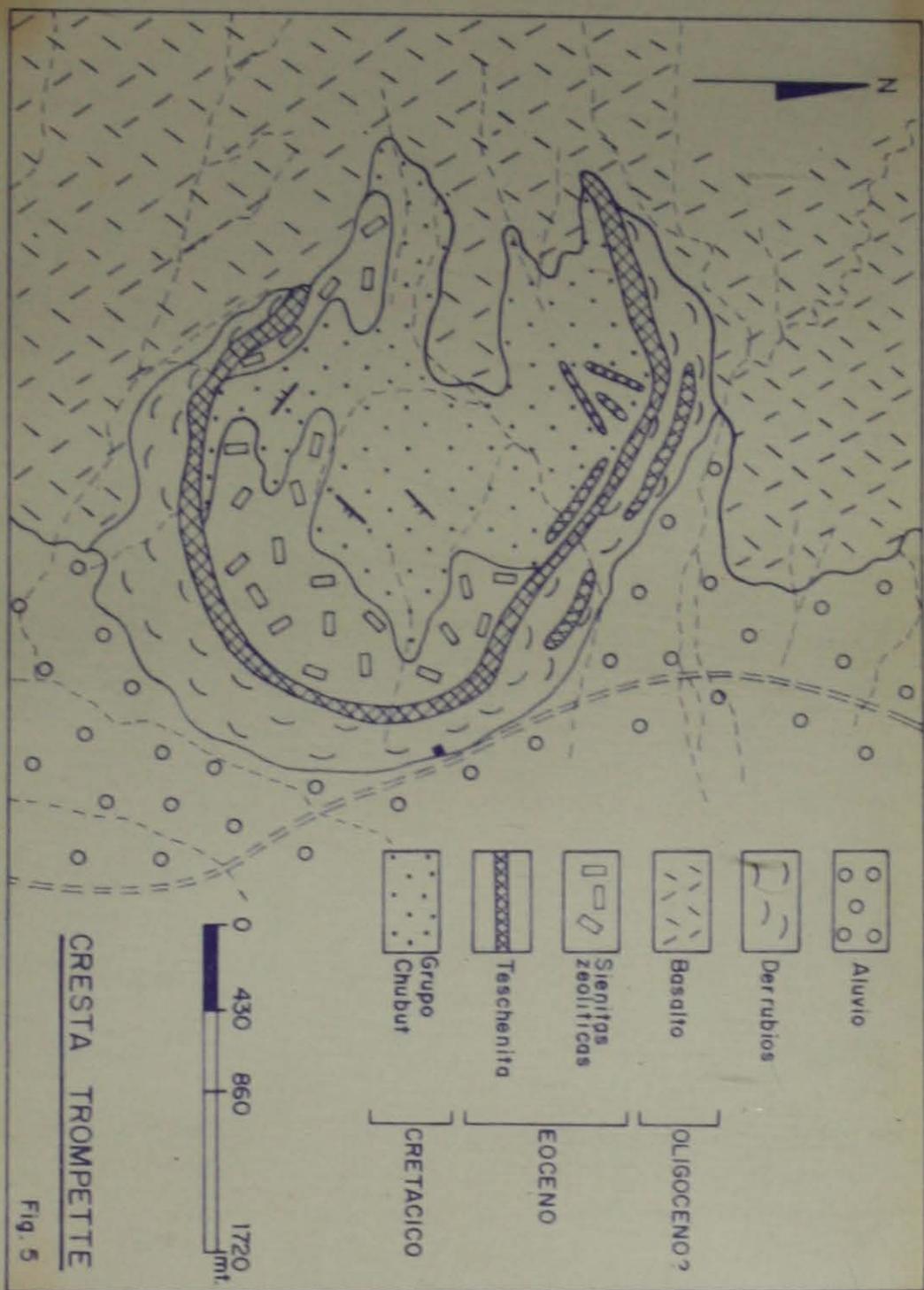
44 - Sienita teschenfítica de Sarmiento.





