

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA S.J.B.

Facultad de Ciencias Naturales
Sede Comodoro Rivadavia, Argentina

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Fakultät für Geowissenschaften
Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik
Bochum, Alemania

**“TECTÓNICA, METAMORFISMO Y MAGMATISMO DEL BASAMENTO ÍGNEO -
METAMÓRFICO LOCALIZADO EN EL NORDESTE DEL MACIZO DEL DESEADO,
SANTA CRUZ, ARGENTINA”**

Autora

María del Carmen Martínez

Director

Prof. Dr. Bernhard Stöckhert

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
DOCTOR EN GEOLOGÍA**

Año 2000

Agradecimientos

La mayor parte de mi trabajo de Tesis fue realizado en Alemania en el Instituto de Geología, Mineralogía y Geofísica de Bochum gracias al apoyo económico del Akademischen Austauschdienst (DAAD) y a dicho instituto.

El trabajo de campo, recolección de las muestras fue realizado en el Macizo del Deseado con el Dr. Raúl Giacosa y la Geol. Marisa Covaro gracias al apoyo de la Secretaría de Minería (SEGEMAR) y con el Dr. Peter Bitschene gracias al apoyo de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Agradezco al Prof. Dr. Bernhard Stöckhert por haber confiado en mí, haber tomado la responsabilidad de dirigir éste trabajo y apoyarme en cada una de las etapas del mismo. Asimismo agradezco al Dr. Raúl Giacosa por sus apreciaciones y por la lectura crítica de éste manuscrito.

Debo agradecer especialmente al Dr. Arne Willner por su ayuda incondicional, por la dirección técnica de mi trabajo, por las largas discusiones, y por su apoyo moral.

En Argentina quiero agradecer a la Geol. Marisa Covaro por su constante apoyo y aliento. Además quiero agradecer por la ayuda brindada en el área administrativa como en material bibliográfico, mapas, etc a los colegas Marcelo Márquez, Marisa Covaro, Daniel Rubiolo, Raúl Giacosa y Norma Arias. Por el apoyo brindado en mi primera estadía en Alemania quiero agradecer al Dr. Bitschene, Adriana Nillni y Cristian Palavicino. Un agradecimiento especial al Dr. Francisco Hervé por el interés en mi trabajo y su apoyo profesional y moral.

En Alemania quiero comenzar por agradecer a los preparadores de las muestras Eickhoff y Schulz como así también a Detmar y su grupo de trabajo. Agradezco al Dr Bernhardt por su apoyo técnico en la microsonda electrónica, por sus consejos y apoyo moral en cada una de las etapas de mi Tesis. Al Dr. Roller por su ayuda en la impresión y realización de los CD-Rom, al Dr. Duyster por la ayuda brindada en el análisis de texturas, al Dr. Neuser por su apoyo técnico y profesional en el área de la catodoluminiscencia. Agradezco al Dr. Fockenberg por la realización de los análisis químicos de rocas. Agradezco especialmente a mis compañeras de oficina Annete Lämmerhirt y Claudia Treppman por el compañerismo, aliento y amistad que me brindaron desde el primer momento, como así también a Dörthe, Dorotheé, Myriam, Stuart, Jens, Nassima y Alberto.

Un agradecimiento muy especial a Ralph Hinderberger por su constante aliento y apoyo moral incondicional.

*Dedico este trabajo a mi querida familia
mi mamá Ana , mi papá Roberto,
mi hermano Carlos y Ralph
ya que sin su amor , confianza y ánimo
hubiese sido imposible realizar éste
... mi sueño.*

*„Happy are those who dream dreams
and are ready to pay the price
to make them come true...!“*

L.J. Cardinal Suenens

INDICE

Páginas

1. Introducción.....	1
1.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	1
1.2 AFLORAMIENTOS DEL BASAMENTO IGNEO-METAMÓRFICO EN EL NORDESTE DEL MACIZO DEL DESEADO.....	2
1.2.1 Ubicación del área de trabajo	2
1.2.2 Estancia Tres Hermanas (ETH).....	2
1.2.3 Estancia Dos Hermanos (EDH).....	3
1.2.4 Estancia El Sacrificio (EES).....	3
1.3 EDAD DEL BASAMENTO ÍGNEO METAMÓRFICO	4
1.4 OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO	6
2. Métodos de Investigación.....	8
2.1 TRABAJO DE CAMPO	8
2.2 MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN	8
2.3 MICROSONDA ELECTRÓNICA (ME).....	8
2.3.1 Principio.....	8
2.3.2 Descripción de la ME.....	8
2.3.3 Preparación de las muestras	9
2.3.4 Condiciones de medición	9
2.3.5 Descripción de la utilidad de la microsonda.....	10
2.3.6 Análisis de los datos.....	11
2.4 ANÁLISIS QUÍMICO DE ROCAS.....	11
2.4.1 Preparación de las muestras	11
2.4.2 Condiciones de trabajo.....	12
2.4.3 Análisis de los datos.....	12
2.5 MICROSCOPIO DE CATODOLUMINISCENCIA.....	12
2.5.1 Principio.....	12
2.5.2 Preparación de las muestras	12
2.5.3 Condiciones de medición	13
2.6 MÉTODO AVA	13
2.6.1 Principio.....	14
2.6.2 Procedimiento.....	14
2.7 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE IMÁGENES	17
2.7.1 Utilidad	17
2.8 ELECTRON BACKSCATTER DIFFRACTION (EBSD).....	18
2.8.1 Descripción.....	18
2.8.2 Preparación de la muestra.....	18
2.8.3 Información obtenida.....	18
2.8.4 Utilidad	18
3. Estructuras Mesoscópicas.....	23
Fábricas planares	23
Fábricas lineares	23
3.1 ESTANCIA TRES HERMANAS	23
3.1.1 Estructuras asociadas al metamorfismo.....	23
3.1.2 Estructuras asociada a los corrimientos	26
3.1.3 Estructuras desarrolladas en el campo frágil.....	27
3.2 ESTANCIA DOS HERMANOS.....	29
3.2.1 Estructuras asociadas al metamorfismo.....	29
3.2.2 Evento intrusivo tardío	35
3.2.3 Deformación tardía.....	35
3.3 ESTANCIA EL SACRIFICIO.....	37
3.3.1 Intrusivos Siluro - Devónicos.....	37
3.3.2 Eventos intrusivos Triásicos – Jurásicos	41
3.4 CONCLUSIONES	43
4. Petrografía y Microfábricas.....	48
4.1 MICROESTRUCTURAS, MECANISMOS Y REGÍMENES DE DEFORMACIÓN	50
4.1.1 Afloramiento del basamento metamórfico en Estancia Tres Hermanas.....	50
4.1.2 Afloramiento del basamento metamórfico en Estancia Dos Hermanos.....	56
4.1.3 Afloramientos en Estancia El Sacrificio.....	61
4.2 REACCIONES.....	67
4.3 ALTERACIONES.....	68
4.4 ANÁLISIS DE TEXTURAS.....	69
4.4.1 Datos obtenidos	69
4.4.2 Interpretación de las fábricas de cuarzo.....	70

5. Química mineral	82
5.1 INTRODUCCIÓN	82
5.2 MICA BLANCA.....	82
5.2.1 Rocas cuarzo – feldespáticas.....	82
5.2.2 Rocas magmáticas	89
5.2.3 Resumen y conclusiones.....	91
5.3 BIOTITA	92
5.4 ANFIBOL.....	95
5.4.1 Introducción.....	95
5.4.2 Clasificación de anfíboles	95
5.4.3 Mecanismo de sustitución.....	97
5.4.4 Relación entre el grado de metamorfismo y el contenido en Titanio (Ti) en Hornblenda	99
5.4.5 Resumen y conclusiones.....	99
5.5 GRANATE.....	100
5.5.1 Objetivo del trabajo	100
5.5.2 Descripción.....	102
5.5.3 Zonación en granates	122
5.5.4 Origen de los granates.....	123
5.5.4.1 Granates magmáticos	123
5.5.4.2 Granates metamórficos	124
5.5.4.3 Proceso de difusión	124
5.5.4.4 Xenocristales de granate	125
5.5.5 Electron Backscatter Diffraction (EBSD) en granates de ETH.....	126
5.5.6 Resumen.....	128
5.6 PIROXENO.....	129
5.6.1 Conclusiones	130
6. Estimación de condiciones de presión y temperatura	137
6.1 INTRODUCCIÓN	137
6.2 GEOTERMOMETRÍA EN GRANATE – PIROXENO	137
6.3 GEOTERMOMETRÍA EN GRANATE - ANFÍBOL	139
6.4 GEOTERMOMETRÍA EN GRANATE – BIOTITA.....	140
6.5 GEOTERMOBAROMETRÍA EN ANFÍBOL	145
6.5.1 Contenido en Ti en anfíbol.....	145
6.5.2 Condiciones para la formación de actinolita en ETH.....	146
6.5.3 Relación entre el Al y el Si contenido en hornblenda.....	147
6.5.4 Anfíboles como indicadores de presión	148
6.5.5 Contenido en Al en hornblendas en rocas plutónicas	150
6.6 GEOBAROMETRÍA EN FENGITA	152
6.7 CONTENIDO EN CIRCÓN EN GRANITOS	152
6.8 RESUMEN	154
6.9 CONCLUSIONES	158
7. Análisis químico de plutonitas localizadas en el nordeste del Macizo del Deseado.....	159
7.1 ROCAS LEUCOCRÁTICAS.....	159
7.1.1 Clasificación	159
7.1.2 Análisis de los elementos mayoritarios.....	162
7.1.3 Análisis de elementos trazas.....	167
7.1.4 Discusión acerca mineralogía y paragénesis mineral.....	171
7.1.5 Origen de los magmas.....	172
7.2 ROCAS MELANOCRÁTICAS.....	173
7.2.1 Clasificación	173
7.2.2 Diagramas de discriminación.....	174
7.3 RESUMEN	179
7.4 CONCLUSIONES	180
8. Caracterización de los sistemas hidrotermales alojados en el basamento ígneo- metamórfico en ETH.....	182
8.1 CATODOLUMINISCENCIA EN CUARCITAS.....	182
8.2 CONCLUSIONES	187
8.3 CATODOLUMINISCENCIA EN MÁRMOL	187
8.3.1 Introducción.....	187
8.3.2 Observaciones en el mármol	187
8.4 CONCLUSIONES	189

9. Conclusiones.....	193
9.1 HISTORIA GEOLÓGICA	193
9.2 RELACIÓN PALEOGEOGRÁFICA	195
9.3 CONCLUSIONES	197
Bibliografía.....	200
ANEXO I Abreviaturas.....	208
ANEXO II Análisis en la ME.....	209
ANEXO II a Mica blanca	209
ANEXO II b Biotita.....	238
ANEXO II c Anfíbol.....	246
ANEXO II d Granate	268
ANEXO II e Piroxeno	304
ANEXO III Análisis químicos en plutonitas	306
ANEXO III a Tabla de análisis químicos	306
ANEXO III b Cálculo de la norma CIPW	314

1 Introducción

1.1 Geología Regional

El extremo sur del Continente sudamericano (*fig. 1.1*) está compuesto principalmente por dos provincias tectónicas, una Cordillera Patagónica Andina y un dominio extraandino (*fig. 1.2*). Este dominio extrandino constituye un margen continental pasivo en el cual es posible reconocer dos áreas estables, una el Macizo Nordpatagónico y otra el Macizo del Deseado. El Macizo Nordpatagónico ocupa un área de 67.000 km² en las provincias de Río Negro y Chubut. La geología en el sector oriental se caracteriza por un basamento metamórfico de una edad probablemente precámbrica superior a paleozoica inferior, está integrada por una unidad ígnea metamórfica de grado medio y otra exclusivamente metamórfica de grado bajo a muy bajo. En la región costera afloran remanentes de un arco magmático ordovícico que se encuentra cubierto en discordancia con sedimentos marinos del Siluro - Devónico. Se presenta además un importante plutonismo granítico de edad permo-triásica que subyace a las vulcanitas riolíticas jurásicas.

El Macizo del Deseado es una unidad morfoestructural positiva que ocupa un área de 68.000 km². La estratigrafía comienza con rocas metamórficas e ígneas pertenecientes al Complejo Río Deseado Viera & Pezzuchi (1976) de edad prepérmica. Estas rocas son cubiertas discordantemente por sedimentos continentales Pérmicos correspondientes al Grupo Tres Cerros. Sobre ellos se encuentra sedimentos y material piroclástico de edad triásica conocidos bajo la denominación de Formación El Tranquilo (Arrondo 1972). Toda la secuencia es intruída por granitos, granodioritas, gabros y dioritas correspondientes a la Formación La Leona de edad Triásico superior – Jurásico inferior (Achangel'sky, 1967). Estas intrusiones producen aureolas de metamorfismo de contacto en la roca de caja.

Durante el Jurásico medio comienza una intensiva actividad volcánica que se expresa a través de rocas basálticas y andesíticas correspondientes a la Formación Bajo Pobre, desarrollándose a términos de quimísmo ácido como ignimbritas, tobas y brechas pertenecientes a la Formación Chon Aike. Ambas formaciones constituyen el Grupo Bahía Laura (Lesta *et al.* 1972). Luego afloran sedimentos continentales, tobas con oolitas ferruginosas a niveles de paleosuelos correspondientes al terciario inferior. Toda la secuencia se encuentra cubierta por sedimentos marinos de edad oligocena de la Formación Patagonia. Por último se encuentran Rodados Patagónicos y Basaltos.

En el Macizo del Deseado se conocen seis reducidos afloramientos de basamento ígneo metamórfico, que se extienden desde los 47° S hasta los 49°S y desde los 66° O hasta los 70° O, y otro en las Islas Malvinas a los 52° S y 62° O. Tres de los cuales se localizan en el sector nordoriental y son conocidos como Estancia Tres Hermanas (ETH), Estancia Dos Hermanos (EDH) y Estancia el Sacrificio (EES), y los tres restantes en el sector central del Macizo cuya denominación es Bajo La Leona, Estancia La Modesta, Estancia La Bajada (*fig. 1.3*). Los asomos de basamento ubicados en el sector nordoriental se reúnen litoestratigráficamente bajo la denominación de Complejo Río Deseado

(Viera & Pezzuchi 1976). El afloramiento de Estancia Dos Hermanos fue estudiado posteriormente por Pezzuchi (1978), Palma (1986 y 1991) y Marquez *et al.* (1993). Los afloramientos ubicados en estancia Tres Hermanas fueron comunicados por Chebli y Ferello (1974) quienes asignaron éstas rocas al basamento pre antracólico (*sensu* Lesta y Ferello 1972). Posteriormente fueron estudiadas por Marquez *et al.* (1993, 1994), Giacosa (1994, 1997), Giacosa *et al.* (1998), Martinez *et al.* (2000), Martínez *et al.* (en prensa). Los afloramientos de Estancia el Sacrificio fueron estudiados por Giacosa *et al.* (1990) y Giacosa (1997).

1.2 Afloramientos del Basamento Igneo-Metamórfico en el Nordeste del Macizo del Deseado

1.2.1 Ubicación del área de trabajo

El área de estudio del presente trabajo de doctorado se localiza en el sector nordeste del Macizo del Deseado en la Provincia de Santa Cruz, entre las coordenadas 47° y 47° 50' de Latitud Sur y entre 68 ° y 66° de Longitud Oeste e incluye los afloramientos denominados Estancia Tres Hermanas (ETH), Estancia Dos Hermanos (EDH) y Estancia El Sacrificio (EES).

1.2.2 Estancia Tres Hermanas

Los afloramientos se ubican sobre el lecho y la margen derecha del Río Deseado. Las rocas ocupan alrededor de 1 km² de superficie. El rumbo de los afloramientos del complejo es Norte Sur y se dispone como tres pequeños bloques tectónicos de un ancho entre 100 y 300 m cada uno. Los bordes de los afloramientos se encuentran en contacto tectónico o parcialmente cubiertos por vulcanitas Jurásicas, de tipo riolíticas hacia el oeste (Formación Chon Aike) y andesítico- basáltico en el este (Formación Bajo Pobre) ambas correspondientes al grupo Bahía Laura. El afloramiento se encuentra integrado por cuarcitas (Martínez *et al.* 2000), cuarcitas micáceas, mármoles (Martínez *et al.* en prensa), esquistos anfibólicos, granitoides foliados, venas y filones de cuarzo con fluorita y sulfuros (Giacosa *et al.* 1990). Las cuarcitas son rocas gris blanquecinas con manchas limoníticas y marcada esquistosidad, éstas se ubican en el sector occidental como bloques positivos limitados por zonas de brechas. Algunas variedades son mas ricas en muscovita y constituyen las cuarcitas micáceas. En la zona central afloran esquistos cálcicos intercalados con las cuarcitas , presentan un color blanco con esquistosidad marcada, estas rocas suelen presentar silisificación.

En el sector oriental afloran mármoles, los cuales presentan una textura bandeada compuesta por bandas verdes oscuras y gris blanquecinas. Afloran también cuerpos graníticos de 20 a 60 cm de potencia que se alojan en los esquistos anfibólicos bandeados. la roca es de color gris compuesta por cuarzo microclino, plagioclase, muscovita, granate y calcita.

1.2.3 Estancia Dos Hermanos

Los afloramientos se ubican 40 km aguas abajo del afloramiento anterior y sobre la margen izquierda del Río Deseado. El basamento metamórfico integra un bloque tectónico en conjunto con las sedimentitas pérmicas. El rumbo de la foliación principal en las metamorfitas es N300 ° e inclina entre 30° y 50° al SW.

Las rocas presentes son filitas micáceas, cuarzofilitas, anfibolitas ,granitoides ,gabro-dioritas y granitoides masivos. Las filitas micáceas alternan rítmicamente con cuarzofilitas. Estas rocas presentan una coloración verde y están fuertemente foliadas, mientras que las cuarzofilitas presentan coloración gris y la foliación es menos marcada. Las anfibolitas son rocas de color verde a veces fuertemente foliadas y otras veces masivas, que varían desde grano grueso a grano fino. Dentro de éste cuerpo se observan venas de cuarzo que presentan por sectores boudinage y en otros pliegues de tipo isoclinal, las anfibolitas alternan con pequeños niveles de esquistos anfibólicos. Se incorporan tentativamente al Complejo Río Deseado granitos foliados, gabro-dioritas y granitos masivos, éstos últimos de emplazamiento pos-tectónico con respecto a la formación del clivaje de las metamorfitas. Los primeros forman dos pequeños cuerpos sobre un arroyo en el sector nordeste y se encuentran intruídos por diques melanocráticos afaníticos y pegmatitas. Se caracterizan por su color rosado claro con bandas oscuras alternantes, las que se encuentran realzadas por hematización en los feldespatos. Están formados por cuarzo+feldespato alcalino+ plagioclasa + muscovita + biotita con sericita y calcita como minerales secundarios.

Las rocas gabro-dioríticas son filones capa o diques que intruyen a las filitas y producen metamorfismo térmico. Suelen presentar facies de grano grueso en el centro y mas finas en los bordes, a veces con foliación de flujo paralela a su borde. En especial en el sector norte se encuentran afectada por zonas de cataclásis y milonitización. Tienen textura porfírica con fenocristales de anfíbol en un agregado fino de plagioclasa y cuarzo, con biotita, titanita y minerales opacos diseminados. Finalmente pequeños cuerpos de forma subcircular, de granitos muscovíticos, con facies pegmatíticas de cuarzo y microclino, intruyen discordantemente a las metamorfitas. Sobre la margen del Río Deseado se encuentran intruyendo a los filones de dioritas. Estos granitos producen metamorfismo térmico sobre las filitas.

1.2.4 Estancia El Sacrificio

Estos afloramientos se hallan ubicados inmediatamente al oeste de la EES ocupan un bajo de origen estructural de rumbo este- oeste limitado por diques riolíticos. Estas rocas fueron estudiadas por Giacosa *et al.* (1990) y Giacosa (1997). En el sector se identifican escasas rocas metamórficas y abundantes rocas plutónicas, las metamorfitas se disponen como xenolitos dentro de las rocas plutónicas. El magmatismo jurásico juega un papel importante y está representado por intrusivos

dioríticos y graníticos de edad jurásica inferior, y por diques riolíticos y dacíticos correspondientes al jurásico medio.

Las metamorfitas, escasamente representadas, son esquistos cuarzo – feldespáticos de color gris oscuro con bandas claras de hasta 2 mm de espesor, que presentan texturas lepidogranoblásticas compuestas por cuarzo + plagioclasa + biotita + muscovita. Las anfibolitas presentan hornblenda + plagioclasa. Venas de leucogranitos afectan a los esquistos a través de los planos de esquistosidad. Entre las plutonitas predomina un cuerpo intrusivo tonalítico de 4 a 5 km² de superficie de color gris y grano medio a grueso. La textura es subhipidiomorfa isoorientada, la paragenesis es cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + anfíbol + zircón + apatita + titanita. Este cuerpo es intruído por un granito biotítico que aflora principalmente en el bajo adyacente a la Estancia El Sacrificio, que ocupa un área de 3 km². La paragénesis es cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + muscovita y presenta sectores con presencia de granate. Este cuerpo se encuentra intruído por un granito (El Sacrificio) con la siguiente paragénesis cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + muscovita + granate y por pegmatitas de cuarzo y feldespato.