$$\frac{\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}} \times 100$$





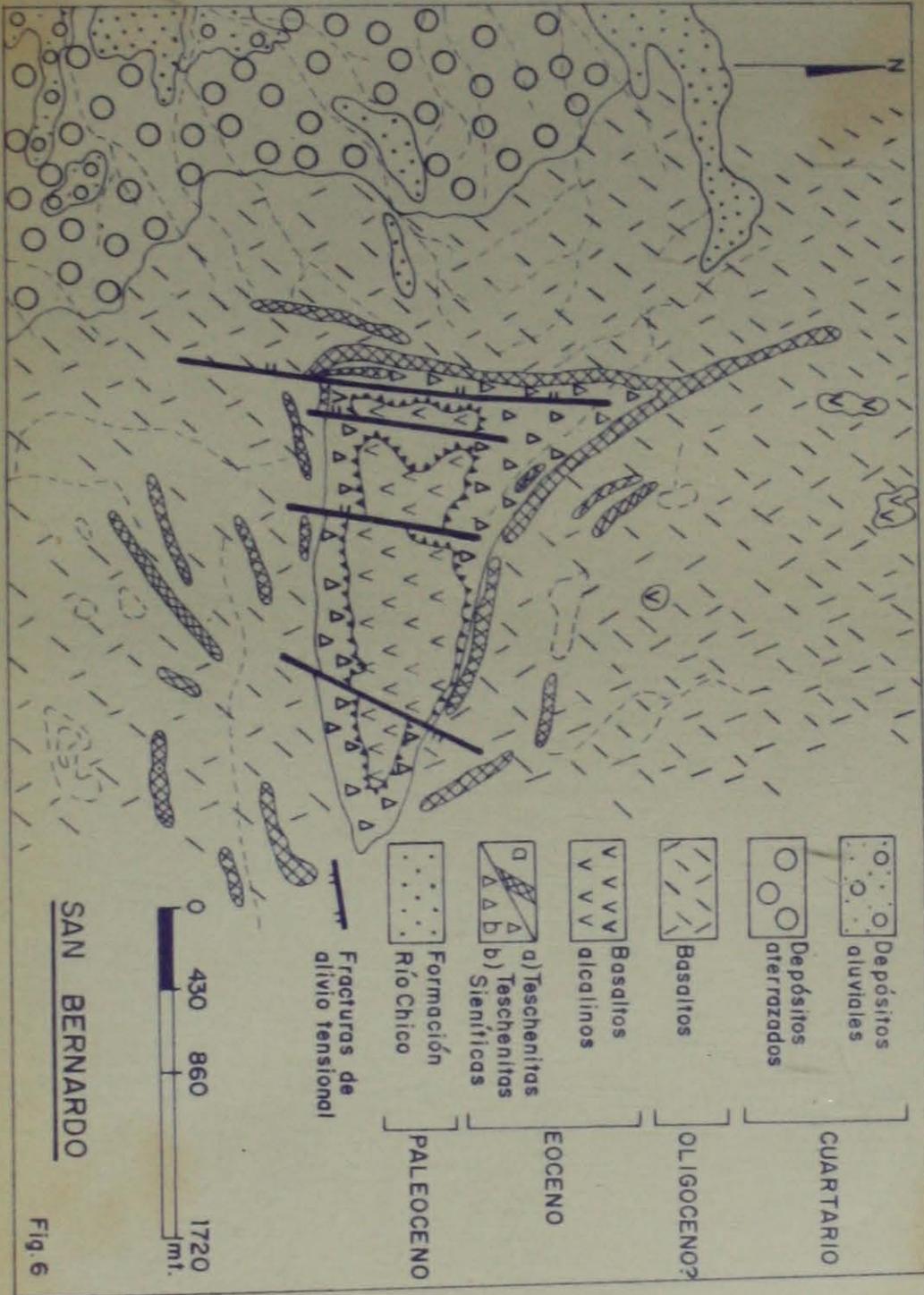
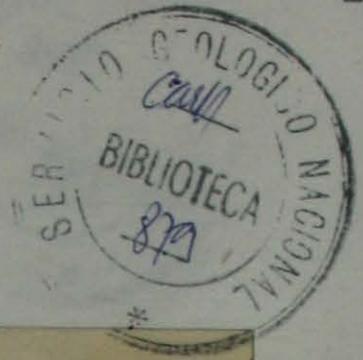
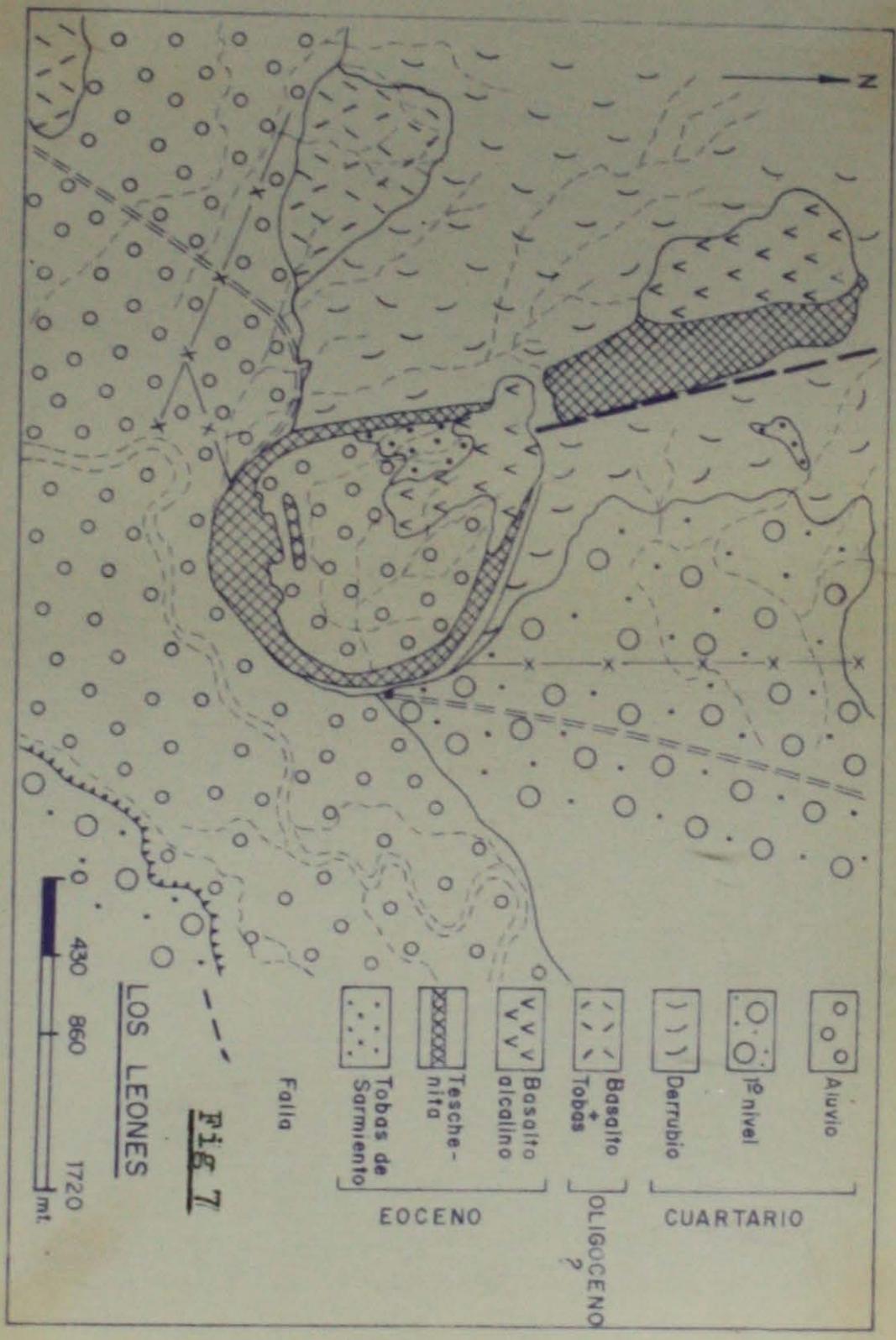