1.3 Edad del basamento Igneo – Metamórfico

La edad del basamento Igneo – Metamórfico pudo ser determinada por dos diferentes metodologías:

a) Estratigrafía

El Complejo Río Deseado se encuentra en contacto discordante y tectónico con sedimentitas fosilíferas de la Formación La Golondrina (Archangelsky 1958 y 1967) de edad pérmico inferior. Este contacto se observa en el sector oriental del afloramiento de EDH.

b) Edades radiométricas

Una datación realizada sobre el granito foliado de ETH según el método $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (Chebli *et al.* 1976) arroja una edad de 406 ± 10 ma. (no es una isocrona) mientras que otra datación realizada en circones magmáticos por el método $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Loske *et al.* 1999) arrojó una edad de 424 ma., circones detríticos fueron datados por el método $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Loske *et al.* 1999) arrojando una edad de 903 ma.

En Estancia Dos Hermanos se han datado anfíboles según el método $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (Pezzuchi 1978) en roca total arrojando una edad de 540 ± 20 ma., circones de dos granitos fueron datados, los cuales arrojaron edades de cristalización de 454 y 472 ma. según (Loske *et al.* 1999), el método de datación fue $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (circones magmáticos). Pankhurst *et al.* (1994) publica una edad de 1200 ma para esquistos ($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$).

En la EES fueron datados circones de una tonalita y un granito (Loske et al. 1999) de acuerdo a la relación $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (circones magmáticos), la tonalita de El Laurel arrojó una edad de 407-402 ma. y el Granito el Sacrificio de 420 ma. Pankhurst *et al.* 1999 data circones magmáticos de los mismos granitos que Loske según el método $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ y obtiene una edad de cristalización para el plutón El Laurel de 419 ma y el Plutón El Sacrificio de 412 ma.

A continuación se presenta un sumario (*fig 1.5*) de las edades conocidas para el Complejo Río Deseado.

Localidad	Roca	Método	Edad (ma.)	Observaciones	Referencia
Estancia Tres Hermanas	Granito	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	406 ± 10	Roca total	1
	Granito	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	424	Circón magmático	3
	Cuarcita	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	903	Circón detrítico	3
Estancia Dos Hermanos	Anfibolita	$^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$	540 ± 20	Anfíbol	2
	Granito	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	454	Circón magmático	3
	Esquisto	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	1200	Anfíbol	4
	Granito	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	472	Circón magmático	3
Estancia El Sacrificio	Tonalita	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	407 - 402	Circón magmático	3
	El Laurel	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	419		5
	Granito	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	420	Circón magmático	3
	El Sacrificio	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	412	Circón magmático	5

Fig 1.5 Dataciones realizadas en el Macizo del Deseado.

Referencias:

(1) Chebli *et al.* (1976);

(2) *Pezzuchi (1978)*

(3) *Loske et al. (1999)*

(4) *Pankhurst et al. (1994),*

(5) *Pankhurst et al. (1999)*

Una posible interpretación de los datos radimétricos sería que las edades de 900 y 1200 ma estarían señalando un área de aporte de edad grenvilliana. La edad del enfriamiento de los anfíboles o quizás la edad del metamorfismo pudo haber sido de 540 ma pero debido a que el método $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ en roca total no es el mas apropiado, esta edad puede solo reflejar un exceso en Ar por lo que resulta un tanto complicada su interpretación. La cristalización de los cuerpos plutónicos habría ocurrido durante el Siluro – Devónico.

1.4 Objetivos del presente trabajo

El estudio del basamento metamórfico localizado al nordeste del Macizo del Deseado presenta como objetivos principales:

- Evolución tectónica del Complejo ígneo metamórfico Río Deseado
- Determinación de la historia de metamorfismo
- Evolución geoquímica de las rocas plutónicas alojadas en dicho complejo

Como cuestionamientos centrales se presentan :

- Determinación de las fases de deformación presentes en el basamento ígneo – metamórfico.
- Profundidad y condiciones de presión y temperatura en la que han sido emplazados los cuerpos intrusivos graníticos localizados en el Macizo del Deseado.
- Mecanismos de deformación y regímenes asociado a cada paragénesis mineral que ha actuado en el basamento metamórfico.
- Origen de los magmas
- Correlación entre la deformación presente en las rocas y la historia de presión y temperatura.
- Caracterización de los sistemas hidrotermales jurásicos alojados en el basamento ígneo - metamórfico.
- Régimen geotectónico en el que se desarrolló el Complejo Río Deseado.



Fig 1.1 Mapa general de Sudamérica.

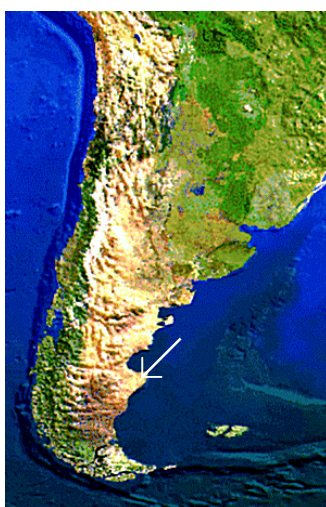


Fig 1.2 Mapa de ubicación del área de trabajo (flecha) a gran escala.

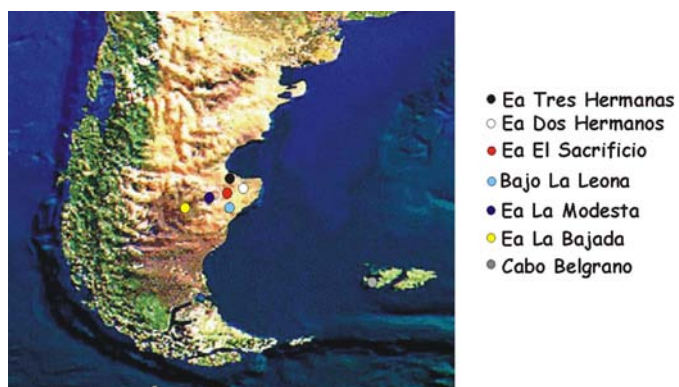


Fig 1.3 Localización de los afloramientos de basamento ígneo-metamórfico en el Macizo del Deseado e Islas Malvinas.

2 Métodos de Investigación

2.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en la toma de muestras orientadas en los tres afloramientos del sector nordeste y la localización de las muestras en los correspondientes mapas geológicos preexistentes. Han sido tomadas alrededor de 200 muestras a partir de las cuales se han realizado secciones delgadas de diferentes tipos (*fig. 2.1a, b y c*).

2.2 Microscopio de polarización

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Mineralogía y Geología de la Ruhr Universidad de Bochum, Alemania. Las muestras fueron cortadas en dos direcciones principales una paralela a la esquistosidad y otra perpendicular a ésta para posteriormente ser pulidas y analizadas en el microscopio petrográfico. Las secciones delgadas se prepararon con un espesor de 30 μ . Para realizar la petrografía se usó un Microscopio de Polarización Olympus BH-2 POL con un ocular de 12.5 y distintos objetivos de 2; 10; 25; y 40, el cual consta de una cámara fotográfica de tipo Olympus OM-2, con la cual han sido fotografiadas las muestras (*foto 2.1*). De la observación de las secciones delgadas se extrajo información acerca de las diferentes fases minerales, fábrica, relación entre las texturas, etc. Estas observaciones microscópicas sirven además para elegir en cuales muestras se realizará posteriormente Microsonda Electrónica.

2.3 Microsonda Electrónica (ME)

2.3.1 Principio

El principio de funcionamiento de la microsonda es el siguiente: Un haz de electrones de pequeño diámetro (en el orden de nm) bombardea una muestra. Esta emite un haz característico, el cual es medido y a partir de éste es calculada la composición química de la muestra. La intensidad del haz de rayos x es proporcional a la concentración en peso del elemento que se encuentra en la muestra.

2.3.2 Descripción de la ME

Todos los análisis de microsonda fueron realizados en el Instituto de Geología Endógena de la Ruhr Universidad de Bochum, Alemania. Para la determinación de la composición química mineral ha sido utilizada una Microsonda Electrónica (ME) de marca CAMECA del tipo SX 50. Para la ubicación de superficies escaneadas se ha trabajado con una ME de la misma marca del tipo CAMEBAX. Para los análisis químicos se ha trabajado con secciones delgadas doblemente pulidas y cubiertas por una capa de carbón (*foto 2.2*).

La muestra se coloca en una cámara de vacío y es sometida a la acción de un haz de electrones. Los electrones irradiados reaccionan con los electrones en la superficie de los elementos localizados en la sección delgada, donde uno de esos elementos emite radiaciones de rayos x características. Esos rayos x emitidos serán sometidos bajo condiciones Rowland y con ayuda de un Detector cuantitativo proporcional serán medidos, y por lo tanto la composición química mineral será determinada. El CAMEBAX utiliza tres espectrómetros con un Sistema de longitud de onda disperso (SLOD), para determinar mediciones cuantitativas de longitudes de onda característica del haz de rayos x. La ME SX 50 consta además de un otro espectrómetro. Las dos microsondas se encuentran conectadas a un Sistema de energía dispersa (SED), para realizar mediciones cualitativas del espectro completo. Como espectrómetro de cristales se encuentran LIF-, PET-, TAP-, y un PCO-cristal a disposición. A través del microscopio integrado a la ME las secciones delgadas pueden ser observadas con luz transmitida y luz reflejada, y con el SX 50 puede observarse además con polarizadores, con una magnificación de 400.

2.3.3 Preparación de las muestras

Para el análisis en la microsonda electrónica se han preparado secciones delgadas doblemente pulidas y cubiertas por una capa de carbón para hacer conductiva la superficie de la muestra.

2.3.4 Condiciones de medición

Las mediciones se realizan con un haz que debe estar muy bien focalizado (cuya diámetro es de alrededor 1nm). La composición química de los minerales fueron determinadas empleando la longitud de onda dispersa del sistema CAMECA 5x50 microsonda electrónica, usando una aceleración de potencial de 15 KV y una corriente del rayo de 15 nA. Los estándares utilizados fueron para determinar Si, Al y Mg pirope, jadeita para Na, topacio para el F, andradita para el Fe, espesartina para el Mn, Cr₂O₃ para el Cr, TiO₂ para el Ti, wollastonita para el Ca, vidrio de Ba para el Ba, ClNa para el Cl y por último vidrio de silicato de K para el K. El tiempo calculado para cada elemento fue de 20 segundos. Se han analizado manualmente en la Microsonda electrónica unos 500 puntos (*fig. 2.2a y 2.2b*).

Mineral	Corriente del rayo (nA)	Voltaje HV
Muscovita(ETH)	20	15
Muscovitas (EDH-EES)	15	15
Biotita	10	15
Anfibol	15	15
Piroxeno	20	15
Granates (ETH)	15	15
Granates (EDH-EES)	10	15

Fig. 2.2 a Tabla de condiciones de medición para cada mineral en la ME.

Elemento	Estandartes
Si	Piropo
Na	Jadeita
Mg	Piropo
Al	Piropo
Mn	Espes.
Fe	Andrad
Cl	ClNa
K	K-Vidrio
Ca	Andradita
Ti	TiO ₂
F	Topacio

Fig. 2.2 b Tabla de estandartes utilizados para la calibración de la ME antes de realizar las mediciones.

2.3.5 Descripción de la utilidad de la microsonda

La microsonda fue utilizada con dos finalidades diferentes. El primer objetivo fue la determinación de la zonación en granates a través del uso de gráficos de distribución de elementos específicos, para ello se ha escaneado la superficie del mineral de interés. Se ha medido durante un tiempo de 1 segundo cada punto y luego se pasó al siguiente; debido a que cuenta con tres espectrómetros fue posible medir al mismo momento tres elementos. Para granate ellos fueron Fe,

Mg y Ca. La distancia entre cada punto medido varía de acuerdo al tamaño de grano, desde 1 μm hasta 10 μm en dirección del eje x e y (*foto 2.1*).

Otras mediciones con la microsonda fueron hechas con la finalidad de conocer exactamente la composición cuantitativa de cada elemento presente en los minerales constituyentes de las rocas, y además para conocer los cambios en la concentración de los elementos en los minerales, es decir borde / núcleo de granate, mica blanca, biotita, anfíbol, piroxeno. A partir de los análisis se calculó la fórmula estructural para cada mineral. Además se han realizado perfiles transversales a través de dichos minerales para identificar diferencias entre la composición presente en el núcleo y en el borde de los minerales.

2.3.6 Análisis de los datos

Una vez obtenidos los datos de la ME se procedió a la construcción de tablas de cálculo con el Programa MICROSOFT EXCEL en una PC (*foto 2.3*). Los datos obtenidos con el diagrama de distribución de elementos de los minerales fue llevado a cabo con el Programa XMAP versión 3.5. Los rangos de valores medidos son representados en distintos colores. La precisión requerida para la calibración fue del 0.1 %. La calibración fue repetida cada día de análisis o en caso de variación de los parámetros físicos (corriente, diámetro del haz de electrones, etc.). Las micas blancas y las biotitas fueron calculadas en base a 22 oxígenos. Los anfíboles fueron calculados para 13 cationes y 23 oxígenos. Los granates fueron calculados para 22 y 16 oxígenos y los piroxenos para 4 cationes y 6 oxígenos.

2.4 Análisis químico de rocas

Se ha realizado en el Instituto de Geología Endógena de la Ruhr Universidad de Bochum. Alemania, análisis de roca total en 42 muestras a través del método de fluorescencia rayos x. Este método se basa como el de Catodoluminiscencia y Microsonda Electrónica en cambios y efectos en una muestra afectada por un haz energético. En éste caso ha sido causada por un haz de rayos x, (contrariamente al haz de electrones en la ME y CL) una estimulación de electrones a través de la absorción de la energía irradiada. Debido a la emisión de rayos x vuelven los electrones a su estado de estabilidad. Los rayos x emitidos por cada elemento son característicos y el impulso medido es proporcional a la frecuencia, a través de lo cual es posible obtener un análisis químico cuantitativo y cualitativo.

2.4.1 Preparación de las muestras

La muestra fue molida al tamaño polvo con ayuda de una moladora de anillos. El polvo es secado a 110° y con ayuda de una mezcla fundida (que es una mezcla de Metaborato de Litio y Di metaborato de Litio, para disminuir el punto de fusión) en una relación 1:4 (1.5 g de muestra, 6 g de la mezcla

fundida) es combinado. La mezcla fue fundida a 1400°C y homogeneizada por un tiempo aproximado de 20 minutos.

2.4.2 Condiciones de trabajo

En el presente estudio se han analizado las muestras con un Espectrómetro de rayos x de la Firma Philips del tipo PW 1410. Los siguientes elementos fueron medidos: Si, Ti, Al Fe³⁺, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Ba, Co, Cr, S, V, Cl, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, Sn, Sr, Y, Zn, Zr. El agua es determinada como agua total según el método de Karl Fischer.

2.4.3 Análisis de los datos

De los análisis de roca total fueron calculadas las normas CIPW (Müller & Braun 1977) con ayuda de tablas de cálculo en el Programa Microsoft EXCEL. Con el programa NEWPET (fuente no publicada: Memorial University of Newfoundland, Centre of Earth Resources Research (1987-1991), y MINPET versión 2.0 han sido realizados los diagramas de discriminación.

2.5 Microscopio de Catodoluminiscencia

2.5.1 Principio

La catodoluminiscencia (CL) consiste en el bombardeo de electrones sobre la superficie de ciertos materiales, los cuales reaccionan emitiendo radiaciones visibles (Marshall 1988). Se ha utilizado para el presente trabajo el aparato de catodoluminiscencia diseñado por Zinkernagel (1978) de acuerdo con las instrucciones prácticas de Long & Agrell (1965) y Sippel (1965). El aparato trabaja con un cátodo caliente, el cual permite una intensiva emisión de electrones a más baja aceleración de voltaje que aquellos aparatos que trabajan con un cátodo frío. El tamaño del punto de incidencia (área medida) es de alrededor de 3 mm de diámetro (Neuser et al. 1988). El aparato con el que se ha realizado el trabajo es el Bochumer KL- Apparatur HC1-LM (1992) (Neuser et al. 1996). Este nuevo CL aparato (NEUSER 1995) consiste en tres cuerpos, microscopio de CL, abastecedor de energía y sistema de bombas de vacío. El microscopio es un microscopio de polarización petroológico normal (OLYMPUS BHMJ- Mikroskop) con objetivos de 4-, 10-, y 20- como factores de magnificación. En lugar de la platina donde se coloca la muestra en el microscopio de polarización, en éste se ubica una cámara que contiene la muestra al vacío. Delante de esta primera cámara se ubica otra cámara de vacío la cual se conecta con la fuente de electrones, la fuente de luz y a través de un conducto con el sistema de vacío (*foto 2.4*).

2.5.2 Preparación de las muestras

Este estudio se ha realizado en el Instituto de Geología Endógena de la Ruhr Universidad de Bochum, Alemania. Para el estudio de catodoluminiscencia se prepararon secciones delgadas

doblemente pulidas de un tamaño de 48x28 mm, con un espesor de 30µm. La superficie de las muestras ha sido cubierta por una delgada capa de material conductor debido a que se trabaja con cátodo caliente con la finalidad de proteger la superficie de la muestra de la carga eléctrica. Este recubrimiento puede ser de oro o de carbón, en éste caso el recubrimiento fue realizado en oro.

Para sistemas con cátodo frío no es necesario éste recubrimiento de la muestra porque a través del resto de gas ionizado en la cámara que contiene la muestra se produce la descarga de la superficie de la muestra. Las rocas analizadas fueron cuarcitas, cuarcitas micáceas y mármoles de ETH para con las cuales se realizó el estudio petrográfico en primera instancia y luego el estudio mediante la catodoluminiscencia.

2.5.3 Condiciones de medición

La fuente de luz utiliza una lámpara de halógeno de 50W. Entre la fuente de luz y la segunda cámara se encuentra el condensador, el filtro de conversión y el filtro de polarización. Dicho filtro es rotatable. Como Fuente electrónica cuenta con una pistola de cátodo caliente con filamentos de wolframio. La aceleración de voltaje es de 14 kvolt y la corriente 0.1 a 0.2 mA. El sistema de vacío cuenta con dos bombas de vacío una funciona a través de un sistema de difusión de aceite que es para la continuidad de gas y la otra que funciona mecánicamente genera en una primera etapa el vacío mientras que la segunda elimina el gas restante, produciendo el vacío total. Adicionado al microscopio se encuentra una cámara fotográfica ya que todo el trabajo queda documentado en fotos. Esta consta de un Sistema Microfotográfico HFX-II y UFX-II de marca NIKON. El tiempo de exposición es variable y depende de la intensidad de luminiscencia de la muestra y de la sensibilidad de la película. Dicho tiempo varía entre pocos segundos y un minuto, es importante para cuando se trabaja con cuarzo que dicho tiempo sea siempre menos de un minuto. Las películas con las que se trabaja son: Agfacromatica 200 RS profesional AGFA, KODAK Ektacromatica Elite 100, KODAK Ektacromatica Elite 400.

Es un método en el que se trabaja con secciones pulidas y cubiertas con oro. Es posible correlacionar entre variedades genéticas de cuarzo y sus correspondientes luminiscencias, se presenta como variaciones de color de acuerdo al tiempo de bombardeo electrónico. También es aplicable el método para rocas calcáreas. Se pueden establecer relaciones entre las microfábricas y las diferentes luminiscencias.

2.6 Método AVA

Este programa se utiliza para el análisis de texturas. El procedimiento aplicado es similar al método CIP publicado por Heilbronner and Pauli (1993) pero diferentes en algunos puntos AVA es una técnica de análisis de imágenes para calcular azimuth y ángulo del eje c en cuarzo usando microscopio de polarización, una vídeo cámara y una carta que sirve de conexión entre la

computadora y la vídeo cámara (Duyster 1999). El trabajo fue realizado en la Ruhr Universidad de Bochum (*foto 2.5*).

2.6.1 Principio

Con polarizadores cruzados, la intensidad de luz transmitida a través de un cristal uniáxico depende de la orientación del cristal respecto a los planos de polarización. A medida que la platina del microscopio va girando cada 90° los cambios de color de birrefringencia en cada posición van siendo grabados. El máximo color de birrefringencia del cuarzo en una sección de 30 mm de espesor varía entre negro y blanco de primer orden y es función del ángulo de inclinación del eje c. La extinción ocurre cuando el eje c es paralelo a uno de los polarizadores. La señal es repetida 4 veces cuando se gira la platina 360° . Usando la placa compensadora de yeso (551 nm, rojo I), dos de los cuatro cuadrantes muestran colores de adición y dos de sustracción. Esa información es usada para calcular el azimut y el ángulo de inclinación del eje c.