Fig. 6



ILUSTRACIONES



Foto 1 - Cantera de teschenita del C° Dragón.



Foto 2 - Se observa el apretado diaclasamiento de la roca explotada en el C° Dragón.



Foto 3 - En el centro de la foto se observa el C° Guacho tomado desde el Pico Oneto.



Foto 4 - Cresta de teschenita del Pico Oneto.



Foto 5 - Cresta del Pico Oneto. En el frente de la foto se observan las tobas del Chabutiano en posición horizontal.



Foto 6 - Brecha del pipe del C° Cuadrado constituida por clastos de basaltos alcalinos en matrix de zeolita y calcita.



Foto 7 - Sienitas zeolíticas con nefelina del Complejo Cresta Trompette.



Foto 8 - El Complejo Cresta Trompette. En su parte superior afloran las sienitas zeolíticas con nefelina.



Foto 9 - Aspecto del cuerpo San Bernardo. Los afloramientos marcados con la letra A son teschenitas sieníticas, en la parte superior se distingue el basalto horizontal.



Foto 10 - Aspecto del complejo de San Bernardo y sus teschenitas sieníticas.





Foto 11 - Aspecto del Cerro Tortuga, en su parte media se observan las paredes de teschenita.



Foto 12 - Complejo del Cerro Romero (centro de la foto). Sobre su mesada afloran teschenitas sieníticas.



Foto 13 - Aspecto interno de un dique anular de Los Leones. La camioneta aparece junto a tobas horizontales del Chubutiano. Hacia la izquierda se encuentran cortadas por un dique radial al dique anular.