2.6.2 Procedimiento

Primero, son grabadas dos imágenes color, con polarizador y con la placa de yeso insertada a 45° respecto de la otra (*fig 2.3*). Esa imagen es codificada como 8 - bit imagen utilizando un modelo de colores (*fig. 2.6*) a través del cual se distinguen tres casos:

- Color de birrefringencia amarillo a naranjada indica sustracción, indicando que el ángulo entre el compensador y la dirección del eje c es mayor a 45° .
- Color Magenta o rojo de primer orden (551 nm) ocurre cuando el eje c es paralelo a uno de los polarizadores o normal a la sección.
- Color de birrefringencia azul indica adición. Esto ocurre cuando el ángulo entre la placa compensadora y la dirección del eje c del cuarzo es menor a 45° .

Posteriormente la sección delgada es tornada 90° e imágenes de valores grises son capturados (girando la platina en intervalos de 5°). El resultado es un mapa de orientación de ejes <c> a partir del cual puede ser computarizado un diagrama de distribución de densidad (*fig. 2.4, 2.5*). Ese mapa puede ser leído y evaluado a través del programa Stereo Nett.



Foto con polarizadores cruzados y placa lamda, ancho de la foto 7mm.



Foto tomada con polarizadores cruzados y placa lamda, con la platina a 45°, ancho de la foto 7mm.

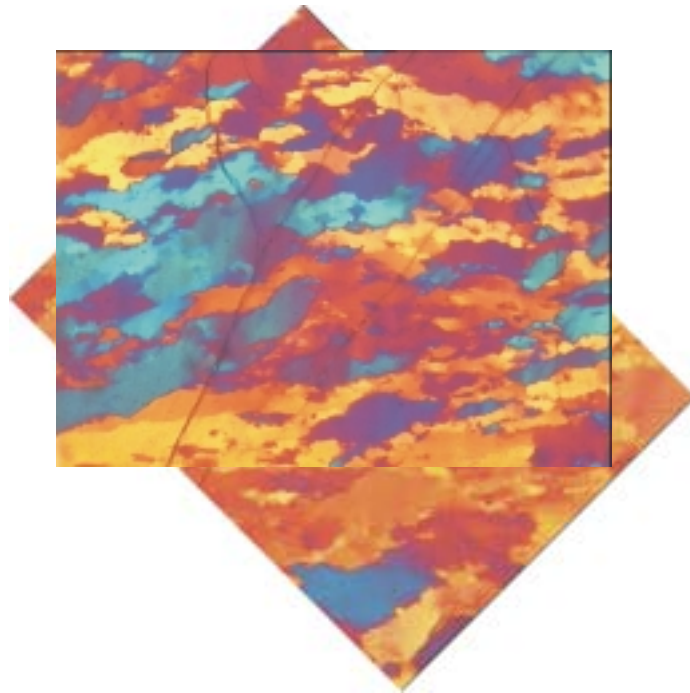


Foto tomada con polarizadores cruzados y placa lamda, platina a 45° rotada en la otra dirección, ancho de la foto 7mm.

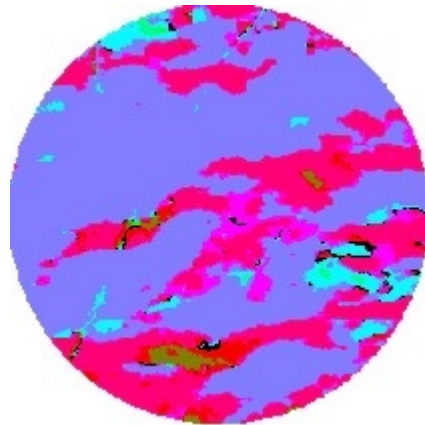


Imagen AVA resultante

Figura 2.3 Imagen en color, polarizadores cruzados + placa compensadora.

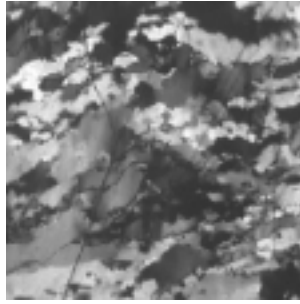


Fig. 2.4

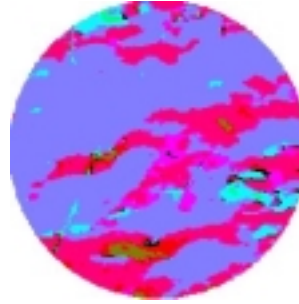


Fig. 2.5

Fig. 2.4 Foto de la textura original en cuarcita tomada con polarizadores

Fig. 2.5 Imagen resultante de la orientación del eje <c> en cuarcita

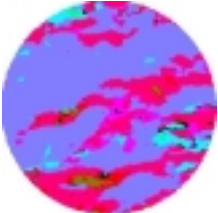
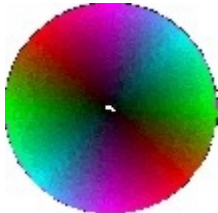
AVA (color coded c axis orientations)	Código de colores
	

Fig. 2.6 Código de colores e imagen AVA resultante

2.7 Análisis cuantitativo de imágenes

Con ayuda de un programa de análisis cuantitativo de imágenes al microscopio DIANA (Digital Image Analysis) creado por J. Duyster. El programa funciona bajo MS WINDOWS 3.x. Es posible a partir de una imagen digitalizada de una sección delgada realizar las siguientes mediciones:

- Características de las partículas, largo, superficie, eje menor y eje mayor (Longitud y orientación), circunferencia, ángulo.
- Distribución de la orientación, función de la proyección de partículas, distribución de la orientación de superficies curvadas.
- Es posible calcular parámetros estadísticos simples como ser valor máximo y mínimo como así también realizar histogramas y diagramas de rosas de direcciones (parámetros de orientación).

2.7.1 Utilidad

Con el presente programa se ha calculado el área de cristales de granate y se han referido a la superficie total de la muestra, con esto se pudo cuantificar el porcentaje de granates presentes en las rocas.

2.8 Electron Backscatter Diffraction (EBSD)

2.8.1 Descripción

El Electron Backscatter Diffraction (EBSD) o Backscatter Kikuchi Diffraction (BKD) consiste en el análisis de la difracción de electrones de volúmenes de escala micrométrica en materiales cristalinos. El haz de electrones del SEM (JEOL 733) produce “backscattered electrons” que forman un muster de líneas claras y oscuras las cuales configuran la orientación de los planos en la red cristalina. El muster obtenido es indexado para determinar la orientación de los granos, la misorientación entre granos, y comparar estructuras cristalinas. Múltiples orientaciones de granos son combinadas para obtener una textura cristalográfica (*foto 2.6*).

2.8.2 Preparación de la muestra

La superficie de la muestra debe ser cristalina y sin excesiva deformación plástica. La muestra se recubre con una capa de carbón.

- Tamaño de la muestra: cerca de 7 cm diámetro máximo
- Tamaño de grano mínimo : 100 nm a 3 μ m

2.8.3 Información obtenida

- Orientación individual del cristal
- Imagen del contraste de orientaciones
- Representación de texturas cristalográficas a través de figuras estereográficas y figuras de polos inversos
- Identificación de límites de grano

2.8.4 Utilidad

En el presente trabajo se han investigado esquistos anfibólicos correspondientes a ETH. Este es un trabajo de correlación entre la zonación composicional reconocida en granate a través de la microsonda electrónica y la orientación cristalográfica en las respectivas zonas identificadas anteriormente. Este método se ha empleado con la finalidad de explicar el porque del tipo de zonación química poco frecuente que presenta los granates constituyentes de los esquistos anfibólicos de ETH, y con éstos datos realizar una interpretación genética.

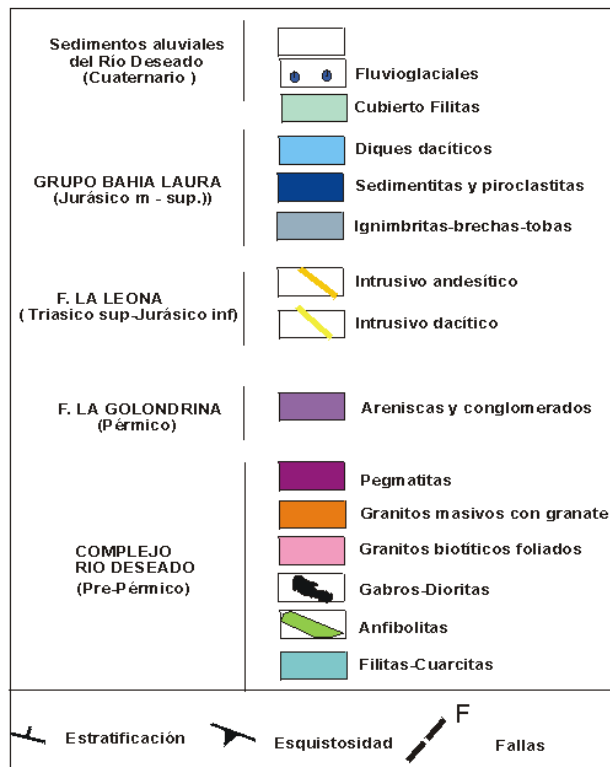
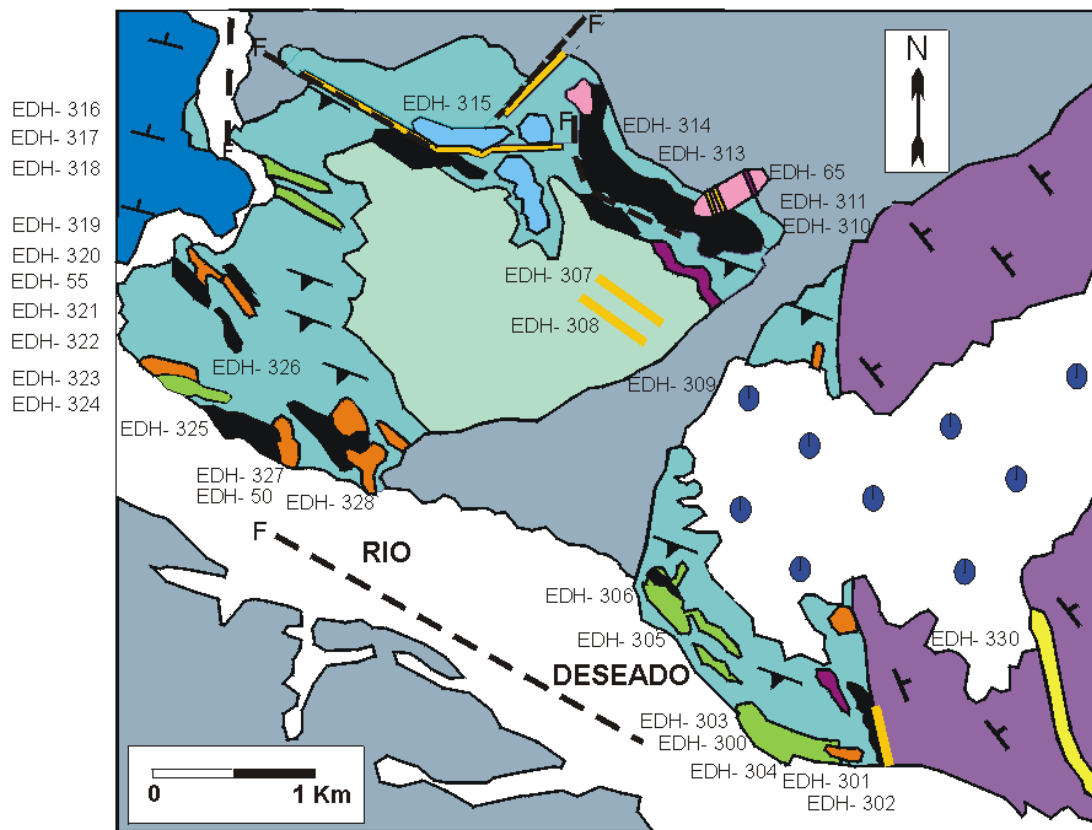


Fig. 2.1 a Mapa de ubicación de muestras en el marco geológico, afloramientos en EDH. muestras. Mapa tomado de Márquez et al. (1994), modificado por Martínez (2000).

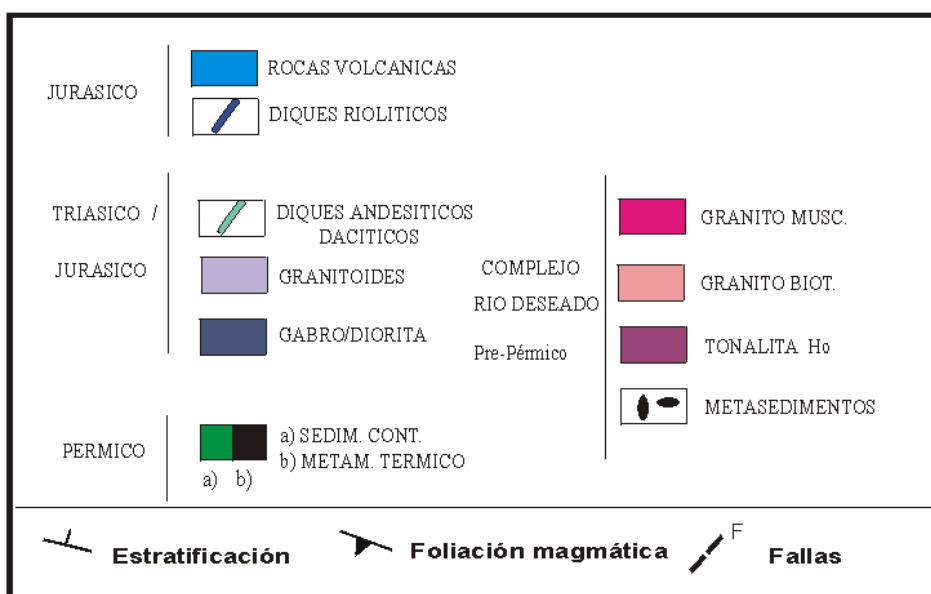
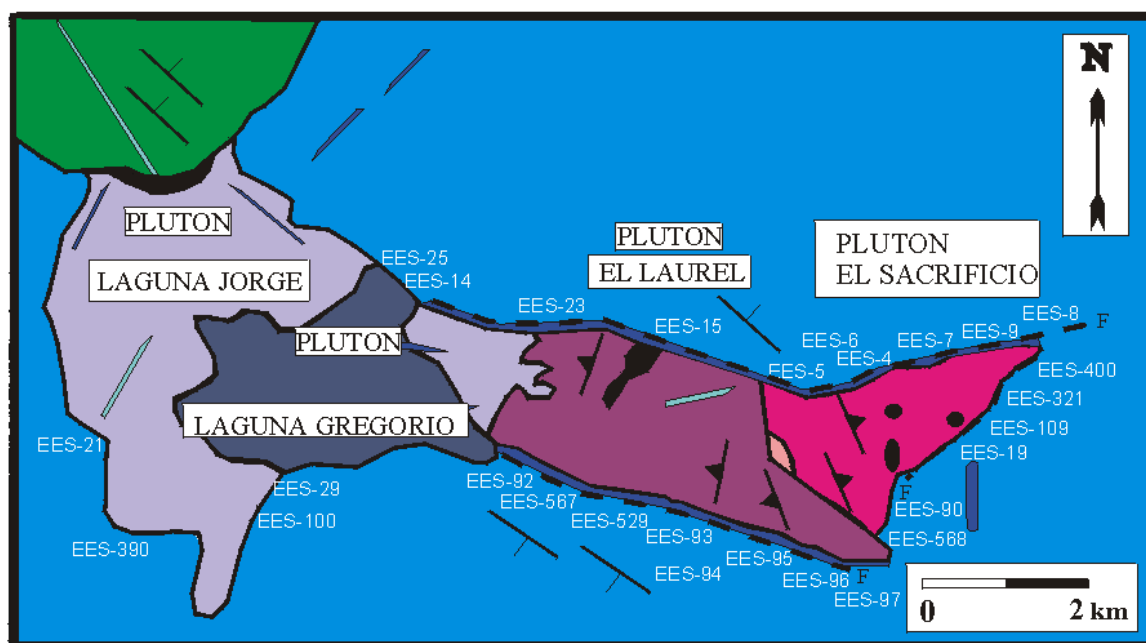


Fig. 2.1 b Mapa de ubicación de muestras en el marco geológico, afloramientos en EES. Mapa tomado de Giacosa (1993), modificado por Martinez (2000).

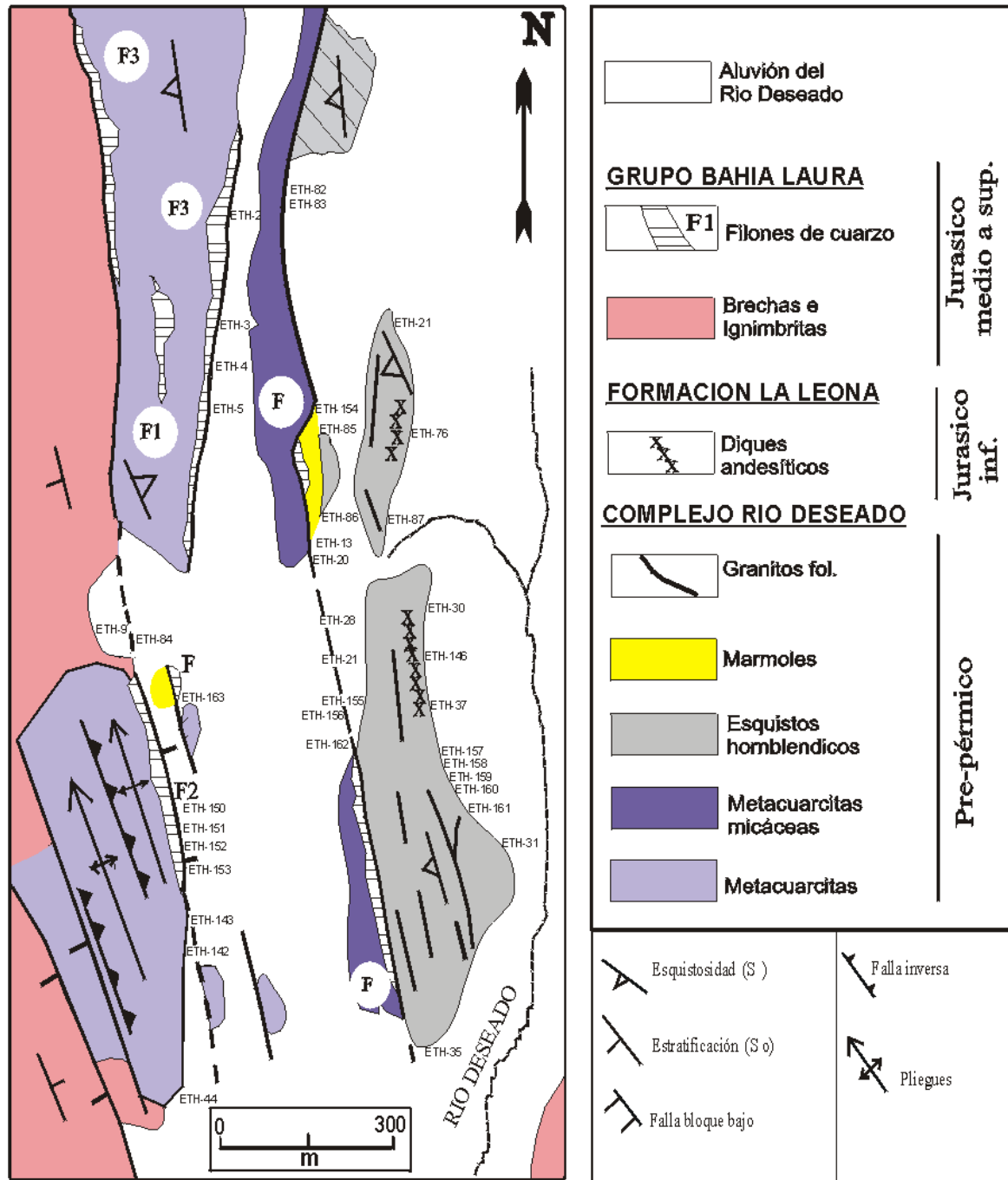


Fig. 2.1 c Mapa de ubicación de muestras en el marco geológico, afloramientos en ETH. Mapa tomado de Márquez (1994), modificado por Martínez (2000).



Foto 2.1- Microscopio de Polarización Olympus BH-2 POL con un ocular de 12.5 y distintos objetivos de 2; 10; 25; y 40, el cual consta de una cámara fotográfica de tipo Olympus OM-2, con la cual han sido fotografiadas las muestras.

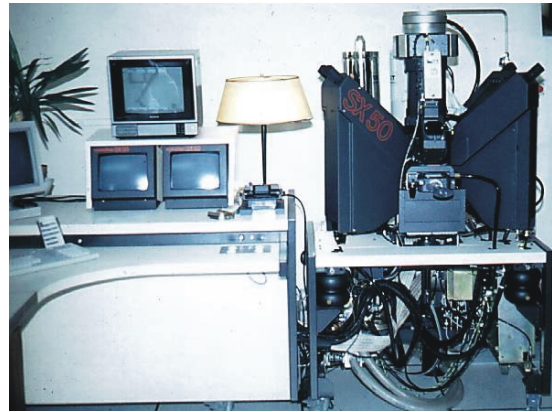


Foto 2.2 Para la determinación de la composición química mineral ha sido utilizada una Microsonda Electrónica (ME) de marca CAMECA del tipo SX 50.



Foto 2.3 Todos los datos fueron trabajados en una PC bajo Windows 2000 en el Instituto de Geología Endógena de la Ruhr Universidad de Bochum, Alemania.



Foto 2.4 El aparato con el que se ha realizado el trabajo de catodoluminiscencia es el "Bochumer KL-Apparatur HC1-LM (1992).



Foto 2.5 AVA es una técnica de análisis de imágenes consta de un microscopio de polarización, una video cámara y una carta que sirve de conexión entre la computadora y la video cámara.



Foto 2.6 El Electron Backscatter Diffraction (EBSD) o Backscatter Kikuchi Diffraction (BKD). Ruhr Universität Bochum, Alemania.

3 Estructuras Mesoscópicas

A continuación se realizará una aclaración sobre la terminología utilizada en éste capítulo. Se consideran dos tipos de fábricas aquellas de tipo planar y las de tipo lineal:

Fábricas planares

- Foliación: orientación preferencial de discontinuidades planares (minerales planares, *grain boundary*, fracturas)
- Estratificación: alternancia de bandas de rocas con diferentes propiedades litológicas.
- Esquistosidad: alineamiento planar de minerales tales como las micas.
- Clivaje (*cleavage*): set de planos correspondientes a la superficie de fracturas discretas (clivaje de fractura), superficies de disolución (clivaje de solución), o superficies a lo largo de las cuales minerales planares son precipitados y/o plegados (clivaje de crenulación).

Fábricas lineares

- Lineación de intersección: lineación que resulta de la intersección de dos fábricas planares (lineación de eje de pliegue).
- Lineación de estrechamiento (*stretching lineation*): lineación producida por la elongación de los minerales o de los agregados minerales.
- Lineación mineral: lineación resultante de la orientación preferencial de la forma de minerales prismáticos o planares.

3.1 Estancia Tres Hermanas

3.1.1 Estructuras asociadas al metamorfismo

Durante la deformación dúctil se desarrolló la esquistosidad S1 y S2 la primera tiene una orientación N 325° e inclina 40° a 60° en la dirección S 35° W tal como se observa en las proyecciones estereográficas de los sectores 2,3,4 y 5 (*fig. 3.1, foto 3.1, 3.2*). Los micropliegues en los esquistos anfibólicos presentan en parte buzamientos de bajo ángulo (10° en la dirección 171°) y buzamientos intermedios (48° en la dirección S 88° W), mientras que los pliegues en diques graníticos tienen un eje que buza 60° en la dirección S 35° W, tal como se observa en la proyección estereográfica del sector 5. En los esquistos anfibólicos se reconocen pliegues isoclinales, pliegues

cerrados, asimétricos y de tamaño métrico con foliación de plano axial (*fig. 3.2*). Estos pliegues están asociados a la deformación de los granitos (*foto 3.3*). La foliación en el granito tiene un rumbo de N 329° e inclina 64° al SW, el diseño de la foliación tanto en los esquistos como en los granitos es de tipo abanico convergente y divergente. Presentan una forma tabular, la intrusión se inició cuando los esquistos habían comenzado a desarrollar un clivaje y *boudinage* incipiente debido al contraste entre las capas ferromagnesianas y silicocálcicas. El dique intruyó en parte a lo largo de fisuras normales a la lineación de estrechamiento, que a su vez contenía al esfuerzo principal. (*foto 3.4, fig. 3.3, 3.6*). Las estructuras descritas fueron desarrolladas enteramente en el campo del comportamiento dúctil.

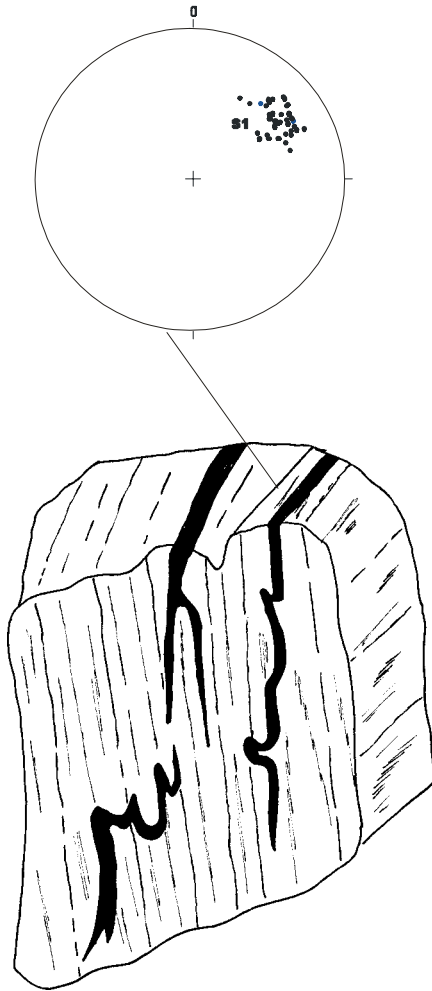


Fig. 3.2 Estructura presente en los esquistos anfibólicos, se reconocen pliegues isoclinales y cerrados. Los cuerpos en color negro son segregados de cuarzo – feldespáticos.

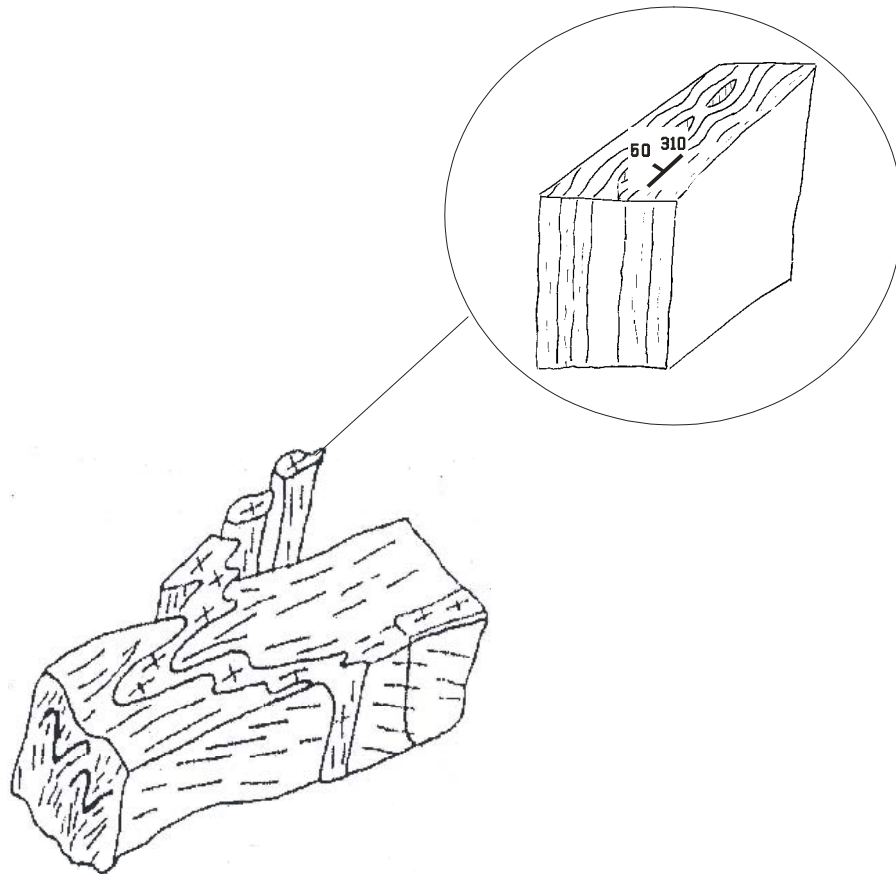


Fig. 3.3- Relación entre el esquistó anfibólico y el granito.

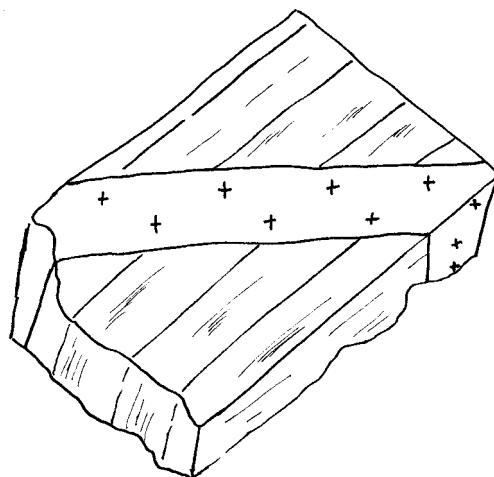


Fig. 3.4- Relación entre el esquistó anfibólico y el granito.

3.1.2 Estructuras asociada a los corrimientos

Con posterioridad ocurren estructuras de tipo corrimientos, las cuales se desarrollan dentro del campo frágil -dúctil. En las metacuarcitas se reconocen dos fallas inversas con pliegues de arrastre asociados (*fig. 3.5*). Las fallas presentan un rumbo N 40°-50° O que inclinan 30°-40° al NE, como se observa en la proyección estereográfica (*fig. 3.1*). Los pliegues cuyos ejes buzcan 15° en la dirección 315°, son de tipo paralelos, tamaño decamétrico y con un ángulo de apertura de 80°. Se ubican en el bloque colgante, inmediatamente sobre el plano de falla donde deforman la esquistosidad S1 de las cuarcitas (ver del mapa geológico proyección estereográfica del sector 1 *fig. 3.1*). Los pliegues son de menor tamaño cuando están asociados a corrimientos menores. La intensidad del plegamiento crece en cercanías del plano de corrimiento. Se pueden observar los bloques diagramas asociados a las estructuras en la *fig. 3.6*. El plano de falla tiene un ancho de 1 a 1,5 m. de espesor y consiste en una zona de brechamiento y material molido, con clastos angulosos hacia la parte exterior y roca finamente molida con baja cohesión en la parte central. El tipo de roca de falla presente en el plano de corrimiento sugiere que éstas estructuras se formaron en un nivel mas somero que la transición frágil dúctil. La edad de formación de los corrimientos es incierta, si éstas estructuras fueron el mecanismo de exhumación puntual de las metacuarcitas y teniendo en cuenta que existen evidencias que las metacuarcitas participaron en el relleno final de la cuenca neopaleozoica de la Golondrina, puede sugerirse una edad mínima con anterioridad al Paleozoico inferior dado que clastos de dichas cuarcitas metamórficas constituyen los rodados de cuarcitas sedimentarias pérmicas de la Formación La Juanita (Chebli et al 1976).

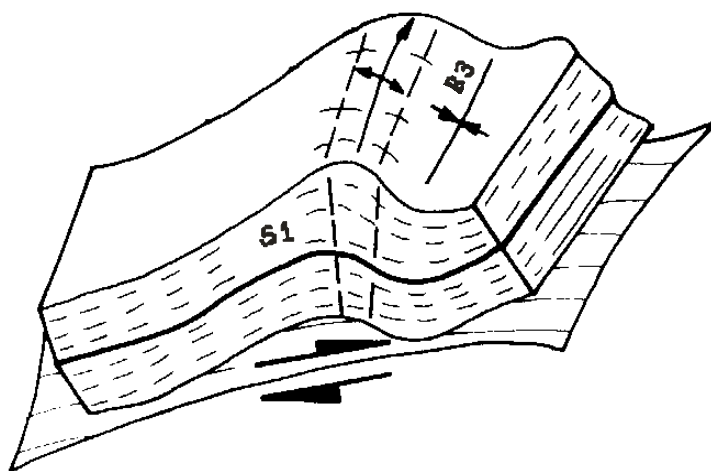


Fig. 3.5 Estructuras tipo corrimientos desarrolladas dentro del campo frágil-dúctil.

3.1.3 Estructuras desarrolladas en el campo frágil

Durante el Jurásico medio a superior, predominó en la región un régimen extensional, en la dirección Este –Oeste, con vulcanismo sincinemático, brechamiento y mineralización hidrotermal (foto 3.5). En éste estadio la estructura presente es producto de movimientos tectónicos tardíos, que desintegran al basamento en bloques de orientación norte sur. Las fallas que afectan al basamento son de tipo normales y limitan bloques tectónicos. El bloque de ETH puede interpretarse como un pequeño *horst*, con bloques menores de rumbo Norte - Sur de diferente composición, metacuarcita, esquisto anfibólico (foto 3.6). Encontramos zonas de brechas y varios filones de cuarzo con fluorita y sulfuros alojados en las metamorfitas, relacionados a la actividad hidrotermal durante el vulcanismo jurásico. Podemos mencionar zonas de brechas asociadas a las cuarcitas ubicadas en el sector occidental. el rumbo del complejo es norte sur. en la zona central interdigitan lentes de esquistos cálcicos con intensa silificación, dispuesta linealmente con brechamiento y mineralización hidrotermal. Podríamos reconocer dos tipos de brechas:

- 1- Ubicada en los bordes de las cuarcitas y compuestas en su mayoría por clastos de cuarcitas con presencia de cemento ferruginoso y silíceo.
- 2- Brechas con fragmentos de cuarcitas enriquecidas en mica y esquistos hornbléndicos, se encuentran rellena de cuarzo, calcita y fluorita formando vetas de 100 m de longitud y 2 m de potencia (Márquez *et al* 1994).

Asociado a esta etapa hidrotermal aparecen filones silíceos con anomalías en oro y plata. El filón F1 localizado en el límite oriental del afloramiento de metacuarcita norte presenta un azimut 20° e inclinación 40 ° al oeste, el filón F2 localizado en el límite oriental del afloramiento de metacuarcita sur presenta un azimut 330° e inclinación 50° al este, el filón F3 localizado en el límite occidental del afloramiento de metacuarcita norte presenta un azimut 330 °, y es vertical (fig. 3.1).

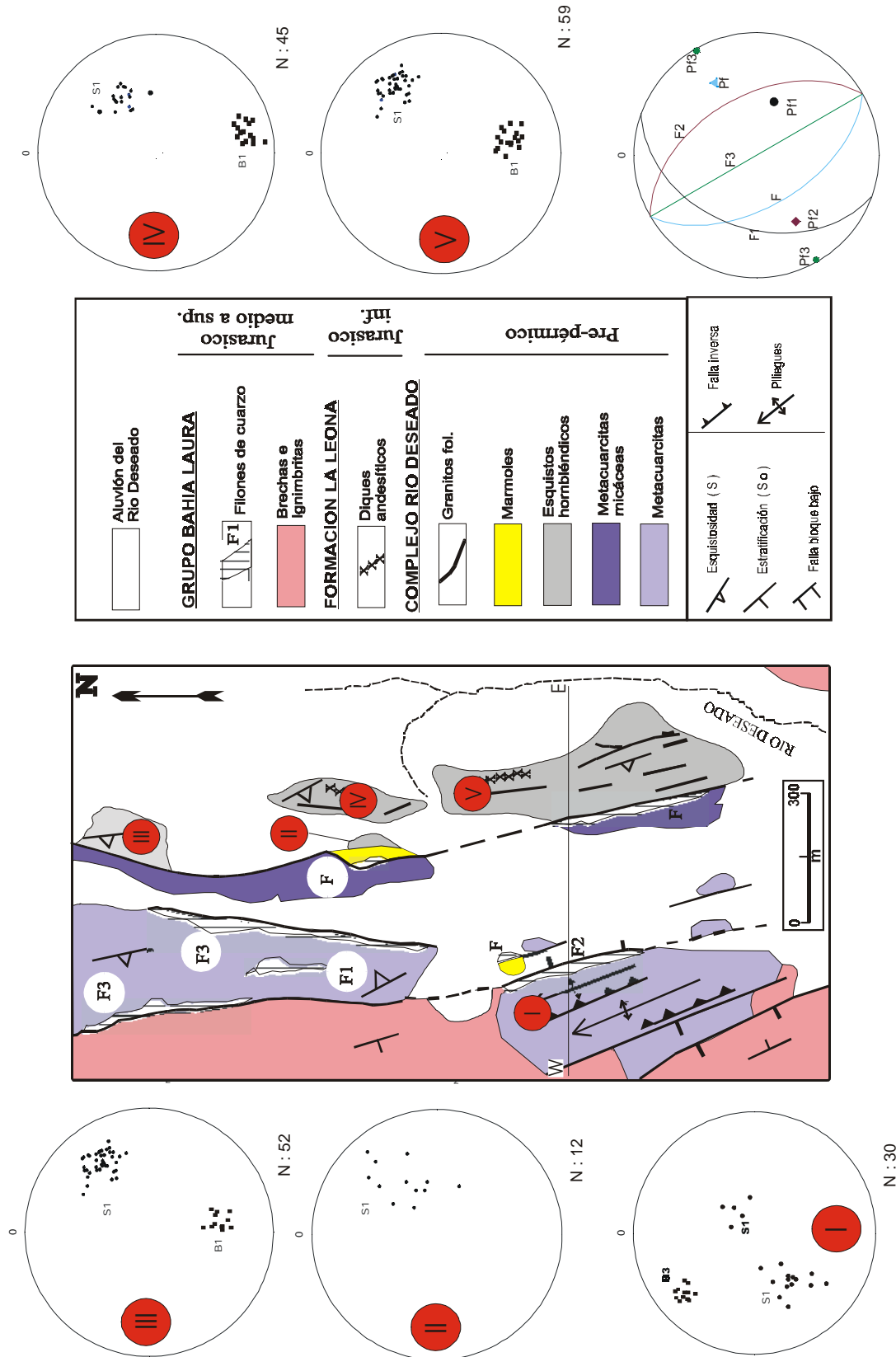


Fig. 3.1 Mapa de los afloramientos de ETH, con sus respectivas proyecciones estereográficas. S: esquistosidad, B: eje de pliegue, F planos de proyecciones de los filones y Pf polos de dichos planos. Mapa tomado de Márquez et al. 1994, modificado por Martínez 2000.

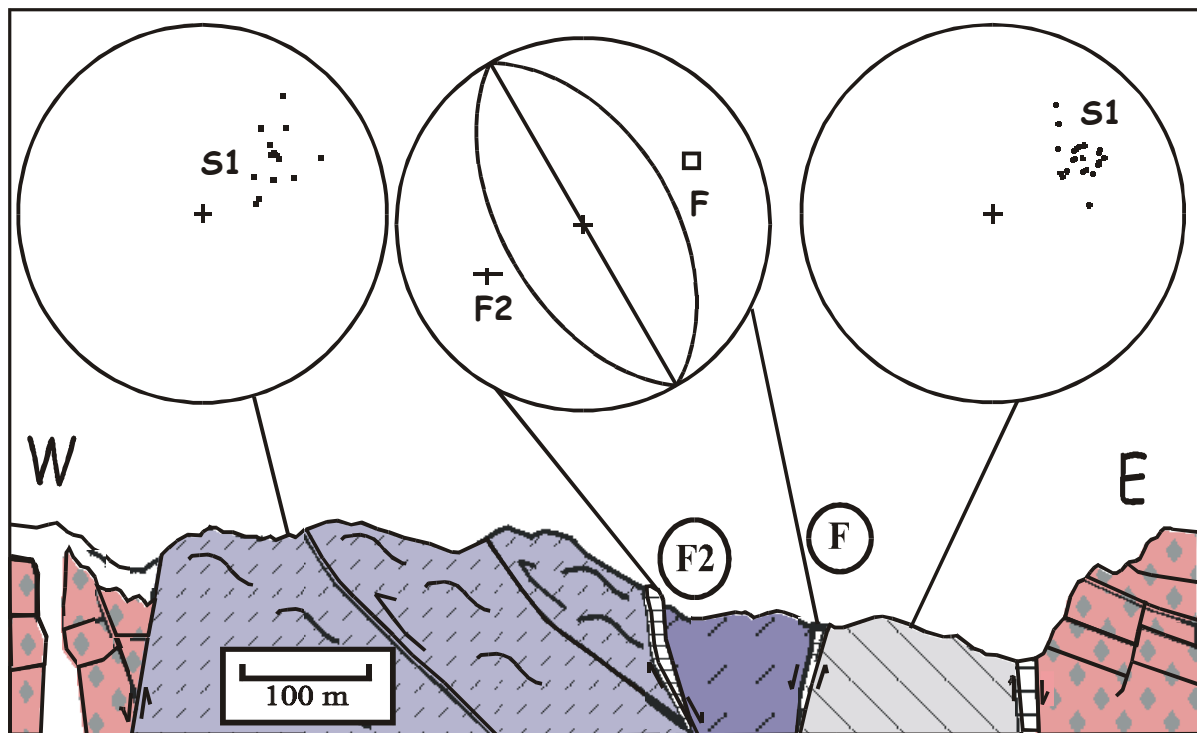


Fig. 3.6 Perfil geológico esquemático de orientación W-E acompañado de proyecciones estereográficas de la esquistosidad S1 y de polos de filones de cuarzo.