Foto 14 - Pared del cuerpo de forma dómica de Los Leones. Se observan las teschenitas de color gris.





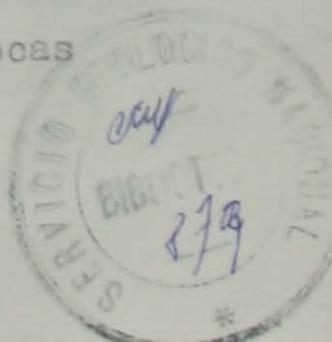
Foto 15 - Vista panorámica del cuerpo de Los Leones. A la izquierda se observa el perfil del dique anular y a la derecha el del cuerpo dómico.



Foto 16 - Dique anular de Los Leones visto desde el cuerpo dómico. En aquel (centro) se observan rocas efusivas basálticas.

Vargas

Depart





APENDICE CALCOGRAFICO

por

Milka K. de Brodtkorb

y

Eva Donnari

Muestra N° 172:

Macroscópicamente se estima un porcentaje de 2% de minerales opacos. Al microscopio se observan cristales alotriomorfos de Ilmenita con tamaños desde 0,5 a 1/mm y también con forma de tablillas,. Escasos granos de Magnetita, subidiomórficos, algo martitizados. Se encuentra un mineral de poder reflector bajo y alta dureza perteneciente probablemente al grupo de espinelos (cromita?), y que frecuentemente contiene inclusiones de Pirrotina y/o Calcopirita de pequeño tamaño. También se presenta calcopirita en granos aislados no mayores de 50 micrones.

Muestra N° 188:

Macroscópicamente se determina un porcentaje aproximado de 1-2 % de minerales opacos. Al microscopio se reconocen tablillas y cristales subidiomórficos de Ilmenita, de tamaño de hasta 3 mm, a veces asociadas a Magnetita. Esta se presenta en cristales sub-e idiomórficos incipientemente martitizados, con tamaños variables entre 0,5 a mas de 1 mm. Se encuentra un mineral de poder reflector bajo y alta dureza, perteneciente probablemente al grupo de espinelos (cromita)?, el cual contiene frecuentemente inclusiones de Calcopirita



y/o Pirrotina de pequeño tamaño. Chispas no mayores de 5 micrones de Calcopirita, Pirrotina y elemento nativo ?.

Muestra N° 189:

Macroscópicamente se estima un porcentaje del 1% de minerales opacos. Al microscopio se observan granos subidiomorfos de Magnetita, excepcionalmente de hasta 1 mm. Algunas presentan desmezclas finas de Ilmenita. Se encuentran también tablillas aisladas de Ilmenita en menor proporción de magnetita.

Muestra N° 129:

Macroscópicamente se observa un porcentaje aproximado de 3 % de minerales opacos. Al microscopio se reconoce Magnetita con desmezclas de Ilmenita, de tipo tabular fino y según los ejes cristalográficos de la Magnetita. El tamaño de los cristales de este mineral oscila entre 0,5 a más de 1/mm. Se observan algunos granos de Pirrotina alotriomorfos, a veces asociados a pequeños granos de Calcopirita. También aquí se observa un mineral de bajo poder reflector y alta dureza perteneciente probablemente al grupo de espinelos (cromita) ?, a veces conteniendo inclusiones de Calcopirita y/o Pirrotina, de pequeño tamaño.

Muestra N° 231:

Macroscópicamente se estima un porcentaje de 5 % de minerales opacos. Al microscopio se observan granos subidiomórficos que originariamente fueron de Magnetita, cuyo



tamaño llega hasta 2 mm y presenta desmezclas de Ilmenita, de variados tamaños, entre muy finas de no más de 10 micrones de ancho hasta otro grupo de 50 micrones. Prácticamente no quedan relictos de magnetita, habiéndose alterado a Hematita y luego a "Limonitas".

La Ilmenita se presenta, además de las desmezclas, como grandes individuos subidiomorfos de hasta 2 mm de tamaño, y en ambos casos no están alterados. En la Ilmenita se observan oquedades de forma tabular de probables inclusiones líquidas. En estos minerales se encuentran escasas gotas de sulfuros.

Muestra N° S/N.

Megascópicamente se determina un porcentaje aproximado de 5 % de minerales opacos. Al microscopio se observan cristales subidiomórficos de Magnetita, de tamaño variable entre 0,5 y 3 mm, con grandes desmezclas de Ilmenita y a veces incluyendo granos redondeados de Pirrotina.

En los minerales transparentes suele haber granos alotriomorfos de Pirrotina y Calcopirita, de tamaño entre 5 y 10 micrones.