3.2 Estancia Dos Hermanos

3.2.1 Estructuras asociadas al metamorfismo

Durante la deformación dúctil que ocurrió en el Silúrico, bajo la facie de anfibolita con epidoto, se desarrolló la esquistosidad S1. Segregados cuarzo – feldespáticos se localizan paralelos a S0. Los datos estructurales medidos en el campo están representados a través de proyecciones estereográficas en la *fig. 3.7*. Asociado a ésta esquistosidad se encuentran pliegues de tipo isoclinales tanto en anfibolitas como en filitas, como se observa en la *fig. 3.8* y *3.9*. Estos pliegues presentan un eje B1 de orientación 119° e inclina 26° en dirección SE y 171° con una inclinación intermedia de 40° en la dirección SE. En algunos sectores y a escala meso y microscópica se observan pliegues intrafoliales, los cuales pueden ser utilizados como uno de los criterios para reconocer transposición de la superficie S (Turner *et al.* 1963). La esquistosidad S1 tiene un orientación 310° e inclina de 40° a 60° en la dirección SW. Esta esquistosidad afecta a filitas, cuarcitas, anfibolitas, gabro y granitos en general, como se observa en las proyecciones estereográficas (*fig. 3.7*). La formación de la esquistosidad S1 y los pliegues B1 se asocian a la fase de deformación dúctil D1.

En los afloramientos localizados sobre la margen izquierda del Río Deseado en las proximidades del punto 9 indicado en la *figura 3.7*, aparecen anfibolitas con muy buena foliación las cuales yacen concordantes con las filitas, presentan una orientación N 150° E e inclinan entre 30° y 60° al SW. En algunos sectores las anfibolitas se vuelven masivas, se ha identificado que cuerpos graníticos no deformados intruyen a éstas provocando un metamorfismo de contacto que queda evidenciado a través del endurecimiento de la roca y la disminución en la granulometría. Venas de cuarzo y venas pegmatíticas de cuarzo y feldespato potásico se encuentran alojadas en las anfibolitas, éstas venas se presentan plegadas y boudinadas y se interpretan como estructuras sincinemáticas respecto a S1 (*foto 3.9*).

Solo a escala micro y mesoscópica en Filitas localizadas en el sector sur, se identifica clivaje de crenulación zonal S2 el cual tiene un carácter local, los pliegues presentes son de tipo asimétrico (B2). La presencia de ésta esquistosidad se asocia a la fase de deformación dúctil D2.

Intrusivos de composición gabro-diorita se presentan como filones capas concordantes con la esquistosidad S1, pero ocasionalmente yacen discordantes a ésta como se ha observado en el sector sur (*fig. 3.10, foto 3.10*). Dicho cuerpo presenta una suave deformación dúctil, la foliación presente en el gabro tiene un azimuth de N 310° e inclina entre 30-50° al SW, como se observa en la proyección estereográfica de la *fig. 3.7*. Además presenta foliación milonítica en angostas fajas de cizalla frágil-dúctil como se ha observado en el sector norte (*fotos 3.11, 3.12, 3.13*) quizás vinculada a la fase de deformación D3 ocurrida bajo el campo de transición frágil - dúctil.

Intruyendo a los gabros en el sector norte del afloramiento se encuentran cuerpos semicirculares de composición granítica (*foto 3.14, 3.15*), los cuales presentan una foliación de azimuth N 280° e inclina entre 30-50° al SW. El gabro sirve de roca de caja a vetas de cuarzo de grano fino, algunas de ellas de hasta 1 m de espesor y otras que presentan además de cuarzo fluorita. De acuerdo a las observaciones realizadas la deformación no actuó con la misma intensidad en todos los afloramientos, sino que en el sector norte fue mas intensa que en el sur como lo evidencia el tipo de deformación en el gabro y en los granitos que allí se localizan.

En el sector nordoccidental de EDH se localizan en filitas, pliegues abiertos cortados por fallas los cuales presentan un rumbo O-E, estos pliegues presentan internamente una foliación espaciada (*foto 3.7, 3.8*). La orientación del eje B3 de éstos es N 347° buzando 19° hacia el NO y N 152° buzando 22° al SE. Se interpreta que estarían relacionados con una falla de orientación NE-SO localizada en el cañadón adyacente.

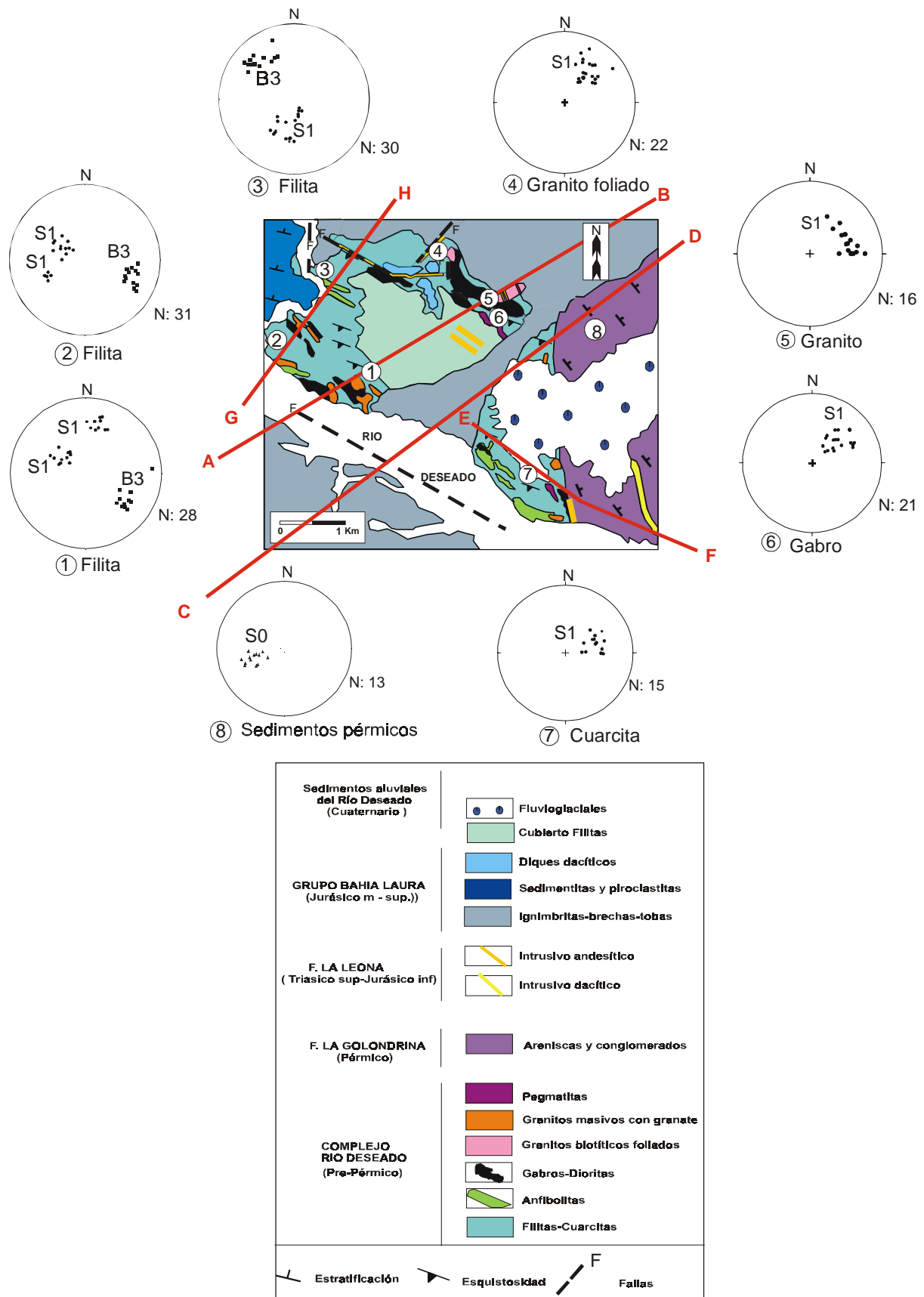


Fig. 3.7 Mapa geológico de los afloramientos de EDH, acompañados de las proyecciones estereográficas de la esquistosidad S, ejes de pliegue B y estratificación de sedimentos So. Mapa tomado de Márquez et al. 1994, modificado por Martínez 2000.

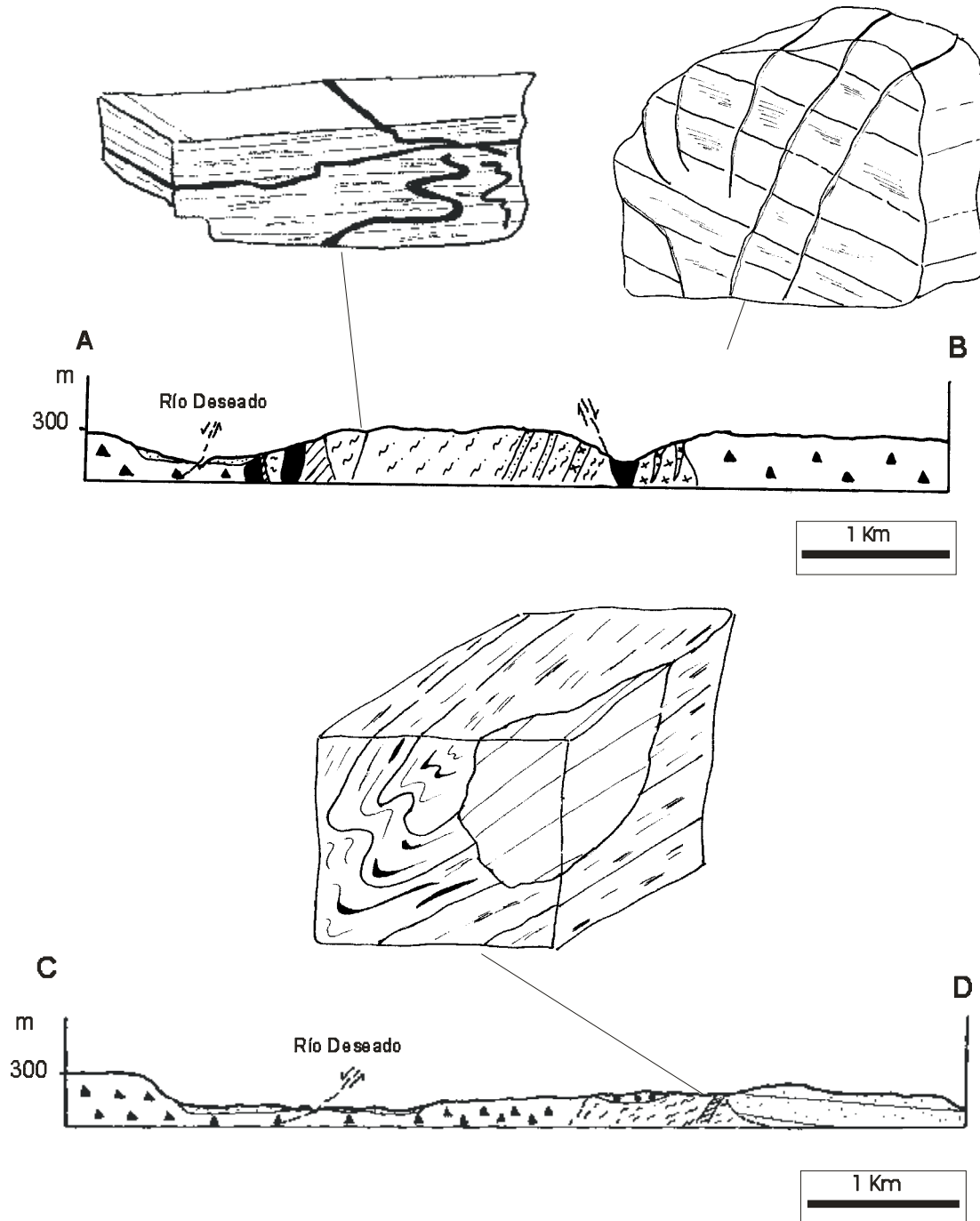
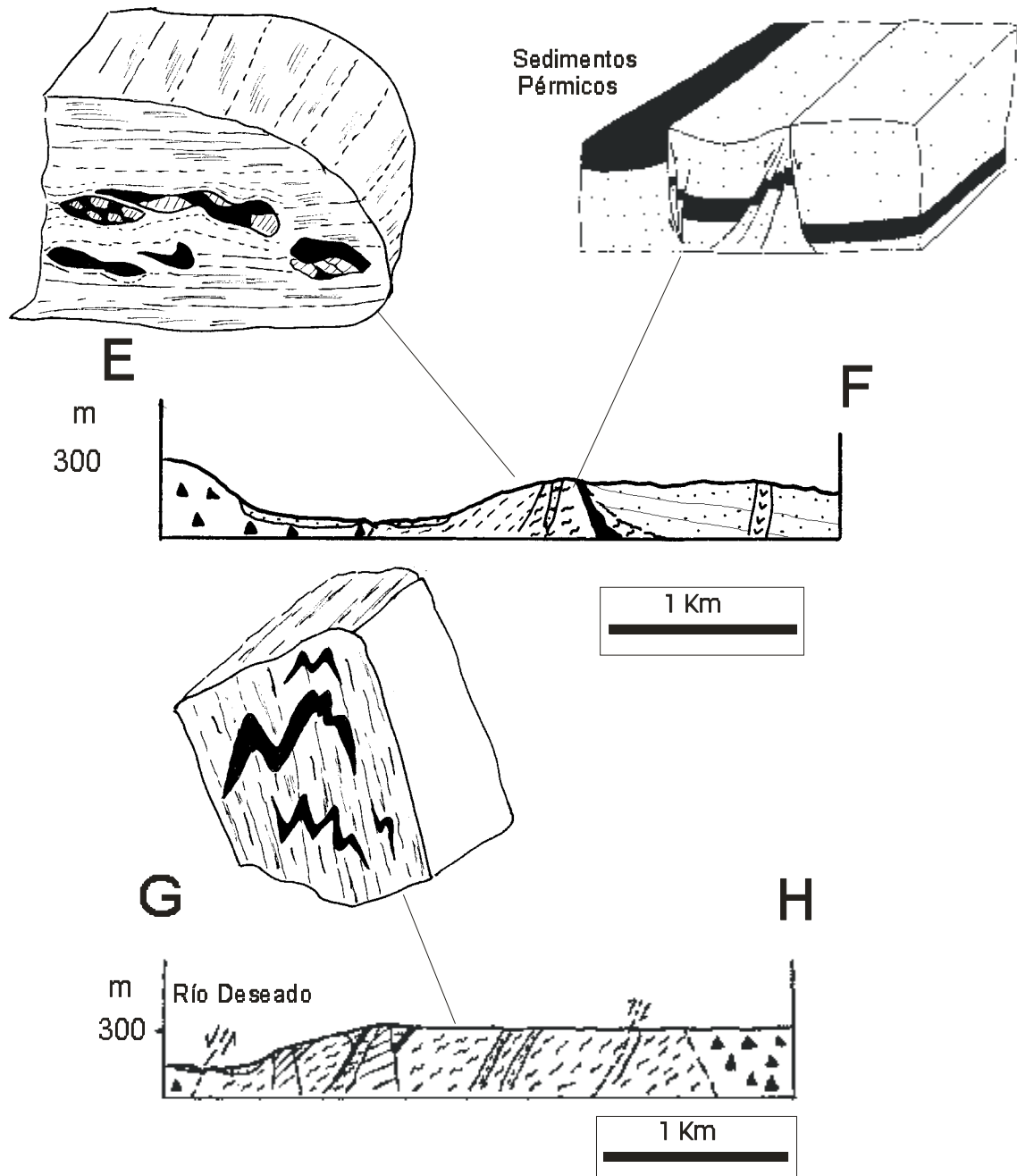


Fig. 3.8 Perfiles geológicos esquemáticos, en el perfil A-B se presentan dos block diagrams. El de la izquierda muestra la relación entre las venas cuarzo feldespáticas y los esquistos anfibólicos. El block diagrama de la derecha representa a los granitos foliados ubicados en el sector norte del mapa geológico. El perfil CD presenta dos block diagrams, el de la izquierda indica la relación de intrusividad entre el granito muscovítico con granate y las filitas, mientras el de la derecha representa el contacto discordante entre las metamorfitas y los sedimentos pérmicos. Ver las referencias en la página 34.



Ver las referencias en la página 34.
















Sedimentos aluviales del Río Deseado (Cuaternario)		Sedimentos aluviales
		Fluvioglaciares
		Cubierto Filitas
GRUPO BAHIA LAURA (Jurásico m - sup.)		Diques dacíticos
		Sedimentitas y piroclásticas
		Ignimbritas-brechas-tobas
F. LA LEONA (Triásico sup-Jurásico inf)		Intrusivo andesítico
		Intrusivo dacítico
F. LA GOLONDRINA (Pérmico)		Areniscas y conglomerados
COMPLEJO RÍO DESEADO (Pre-Pérmico)		Pegmatitas
		Granitos masivos con granate
		Granitos biotíticos foliados
		Gabro-Dioritas
		Anfibolitas
		Filitas-Cuarcitas

Fig. 3.9 Perfiles geológicos esquemáticos EF y GH. En el perfil EF se observan dos blocks diagramas uno de ellos presenta venas cuarzo-feldespáticas boudinadas. El segundo gráfico indica el sistema de fallamiento encontrado en los sedimentos pérmicos en el área de contacto con las metamorfitas. En el perfil GH se observa la primera generación de pliegues de tipo isoclinales alojados en filitas. Debajo de los perfiles se ubica la columna estratigráfica correspondiente.

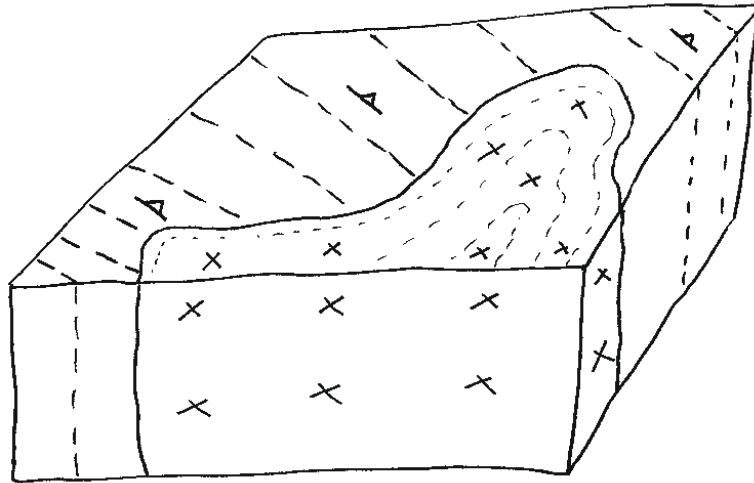


Fig. 3.10 El block diagrama representa un cuerpo de composición gabro-diorítica ubicado en el sector oriental del afloramiento. Este tipo de cuerpos se presentan como filones capa concordantes con la esquistosidad S1, pero ocasionalmente yacen discordantes a ésta, como se observa en ésta figura.

3.2.2 Evento intrusivo tardío

Posteriormente intruyen otros cuerpos graníticos muscovíticos de grano mediano a grueso, los cuales presentan facies de tipo pegmatíticas y facies de composición cuarzosas, las cuales constituyen los eventos intrusivos finales. Estas facies finales intruyen a través de fracturas. Dentro de las facies pegmatíticas fue posible identificar diques angostos de bordes difusos con una parte central compuesta por cuarzo – muscovita y microclino y con un borde de tamaño de grano mediano con presencia de cristales de granate. Este evento intrusivo tardío no presenta evidencias de haber sido afectado por una deformación dúctil. Estos cuerpos intruyen tanto a las filitas como a las anfibolitas y gabros.

3.2.3 Deformación tardía

Se produce una deformación tardía a baja temperatura que da lugar a la formación de estructuras tales como kinkbands y kinkbands conjugados en filitas (*foto 3.16*) los cuales se localizan en cercanía de los pliegues abiertos de orientación E-O. En los granitos correspondientes al evento intrusivo tardío se reconocen dos sistemas ortogonales de diaclasas como se puede observar en el perfil AB de la (*fig. 3.8*).

También se han identificado sistemas de diaclasas que afectan a las filitas; se trata de tres sistemas de diaclasas el sistema (I), es el mejor desarrollado y presenta una orientación promedio de N 135° e inclina 73° al NE, el sistema (II) presenta una orientación N 38° e inclina 90° y el sistema (III) tiene una orientación N 42° e inclina 62° al SE (fig. 3.11).

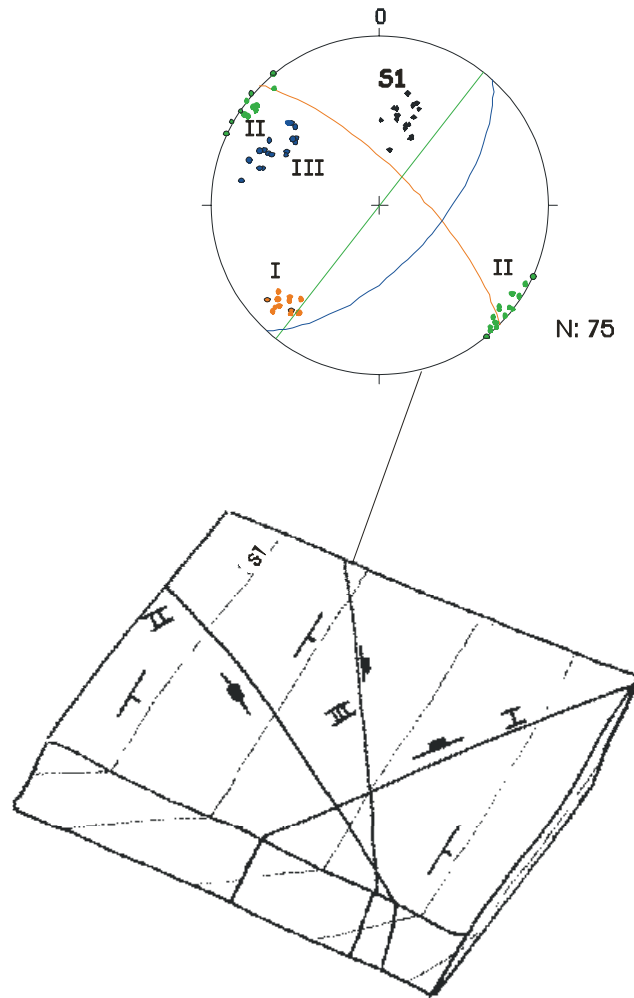


Fig. 3.11 Sistema de diaclasas identificado en Filitas de EDH.

3.3 Estancia El Sacrificio

3.3.1 Intrusivos Siluro - Devónicos

La tonalita denominada El Laurel ocupa un área de 10 km^2 , y es una roca con textura granuda con facies de grano mediano a grueso, de coloración gris oscura, foliación magmática y xenolitos micáceos. Se puede definir dos tipos de xenolitos, uno de forma lenticular y contacto neto cuya composición es exclusivamente biotítica, isoorientados de hasta 6 cm de largo, los cuales se localizan paralelos a la foliación magmática, éstos se definen como “surmicaceous enclave” o también llamados “restitas”. El segundo tipo presenta una forma oblada, el contacto es gradual y se define como *Schlieren* (Además es cortada por un enjambre de diques pegmatíticos y diques graníticos de grano fino (*fig. 3.14, foto 3.20*).

La foliación magmática de la tonalita medida en la Laguna de las Metamorfitas, presenta una orientación N 60° E e inclina entre 30 y 60° al SE (*fig. 3.13 y 3.16*). En la Laguna del Borrego se ha observado la Tonalita El Laurel con abundantes xenolitos micáceos isoorientados, ésta roca se encuentra a su vez cortada por diques pegmatíticos (*fig. 3.17*). En algunos sectores se puede identificar pequeñas zonas de cizallamiento (*foto 3.21*) las cuales cortan a los xenolitos presentes. En la Laguna del granito se han identificado xenolitos ahusados de $10 \times 2 \text{ cm}$ y de $20 \times 4 \text{ cm}$ de ancho (*fig. 3.18*). La tonalita se encuentra intruída por diques rosados leucograníticos correspondientes al Plutón El Sacrificio (*foto 3.22*), diques angostos básicos y diques dacíticos con fenocristales (*foto 3.23*). Dentro de la tonalita se observan xenolitos del basamento metamórfico constituidos principalmente por esquistos y anfibolitas. La tonalita es intruída por un pequeño cuerpo granítico con alta concentración en biotita el cual ocupa un área de 1 Km^2 . Esta roca es de color gris oscuro a blanquecino de grano mediano a grueso con marcada lineación de las biotitas. La tonalita El Laurel presenta un contacto de tipo tectónico con las vulcanitas jurásicas como se observa en el perfil de orientación NW-SE (*fig. 3.15*). Este se encuentra a su vez es intruído por el Plutón El Sacrificio el cual ocupa un área de 3 Km^2 . Es una roca de grano fino de color rosado claro, en la cual se pueden diferenciar cristales de feldespatos de hasta 3,5 centímetros de largo, además presenta xenolitos de color verde oscuro con marcada foliación. En algunos sectores se observan pequeñas zonas de cizallamiento de unos pocos cm de ancho que atraviesan a grandes cristales de feldespatos.

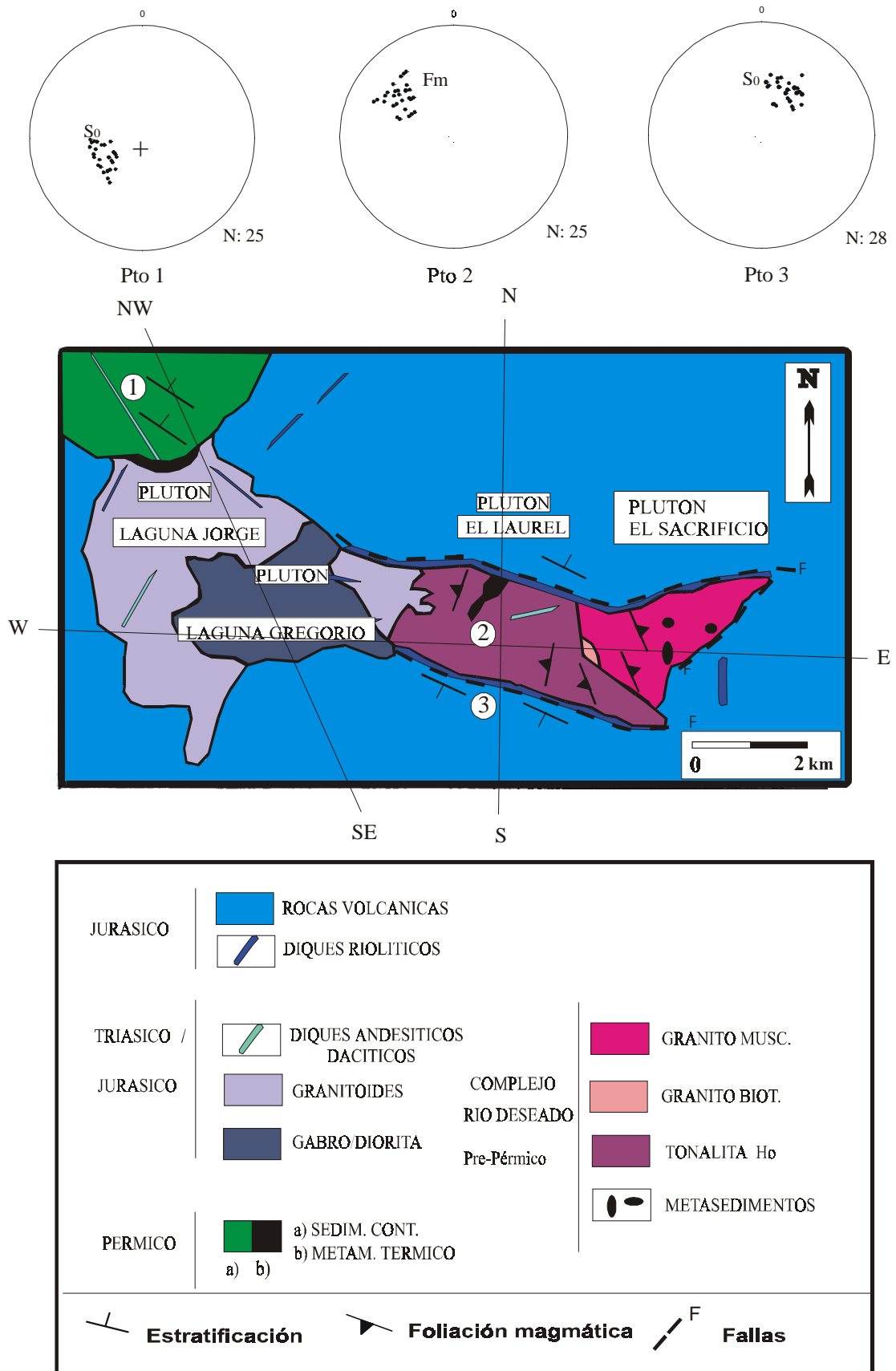
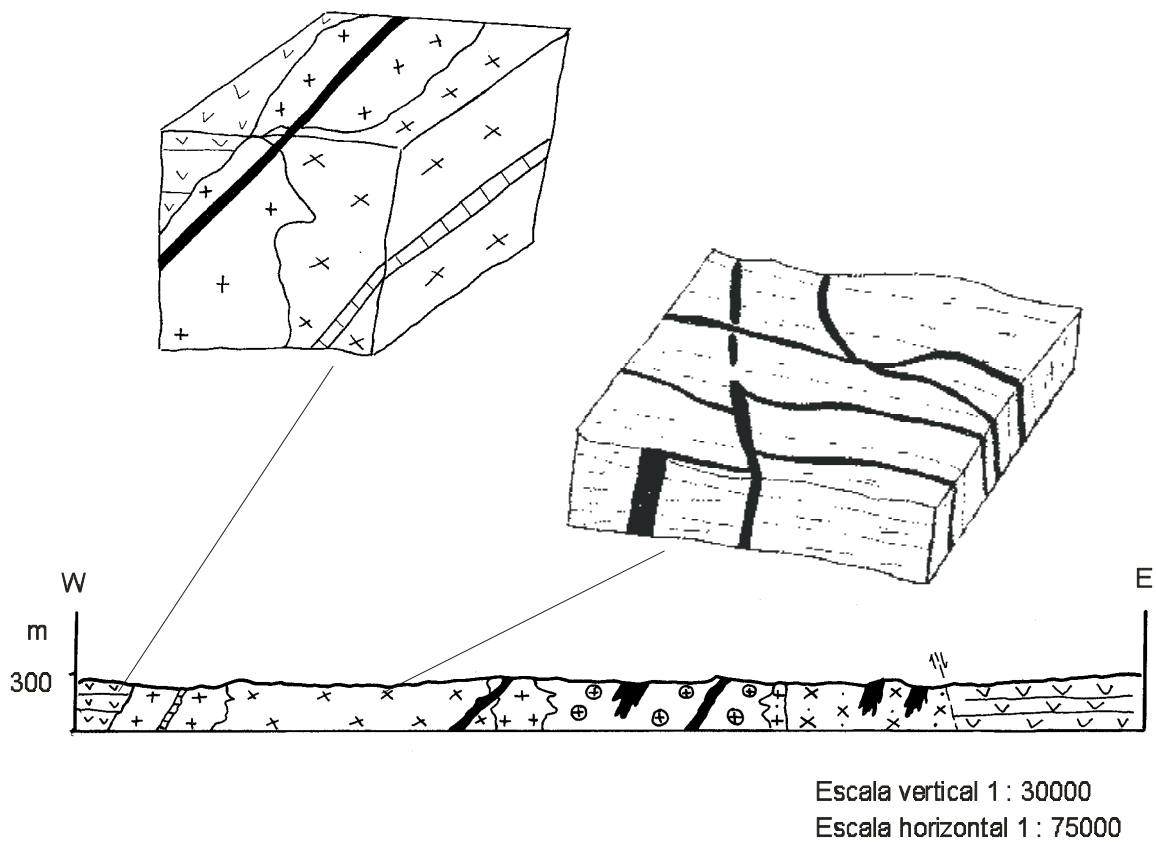


Fig. 3.13 Mapa geológico correspondiente a los afloramientos en Estancia El Sacrificio, acompañado de proyecciones estereográficas.













JURASICO		ROCAS VOLCANICAS		
		DIQUES RIOLITICOS		
TRIASICO /		DIQUES ANDESITICOS DACITICOS	COMPLEJO RIO DESEADO Pre-Pérmico	
JURASICO		GRANITOIDES		
		GABRO/DIORITA		
				GRANITO MUSCOVITICO
				GRANITO BIOTITICO
				TONALITA
				METASEDIMENTOS
PERMICO		a) SEDIM. CONT. b) METAM. TERMICO		

Fig. 3.14 Cortes geológico esquemático de orientación W - E con tres bloques diagramas. Acompaña a los diagramas una columna estratigráfica.

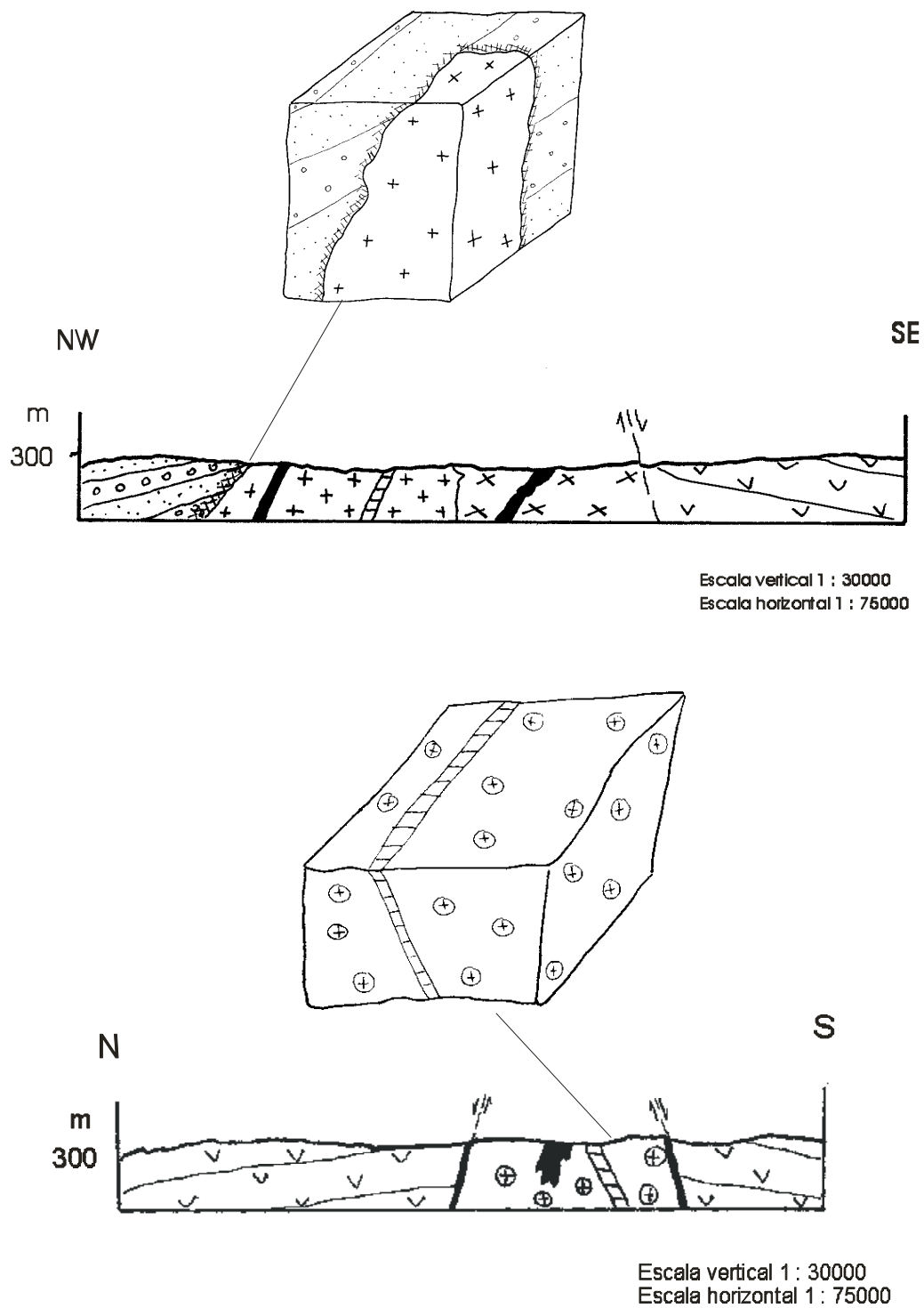


Fig. 3.15 Cortes geológicos esquemáticos de orientación NW - SE y N - S con los correspondientes blocks diagrams que indican en detalle la estructura presente en dichos puntos.

3.3.2 Eventos intrusivos Triásicos – Jurásicos

El Plutón El Laurel se encuentra a su vez intruído por un cuerpo de composición tonalítica denominado Plutón Laguna Gregorio, que ocupa un área de 8 Km². Es una roca de color oscura de grano medio que se encuentra intruída por diques dacíticos con fenocristales, por diques básicos y filones angostos de tipo pegmatita granítica. En el borde occidental este cuerpo es intruído por un granito de tipo porfírico, el cual ocupa un área de 26 Km², denominado Plutón Laguna Jorge (foto 3.24). Este plutón en la Laguna del Granito se presenta intruyendo a la Tonalita El Laurel la que presenta *schlieren* de composición biotítica de unos 4 cm de largo y venas de epidoto. Ambos cuerpos se presentan a su vez intruidos por pórfidos dacíticos. La intrusión del Plutón Laguna Jorge produce una aureola de metamorfismo térmico en las sedimentitas pérmicas. Dicho contacto intrusivo queda representado en el perfil NW-SE y en el correspondiente bloques diagrama (fig. 3.15). En el perfil W-E se observa la relación de no concordancia entre dicho granito y las vulcanitas jurásicas (fig. 3.14).

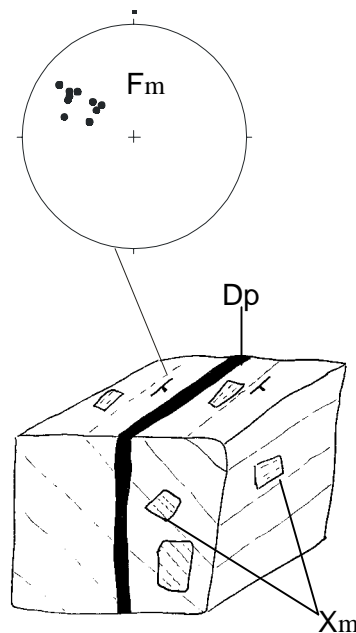


Fig. 3.16 Diagrama y proyección estereográfica de la foliación magmática (Fm) identificada en la Tonalita El Laurel en la Laguna de las metamorfitas. (Xm) xenolitos micáceos isoorientados, (Dp) diques pegmatíticos.

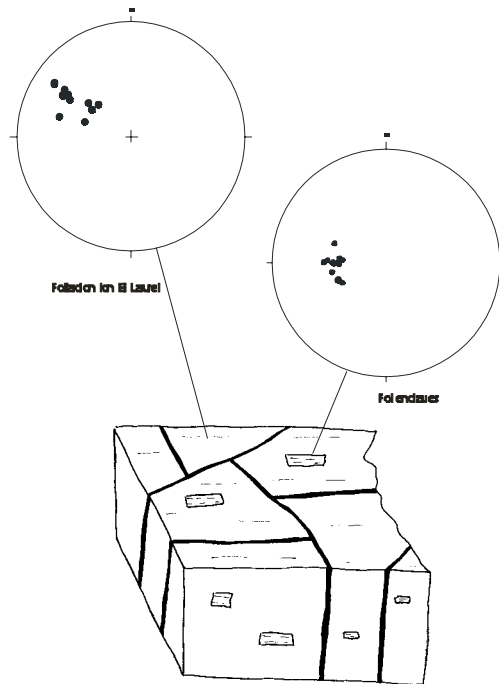


Fig. 3.17 Diagrama y proyección estereográfica de la foliación magmática identificada en la Tonalita El Laurel y en los xenolitos micáceos. Laguna del Borrego.

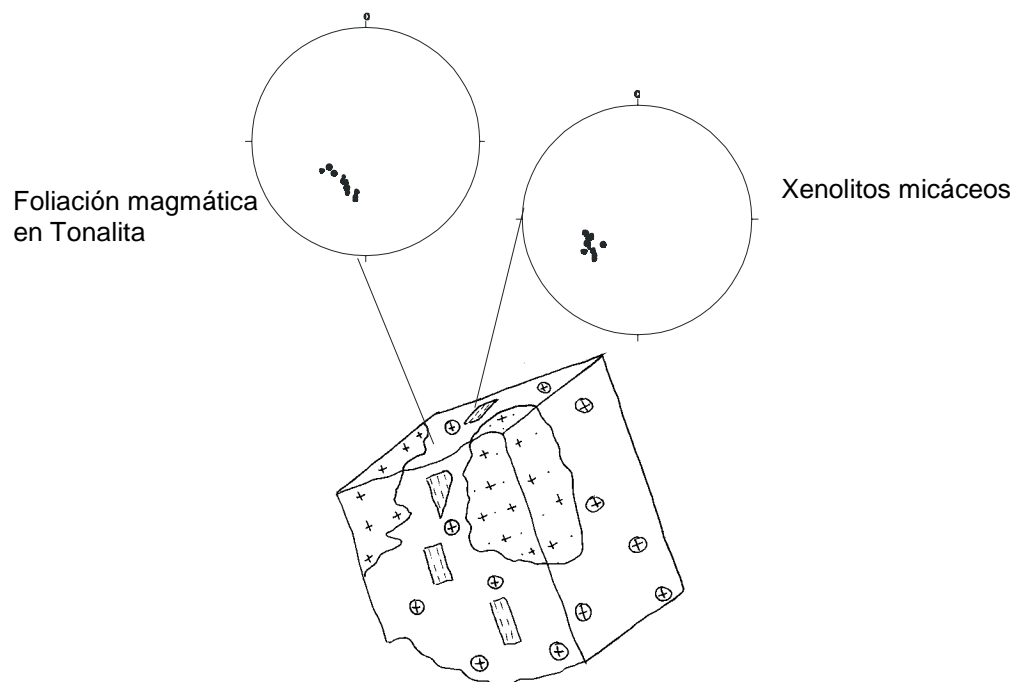


Fig. 3.18 Diagrama y proyección estereográfica de la foliación magmática identificada en la Tonalita El Laurel y en los xenolitos micáceos. Laguna del Granito.

3.4 Conclusiones

En el basamento metamórfico del Macizo del Deseado se reconocen 3 fases principales de deformación (D):

Durante la *fase D1* se originaron estructuras dúctiles entre las que se destacan la esquistosidad principal S1 asociada a pliegues isoclinales y cerrados de tamaño métrico con ejes de pliegue (B1) de orientación 170°/14° con buzamiento al SE y ángulo de apertura de 10 ° y 181°/48° con buzamiento al S y ángulo de apertura de 17°. La S1 presenta una orientación de 310° inclinando 60° al NE en ETH y en EDH presenta una orientación N 90°E e inclina 37°S y N 120°E e inclina 35° SW. En ésta fase se produce la intrusión y deformación progresiva de venas pegmatíticas y cuerpos monzograníticos sincinemáticos.

La *fase D2* ocurre a igual que la *D1* bajo el campo de la deformación dúctil, en ésta fase se originó la esquistosidad (S2), la cual es de carácter local y se asocia a pequeños pliegues asimétricos de unos pocos centímetros reconocibles a escala meso y microscópica (B2).

La *fase D3* se desarrolla en el campo frágil dúctil, se evidencia a través de un fallamiento inverso puntualmente en ETH posiblemente correlacionable con EDH, el plano de falla presenta una orientación N 40°W e inclina 30° al NE en ETH, mientras que en EDH sería de rumbo N - S. En ésta fase se reconocen pliegues de arrastre los cuales se asocian a dicho fallamiento. Estos presentan un eje de pliegue (B3) de orientación 315° con un buzamiento de 15° hacia el NO y un ángulo de apertura de 80° en ETH y en EDH de 347° y un buzamiento de 19° al NO y 152° con un buzamiento de 22° hacia el SE . Se incluye en ésta fase pequeñas zonas de cizalla localizadas en granitos y gabros. Adicionalmente se reconoce una deformación plástica tardía.



Foto 3.1- Microplegamiento en esquistos anfibólicos de ETH.



Foto 3.2- Microplegamiento isoclinal asimétrico en esquistos anfibólicos de ETH.



Foto 3.3- Cuerpo granítico deformado conjuntamente con el esquistos anfibólico durante la fase de deformación D1.

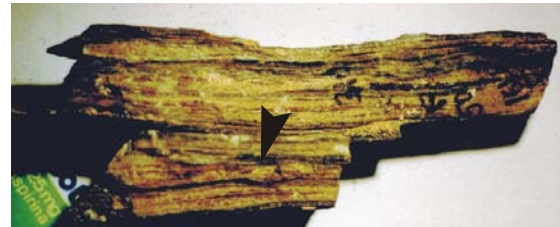


Foto 3.4- Foto de muestra de mano correspondiente a esquistos anfibólicos de ETH con granate y diópsido. Se indica con la flecha el "boudinage". Ancho de la foto 30 cm.



Foto 3.5- Ignimbrita correspondiente al grupo Bahía Laura localizada en ETH. Espesor aproximado 30m.



Foto 3.6- Vista general de los afloramientos en ETH. Los afloramientos de basamento se presentan como pequeños relictos en la margen del Río Deseado. Las dos expresiones topográficas de la foto representan el vulcanismo jurásico, tobas e ignimbritas (To-Ig Js) y basaltos (Ba Js).



Foto 3.7- Vista general del pliegue localizado en filita a la entrada del Cañadón La Picaza (indicado con una flecha). EDH



Foto 3.8- Foto en detalle del anticlinal indicado con la flecha en la foto 3.7., entrada del Cañadón La Picaza EDH



Foto 3.9- Distintas generaciones de venillas de cuarzo alojadas en anfibolitas. Estas venillas se presentan microplegadas y boudinadas. Cañadón Profundo EDH.

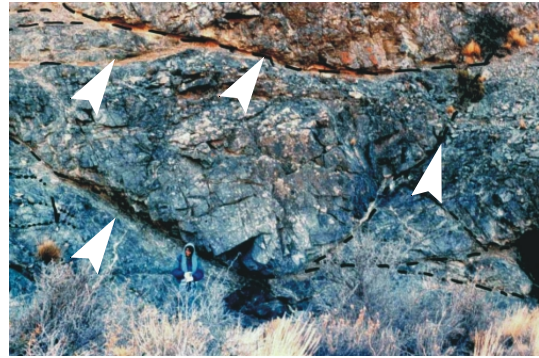


Foto 3.10- Estructuración del gabro localizado en el sector norte, EDH.



Foto 3.11- Zonas de cizalla frágil - dúctil de máximo 1 m de espesor en gabro localizado en el sector norte, EDH.



Foto 3.12- Algunas de éstas zonas de cizalla frágil - dúctil presentan un ancho de 15 a 20 cm, gabro localizado en el sector norte, EDH.



Foto 3.13- Planos de deformación dúctil identificados en el gabbro del sector norte de EDH.



Foto 3.14- Granito biotítico foliado localizado en el sector norte de EDH, relación de contacto intrusiva con el gabbro.

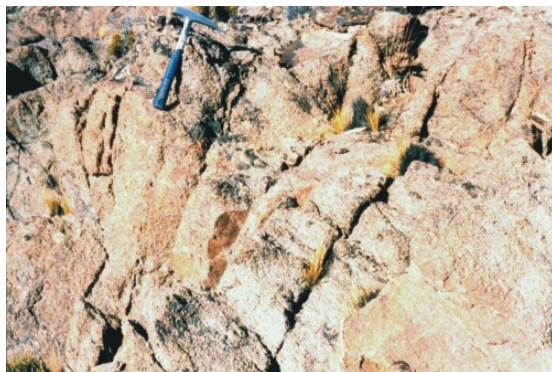


Foto 3.15- En uno de los granitos foliados localizado en el sector norte de EDH se reconocen dos sistemas ortogonales de diaclasas.



Foto 3.16- Como producto de la deformación tardía se reconocen kinkbands y kinkbands conjugados en filitas de EDH.



Foto 3.17- Secuencia intercalada de filitas y cuarcitas en EDH.



Foto 3.18- Vista general del contacto entre los sedimentos pérmicos y la secuencia filita cuarcita EDH.



Foto 3.19 Esquistos micáceos y anfibolitas inyectados por material leucocrático concordante.



Foto 3.20- Plutón El Laurel, el cual se encuentra atravesado por diques andesíticos dacíticos. Además presenta enclaves micáceos de hasta 10 cm de largo. Laguna de las metamorfitas.



Foto 3.21- Plutón El Sacrificio, en éste plutón se identifican pequeñas "shear zone" de unos pocos cm de ancho.



Foto 3.22-Tonalita hornbléndica con xenolitos de forma angular, oscuros, es intruída por un granito rosado. Además se identifican filoncillos graníticos de color rosado que cortan la foliación magmática de la tonalita. Laguna del Granito.

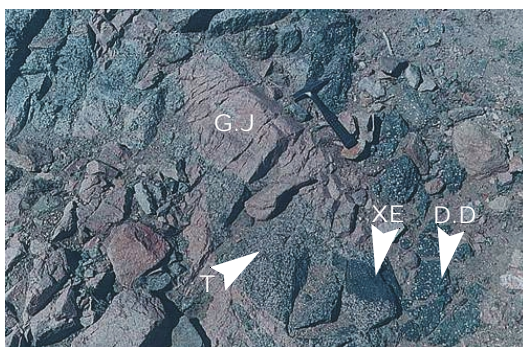


Foto 3.23 Tonalita hornbléndica (T) con xenolitos de forma angular, oscuros (XE), es intruída por un granito rosado, granito de la Laguna Jorge (GJ). Diques dacíticos atraviesan ambas unidades. Laguna del Granito.

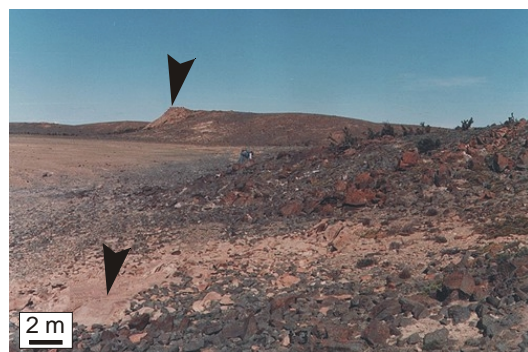


Foto 3.24 La flecha indica el afloramiento de leucogranito rosado correspondiente a Laguna Jorge, éste cuerpo intruye rocas tonalíticas oscuras de Tonalita Lag. Gregorio.

4. Petrografía y Microfábricas

A continuación se define la terminología empleada en el presente capítulo, para una mejor comprensión se ha traducido los términos del inglés al español pero en el texto del capítulo se continuará con la terminología en inglés. El estudio de las microfábricas fue realizado en el Instituto de Geología Mineralogía y Geofísica de la Ruhr - Universität de Bochum, Alemania.

Las microfábricas comprenden dos rasgos característicos en las rocas:

Microestructura (*Microstructure*): que se interpreta como la forma y orientación de todos los rasgos observables con el microscopio óptico o electrónico como por ejemplo *grain boundaries*, *subgrains*, *lamellae*, *dislocations*.

Textura (*Texture*): es la orientación preferencial cristalográfica, (CPO) de un agregado cristalino.

Esta terminología es compatible con el lenguaje común utilizado en la geología estructural moderna y literatura a fin con la ciencia de los materiales. El uso de ésta terminología en la literatura es aún confuso. Tradicionalmente petrógrafos y geólogos estructurales usan el término textura para referirse a la microestructura en el sentido de Spry (1969).

Geología estructural moderna y Ciencia de los materiales		Petrógrafos y Geología estructural tradicional
Microestructuras	→	Textura
Microfábricas		
Textura	→	Fábrica

Mecanismos y regímenes de deformación

La deformación de las rocas es influenciada por diversos factores, tales como Presión, Temperatura y el diferencial de esfuerzo. Por otro lado ésta es también controlada por la composición mineralógica de la roca como así también por el contenido y composición de las fases fluidas presentes.

Los mecanismos de deformación se definen como procesos elementales, los cuales son responsables de la deformación de cuerpos rígidos cristalinos, ellos son deslizamiento de dislocaciones *dislocation glide*, maclado mecánico *mechanical twining*, ascenso de dislocaciones *dislocation climb*, etc.

Los regímenes de deformación se describen como la combinación de los mecanismos de deformación y un proceso acompañante, ellos son flujo cataclástico *cataclastic flow*, plasticidad a baja temperatura *low temperature plasticity*, flujo-dislocación *dislocation creep*, flujo-difusión *diffusional creep*. Cada régimen de deformación tiene una ley de flujo correspondiente, la mayoría de éstas son formuladas solo para flujos estacionarios. Estas leyes son calibradas experimentalmente.

Mecanismos de deformación

- . Deslizamiento de dislocaciones
- . Ascenso de dislocaciones
- . Maclado mecánico
- . etc

Regímenes de deformación

(mecanismo de def. + proceso)

- . Flujo cataclástico
- . Plasticidad a baja temperatura
- . Flujo - Dislocación
- . Flujo – Difusión

Regímenes de deformación

Flujo cataclástico

El flujo cataclástico se caracteriza por la presencia de fracturas, procesos de fragmentación mecánica y deslizamiento de límites de granos. El medio experimenta una microfracturación y los fragmentos de tamaño y composición variables experimentan desplazamientos relativos. Las temperaturas actuantes son mínimas como para producir movimientos a través de dislocaciones. Se produce la fractura tan rápido como se alcance el límite de elasticidad.

Plasticidad a baja temperatura

Los mecanismos de deformación mas importantes que actúan en la plasticidad a baja temperatura son los deslizamientos de dislocaciones y el maclado mecánico. A altas temperaturas se activa el esfuerzo de cizalla el cual es necesario para producir el movimiento a partir de las dislocaciones. El deslizamiento de dislocaciones conduce a un cizallamiento. Para deformar un agregado cristalino de forma homogénea y coherente es necesario que cada cristal tenga cinco grados de libertad, es decir cinco sistemas de deslizamientos independientes. Los minerales presentan menos de sistemas de deslizamiento debido a su débil grado de simetría. A baja

temperatura la deformación plástica no puede ser homogénea en el interior del agregado, y los deslizamientos deben ser ayudados por otros mecanismos de deformación como el maclado. El maclado es una transformación muy rápida en oposición al deslizamiento de dislocaciones. Se obtiene por una reorganización pequeña y local de átomos que requieren esfuerzos más elevados que el deslizamiento. El ángulo de giro es fijo y afecta la orientación de la red, mientras que en el deslizamiento la rotación de líneas asociadas al cristal es variable y no afecta la red.

Flujo – Dislocación

En el régimen de deformación Flujo – Dislocación están activos los deslizamientos de dislocaciones como así también los ascensos de dislocaciones. Este último mecanismo de deformación está solo activo a altas temperaturas. A baja temperatura, las dislocaciones incluidas en los planos de deslizamiento tienden a reunirse en diversos obstáculos (límite de grano). Para proseguir la deformación es necesario aumentar el esfuerzo. Este aumento del esfuerzo introduce nuevas dislocaciones en la red y le permite a ciertas dislocaciones superar los obstáculos que las detiene. A alta temperatura se reduce la obstrucción de la red por dislocaciones debido a la presencia de procesos tales como la recrystalización dinámica (*dynamic recrystallisation*) y a la recuperación (*recovery*). En el proceso de recuperación interviene el ascenso de dislocaciones, que de esta manera pueden anularse mutuamente las dislocaciones organizándose primeramente en bandas llamadas bandas de deformación (*deformation band*). Este último fenómeno que conduce a la subdivisión de la red cristalina en subgranos (*subgrain*) se denomina poligonización por ascenso de dislocaciones y presenta límites de grano de bajo ángulo lo cual indica un bajo nivel energético.

Flujo – Difusión

A temperatura muy alta, el flujo puede estar asegurado parcialmente por difusión orientada de los átomos a través de la red cristalina o según los bordes de grano. El flujo de difusión en la red, también denominado flujo Navarro-Herring (*Navarro Herring creep*), actúa por el efecto de un esfuerzo, en cambio la difusión en superficie o difusión Coble (*Coble creep*) parece intervenir en rocas en las que el mecanismo de flujo sería el deslizamiento en los bordes de granos.

4.1 Microestructuras, mecanismos y regímenes de deformación

4.1.1 Afloramiento del basamento metamórfico en Estancia Tres Hermanas

4.1.1.1 Cuarzitas

Las cuarcitas son rocas gris blanquecinas con manchas limoníticas y marcada esquistosidad. Se puede diferenciar dos variedades de cuarcita, una más rica en muscovita y con feldespatos constituyen cuarcitas micáceas. La mineralogía de ésta es cuarzo, feldespato, muscovita, zircón, monacita, apatita y minerales opacos; la otra variedad de cuarcita no presentan feldespatos (*fig. 4.1*).

En cuanto a la textura las cuarcitas presentan una textura granoblástica (*foto 4.1*) con un tamaño de grano de 0.30 a 0.50 mm, y en cuanto a su microestructura se observan típicas fábricas de recrystalización dinámica de cuarzo producida por migración de bordes, *grain boundary migration recrystalization*. Relictos de antiguos cristales de cuarzo con extinción ondulosa y subgranos elongados que pasan lateralmente a pequeños granos recrystalizados dinamicamente. Esta recrystalización conduce a orientaciones preferenciales en la forma de los granos de cuarzo como así también a orientaciones cristalográficas preferenciales. Luego de la recrystalización dinámica ocurre una recrystalización secundaria que procede de la energía de superficie de los cristales, debido a que la movilidad en los bordes de los granos es grande se observa una textura en mosaico granular, *grain growth*, crecimiento de grano, con un tamaño de grano de 0.3 mm (*foto 4.2*). Los contactos de granos convergen hacia puntos triples formados por ángulos de 120°. Perpendiculares a cuarzoes con límite de grano de alto ángulo se localizan en los bordes de fase *phaseboundary* (001) de la mica blanca (*foto 5.2*). Otras microestructuras identificadas también en el cuarzo atribuidas a una ligera deformación plástica tardía a baja temperatura son: extinción ondulosa, *undulatory extinction*, bandas de *deformación deformation bands*, y adicionalmente lamelas de deformación, *deformation lamellae* (Giacosa *et al.* 1998, Martínez *et al.* 2000).

En las cuarcitas se identifican lentes con forma de ojos y otros con continuidad lateral, que se localizan paralelos a la esquistosidad S_1 de la roca (*foto 5.3*). Los lentes están constituidos por un agregado de cuarzo (0.2 mm), mica blanca recrystalizada que varía entre 0.05 y 0.08 mm y óxidos de Fe. Dentro de los lentes se observa una variación en la granulometría del cuarzo desde un cuarzo de grano fino y contactos suturados pasa a formar hacia el centro subgranos de cuarzo de mayor tamaño. En los extremos se ubican folias de micas blancas recrystalizadas con un tamaño entre 30 y 50 μ , se presenta feldespato potásico, arcillas, clorita, circón y opacos, por último se reconoció un tipo de mica blanca de disposición radial con un tamaño de 100 μ (*foto 5.4*). Estos diferentes tipos de mica blanca aquí definidos serán luego investigados en más detalle en la microsonda electrónica y explicado en el capítulo 5 (*fig 5.4*).

4.1.1.2 Esquistos anfibólicos

Los pliegues presentan clivaje de plano axial del tipo abanico divergente. Este clivaje está otorgado por folias de biotita y granos de cuarzo y feldespato potásico elongados. La paragénesis mineral presente es cuarzo, plagioclasa, hornblenda, granate, diópsido, epidoto, titanita, calcita y minerales opacos (*fig. 4.1*). El microplegamiento observado asociado a S1 es de tipo isoclinal (*foto 4.3*), ésta roca presenta una textura bandeada donde se pueden diferenciar cuatro bandas:

- Banda a, con predominancia de biotita con extinción ondulosa, quien otorga la marcada foliación a la roca. Asociado a biotita siempre en la misma banda aparece anfíbol (hornblenda), calcita, apatita y esfena (*foto 4.4*).
- Banda b, donde predomina feldespato potásico, plagioclasa con extinción ondulosa y maclas curvadas, cuarzo con extinción ondulosa y contactos suturados. Asociada a ésta mineralogía aparece hornblenda y esfena en menor proporción. El cuarzo ha recrystalizado dinámicamente con un tamaño de grano de 30 μ , ésta recrystalización es por migración de los límites de grano (*foto 4.5*).
- Banda c, caracterizada por trenes de esfena de tamaño de grano fino (0.04 mm) que alternan con la banda b.
- Banda d, que presenta un ancho de 0.5 cm está compuesta por cuarzo, feldespato, biotita, esfena y apatita.

ROCA	PARAGENESIS MINERAL
CUARCITAS	Q + M + Zc + Ap+ min. op. + Oxidos
CUARCITAS MUSCOVITICAS	Q + F+ M + Zc + Ap+ min. op. + Oxidos
MARMOLES	Ca + Q + M + Pirita
GRANITOS Y GRANODIORITAS	Q + F + PL + M + Gr + Bi + Cl + Ca Q + F + PL + Bi + Cl + Ca
ESQUISTOS ANFIBOLICOS	a) Bi + Ca + Anf. + Ti + Ap b) F + Q + PL + Anf. + Ti c) bandas de Ti alterna a la banda b) d) Q + F + Bi + Ti + Ap ----- Q + PL + Ho + Bi + Di + Gr + Ca + Ep + Ap + Ti + Op.

Fig 4.1 Tabla de las paragénesis minerales presentes en las rocas de ETH.

Esta paragénesis definida para los esquistos anfibólicos sería estable bajo la fase de deformación D1 descrita en el capítulo anterior (foto 4.6). La esquistosidad S2 es de tipo plano axial y viene dada por folias de biotita, xenoblastos de anfíbol, cuarzo de contacto irregular, suturado y feldespato elongado (foto 4.7, 4.12).

Se reconoce una variedad de esquistos anfibólicos rico en granate (grosularia - andradita), diopsido, epidoto, clorita, asociado a la mineralogía antes descrita (foto 4.8). Esta roca presenta una textura boudinada (foto 4.9). En el centro de los *boudins* se ubican granates rodeados de epidoto, los que aparecen cortados por venillas cortas y discontinuas de calcita y cuarzo. La matriz de éstos *boudins* la constituye plagioclasa con macla de albita fuertemente reemplazada a sericita, feldespato potásico (microclino), cuarzo con extinción ondulosa, contactos suturados y anfíbol de contacto irregular, reemplazado por calcita a través de los planos de clivaje (foto 4.10, 4.11).

4.1.1.3 Mármoles

La mineralogía de los mármoles es 90% de calcita, 7% de cuarzo, 2% de muscovita, feldespato potásico y el 1% restante apatita y minerales opacos (*fig 4.1*). La calcita presenta un contacto de tipo suturado asociado a límites de grano de alto ángulo, como producto de procesos de recrystalización dinámica, observándose además sistemas de maclas que culminan antes de los límites de granos. De acuerdo a las características microscópicas se pueden identificar dos tipos de maclas según la clasificación de Burkhard (1992). Maclas delgadas, racionales que presentan hasta dos sets en un grano y que se definen como de tipo I y maclas en cuña, curvadas, irracionales, que presentan hasta dos sets, las que se definen de tipo III. Además se observa, extinción ondulosa y subgranos con límites de grano de bajo ángulo.

Estudios microestructurales permiten distinguir dos estadios de deformación en el mármol subsecuente con el metamorfismo de facies anfibolita. El primero ocurre a elevada temperatura y en él la calcita fue deformada bajo un mecanismo de maclado mecánico y bajo un régimen de flujo – dislocación, *dislocation creep*, recrystalizando marginalmente con un tamaño de grano de cerca 0.03 mm. Se observan gruesas *twin lamellae* que presentan contacto suturado, indicando una importante recrystalización por migración. Se pueden identificar subgranos dentro de los grandes cristales. En el segundo estadio predomina una deformación puramente frágil evidenciada por tres generaciones de venas, localmente determinadas a partir de estudios de catodoluminiscencia (ver capítulo 8) y que son el producto de fracturas de dilatación rellenas por calcita y minerales opacos. Es posible identificar fragmentos del mármol original, los cuales son fácil de distinguir en zonas de brechas por catodoluminiscencia. Las venas rellenas de calcita no revelan mecanismos de deformación tales como maclado mecánico. Esto evidencia que tanto las fracturas como el relleno de calcita ha ocurrido a niveles superficiales de la corteza relacionados a la actividad hidrotermal como ya ha sido observado en cuarcitas de Estancia Tres Hermanas por Martinez *et al.* (2000).

4.1.1.4 Granitos

La paragénesis está compuesta por cuarzo, microclino, plagioclasa, muscovita, granate, biotita y calcita (*fig. 4.1*). La foliación del granito es paralela al eje del pliegue isoclinal en el esquisto anfibólico, es decir que fue boudinado y foliado sincinemáticamente con el esquisto. Los fenocristales se encuentran inmersos en una matriz dúctil recrystalizada de cuarzo. La matriz en la que se alojan éstos cristales relícticos fue recrystalizada dinámicamente bajo el proceso de *strain induced boundary migration*, los contactos de grano son suturados.

En los cristales de cuarzo se observa *recristalización*, que comienza a partir del movimiento de los límites de grano de alto ángulo, se observan límites de granos irregulares, contactos de grano son suturados *strain induced boundary migration* acompañados de la formación de nuevos granos ópticamente independientes (foto 4.13, 4.14, 4.15). Se observan también relictos de antiguos cristales de cuarzo con extinción ondulosa y subgranos elongados que pasan lateralmente a pequeños granos recristalizados dinámicamente. Además se ha encontrado 2 sistemas de subgrain en cuarzo los cuales se conocen con el nombre de “table chess” lo cual apoya los estudios texturales realizados con el método AVA.

La plagioclasa presenta recristalización, extinción ondulosa, mirmequitas de tipo lobuladas, kinkbands y microfracturas (cortas y discontinuas) (foto 4.16, 4.17). Los feldespatos potásicos presentan *flame perthite*, perthitas en llama, consisten en exsoluciones de albita en el feldespato potásico. Las exsoluciones se originan en el límite de grano o a lo largo de fracturas internas en los granos, la mayoría de las cuales es paralela al clivaje. En los granos de feldespato potásico se identifica el cristal relíctico en el centro, que presenta una débil deformación interna y granos recristalizados dinámicamente en los bordes, donde actuó una mayor deformación, *core and rim structure*, con estructuras de núcleo y borde (foto 4.18).

Los granates presentan un tamaño entre 0.2 y 0.4 mm, de forma anhedral y se observa textura de reacción con la matrix que lo rodea, dentro de los cristales se encuentran inclusiones de cuarzo de 0.15 mm y biotita reemplazada por clorita de 0.10 mm de diámetro, presenta zonación y ésta es de tipo reversa, la composición mineral principal es Almandino – Spessartina, y el contenido en MnO es de 9-12 % (Ver capítulo 5).

La muscovita es subhedral aparece como fenocristal y la biotita aparece tanto como fenocristal como así también como inclusión dentro del granate y en ambos casos es reemplazada por clorita (ver capítulo 5).

El régimen que actuó para deformar plásticamente al cuarzo y feldespato potásico fue Flujo – Dislocación, *Dislocation creep* en el que estuvieron activos los mecanismos de deslizamientos de dislocaciones como así también los ascensos de dislocaciones. Esta deformación dúctil tomó lugar a altas temperaturas. Luego ocurre una reducción en la energía de superficie de los cristales lo cual se expresa por el crecimiento de los granos de cuarzo cuyos contornos convergen en puntos triples a 120 °. Se superpone a éste régimen una deformación plástica a baja temperatura en cuarzo, feldespato potásico y calcita en la que los mecanismos de deformación más importantes que actuaron fueron los deslizamientos de dislocaciones y el maclado mecánico.

4.1.2 Afloramiento del basamento metamórfico en Estancia Dos Hermanos

4.1.2.1 Filitas - Cuarcitas

Las filitas presentan una textura bandeada compuesta por la siguiente paragénesis mineral: Cuarzo, feldespato, muscovita, biotita, apatita, clorita, calcita y minerales opacos (*fig. 4.2*). Dentro de cada banda es posible diferenciar la siguiente paragénesis :

- Muscovita+Biotita+Clorita+ Cuarzo+Feldespato
- Cuarzo+Feldespato+Muscovita

ROCA	PARAGENESIS MINERAL
FILITAS	Q + F+ M + Bi + Ap + Cl + Ca
ANFIBOLITAS	Anf + Q + F + Ep + Ca + Ap + Ti
GABROS	Q + Anf + Cl + Ca + Ep + Ta + Ti
GRANITOS FOLIADOS	Q + FK+ M + Bi + Zc + Ca + Ap + Op. + Oxidos
GRANITOS NO FOLIADOS	Q + FK+ PL + M + Bi + Gr + Ap+ Op.

Fig. 4.2 Tabla de paragénesis mineral en los afloramientos de EDH.

La esquistosidad S1 viene dada por clorita+cuarzo+feldespato+minerales opacos. El cuarzo se presenta en granos elongados de contacto irregular con *bulging*, pandeo, asociado a pequeños granos de cuarzo independientes, producto de la recristalización dinámica. Asimismo se observan bandas transgranulares de nuevos granos pequeños (*fig. 4.3, 4.4*). A ésta primera deformación dúctil se adicionan microestructuras producto de una deformación intracrystalina tales como extinción ondulosa y bandas de deformación. La concentración del cuarzo en la charnela de los pliegues y de la muscovita en los limbos apoya la idea de disolución bajo presión como mecanismo que define la segunda foliación (*foto 4.19, 4.20*).



Fig. 4.3 En la filita se diferencian bandas exclusivamente cuarzosas, las cuales presentan cuarzo policristalino con contacto entre grano de tipo irregular, debido al proceso de recristalización por migración de los límites de granos, "Grain boundary migration recrystallization".

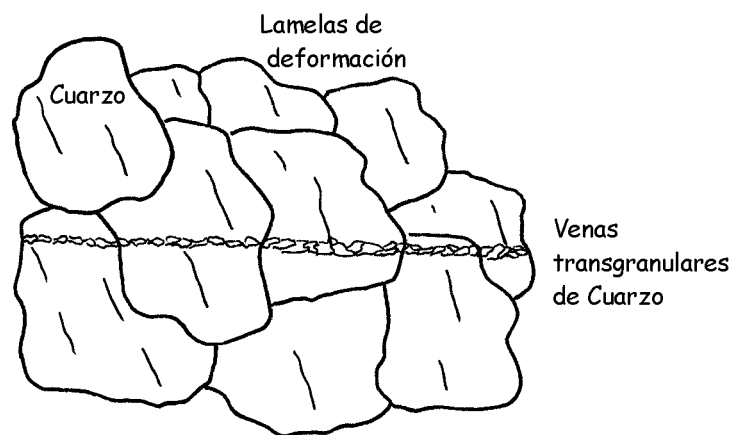


Fig. 4.4 La filita presenta bandas cuarzosas en las que se diferencian lamelas de deformación y venas transgranulares de cuarzo de grano fino.

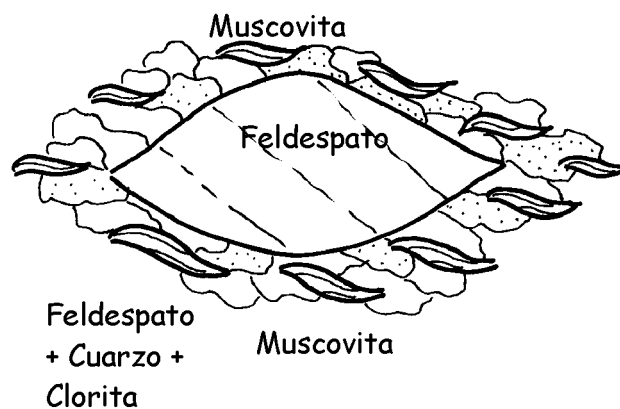


Fig. 4.5 El feldespato, presente en las filitas se presenta en forma de lente a veces zonado internamente se observan láminas de sericita las cuales se localizan en las líneas de clivaje de éste. Estos granos de feldespato se ven rodeados por finas láminas de muscovita y clorita.

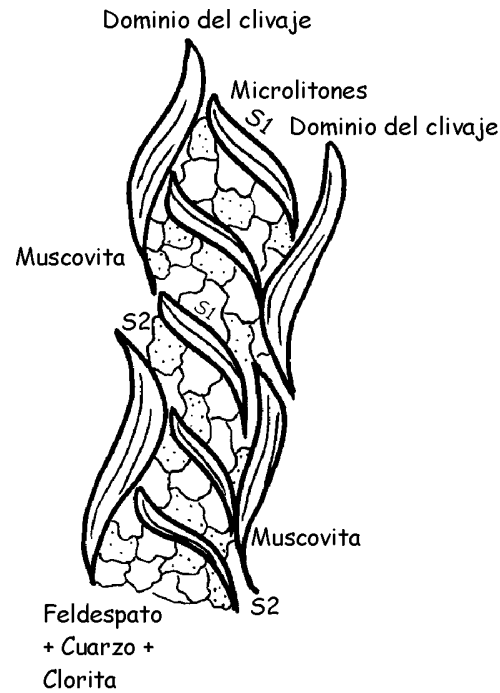


Fig. 4.6 La filita presenta una foliación de tipo espaciada, en la que se puede diferenciar el dominio del clivaje y los microlitones. Los microlitones están constituidos por clorita + cuarzo + feldespato, mientras que el dominio del clivaje presenta principalmente muscovita.

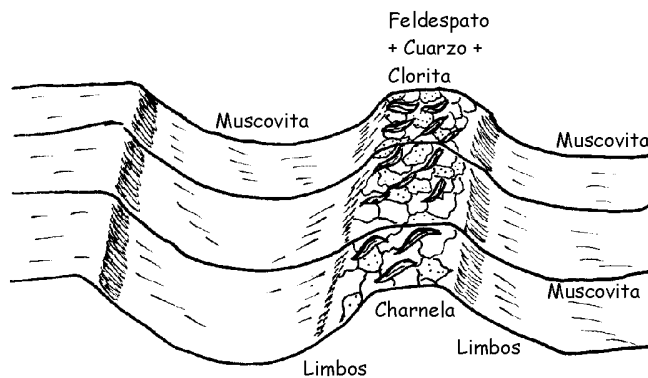


Fig. 4.7 En los pliegues de las filitas se puede identificar que en la charnela ocurre la mayor concentración de cuarzo, feldespato y clorita respecto a los limbos en los cuales predomina muscovita.

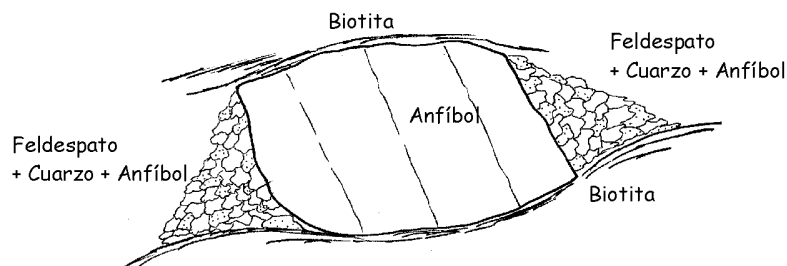


Fig. 4.8 En la anfibolita se identifican grandes cristales de anfíbol de origen magmático los cuales se encuentran rotados y rodeados por láminas de biotita y anfíbol recrystalizado.

El feldespato se presenta con forma de lentes a veces con zonación, internamente se identifican láminas de sericita que se orientan oblicuas a S1 y que marcarían el clivaje en el feldespato (*fig 4.5*). Estos granos de feldespato a igual que el cuarzo se ven envueltos por finas láminas de muscovita y clorita. Se observan bandas cuarzosas las cuales se presentan plegadas y boudinadas, los limbos se observan adelgazados algunos hasta el punto de formar boudins. Lo que indica que la dirección de estrechamiento ocurrió paralela a la dirección S2. El cuarzo es policristalino en parte recrystalizado dinámicamente como producto de la migración de los límites de granos (*foto 4.21, 4.22, 4.23*), éstas bandas se localizan paralelas a S1, y presentan poligonización (*foto 4.24, 4.25*). Además de boudinage se reconocen evidencias de disolución y truncamiento en éstas bandas (*foto 4.26, 4.27*).

La esquistosidad S1 ha sido crenulada e interrumpida por el dominio del clivaje, *cleavage domains*, éste clivaje es paralelo al plano axial de la crenulación. El plegamiento de dicha primera esquistosidad produce diferencias en la orientación de los elementos planares tales como contactos cuarzo-mica, esto mejora la disolución preferencial en los limbos de los pliegues lo que da lugar a la nueva esquistosidad S2. Esta esquistosidad de crenulación corresponde a una estructura no penetrativa, caracterizada por una división rítmica de la roca en dominios planares paralelos y espaciados desde unos pocos milímetros hasta algunos centímetros. La roca está finamente bandeada, con alternancia de bandas más gruesas, generalmente más claras, y con mayor contenido en cuarzo, y bandas más estrechas, más oscuras y enriquecidas en filosilicatos y opacos.

La esquistosidad S2 viene dada principalmente por muscovita y adicionalmente granos de cuarzo y feldespato elongados y se encuentra plegada a través del eje de pliegue B3 (*foto 4.28*), éstos pliegues son de tipo. El clivaje presente es un clivaje de crenulación zonal. La roca presenta una foliación espaciada en la que es posible diferenciar el dominio del clivaje, *Cleavage domains* y los microlitones, *microlithons*. Se caracteriza por un M domain (rico en mica) definido para filitas por Shelley (1993) (*fig 4.6*). Los microlitones están constituidos por Clorita+Cuarzo+Feldespato mientras que el dominio del clivaje principalmente por muscovita. Los primeros yacen entre las zonas del dominio del clivaje y se observa que presentan un microplegamiento correspondiente a una temprana foliación. En el área de la charnela se observa una mayor concentración de clorita y cuarzo con respecto a los limbos donde se concentra muscovita (*fig 4.7*). Esto sugiere una migración de la clorita hacia la charnela. El dominio del clivaje consiste en paquetes de micas paralelos, cerrados y entrelazados, en los cuales se encuentran delgados lentes con granos de cuarzo y feldespato (*fig. 4.6*). Estas micas se ubican oblicuas al límite de la zona, además se observan intercalaciones entre las micas y los granos de cuarzo pequeños, delgados y lenticulares.

Se identifican pliegues abiertos de unos pocos centímetros de tipo multicapas los cuales podrían asociarse a la fase de deformación D3 ocurrida en el campo frágil – dúctil, (*foto 4.29*).

Pequeños cuerpos de forma subcircular de granitos muscovíticos, con facies pegmatíticas de cuarzo y microclino, intruyen discordantemente a las metamorfitas y sobre la margen del Río Deseado se encuentran intruyendo a filones gabro - dioríticos. Estos granitos producen metamorfismo térmico

sobre las filitas (Giacosa, 1997), las que presentan porfiroblastos de un mineral que fue un aluminosilicato, por la forma preservada se supone que fue andalucita.

Estos cristales se encuentran totalmente reemplazados por sericita por lo que no se puede afirmar cual fue el mineral precedente. Estos minerales se forman post S1 y pre S2 de crenulación no penetrativa antes descripta. Se observan además venas de cuarzo, feldespato, adularia y calcita.

4.1.2.2 Anfibolitas

Las anfibolitas son rocas oscuras, foliadas con buena lineación de anfíboles, de textura blastoporfírica asociada a la siguiente paragénesis, hornblenda + biotita + plagioclasa + feldespato potásico + cuarzo + titanita + apatita. Al microscopio presentan una textura porfiroblástica formada por cristales de anfíboles (hornblenda) magmáticos relícticos en una base fina recrystalizada de cuarzo, feldespato y anfíbol (*fig 4.8, foto 4.32, 4.33*).

4.1.2.3 Gabro – Dioritas

Son rocas de color negro muy inhomogéneas, que a veces se presentan foliadas como en el sector norte en donde, la foliación viene dada por pequeños cristales de anfíbol recrystalizado (*foto 4.34*; otras veces se presenta con evidencias de foliación magmática y yace discordante respecto a S1. La paragénesis presente en el gabro es cuarzo + anfíbol + clorita + epidoto + titanita + calcita + clorita. En algunos sectores el gabro se presenta totalmente alterado y la paragénesis presente es anfíbol + talco + epidoto + calcita + clorita. La textura es moteada y en esos núcleos se observan relictos de antiguos cristales de anfíbol magmático asociado con talco, calcita y minerales opacos mientras que la pasta está totalmente reemplazada por clorita, calcita y epidoto. Esta paragénesis se explica a través de un proceso de metasomatismo producto de la circulación de fluidos locales al momento de la intrusión (*foto 4.35*). Estos cuerpos han sufrido intensas deformaciones locales dentro dadas por zonas de cizallamiento y fajas de deformación dúctil ya descriptas en el capítulo anterior.

4.1.2.4 Granitos

Los granitos localizados al norte de Estancia Dos Hermanos presentan una paragénesis mineral constituida por cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + muscovita + biotita + calcita + apatita + zircón, tienen una textura granuda, y el cuarzo presenta abundantes subgranos los cuales se ubican paralelos al eje "c", adicionalmente se reconoce extinción ondulosa. Se reconocen cristales de cuarzo alargados y recrystalizados en tanto que el feldespato potásico se presenta poiquilítico en grandes cristales de 0.7 mm y además como agregado recrystalizado. Debido a que estos granitos intruyen a los gabros antes descriptos, se interpreta que han sufrido una deformación dúctil vinculada a la fase de deformación D2 (*foto 4.36*).

Otro tipo de granito que se reconoce en el sector sur, son granitos masivos, que presentan una paragénesis mineral constituida por cuarzo+feldespatos potásico + plagioclasa + muscovita + biotita + granate + apatita + zircón, de textura granuda. El cuarzo presenta abundantes subgranos los cuales se disponen paralelos al eje "c", además se identificaron pequeñas agujas de sillimanita. En cuanto al feldespatos potásico se reconoce microclino de forma subhedral. La plagioclasa es subhedral con macla de albita polisintética y macla de tipo karlsbad, altera levemente a arcilla y sericita y algunos cristales presentan mirmequitas, además se identifican *kinking*. La muscovita se presenta en granos pequeños con un tamaño máximo de 0.15 mm, libre de alteraciones, con extinción ondulosa y suave flexuramiento. Los granates son de forma euhedral y tienen de un tamaño de 0.8 mm la mayoría libre de inclusiones, en algunos se observan inclusiones de muscovita de 0.2 mm y cuarzo (ver capítulo 5).

La roca no presenta evidencias microestructurales que indiquen que haya sufrido una deformación dúctil, por lo que se lo interpreta como un granito posttectónico. La abundancia de los subgranos en cuarzo puede ser atribuido al proceso de enfriamiento magmático del plutón.

4.1.3 Afloramientos en Estancia El Sacrificio

4.1.3.1 Plutón El Sacrificio

Es una roca de color gris claro con tonalidades rosadas, que presenta variedades de grano fino a grano medio y una textura que en algunos casos es granuda y en otros porfírica compuesta por grandes fenocristales de microclino de hasta 3,5 cm de largo (*fig. 4.9*). Se observan xenolitos de hasta 5 cm de largo de color verde oscuro con muy buena foliación. La textura presente es xenomórfica y está compuesta por:

cuarzo+feldespatos potásico+plagioclasa+biotita+muscovita+granate+ sillimanita+apatita+circón.

El cuarzo es policristalino con bordes de grano irregular y extinción ondulosa. El feldespatos potásico es subhedral a anhedral, peritítico, de tipo poiquilítico con abundantes inclusiones de apatita, plagioclasa y cristales de cuarzo. Algunos feldespatos presentan zonación concéntrica, así como macla de tipo karlsbad y llamas peritíticas. Se observa intercrecimiento de cuarzo y plagioclasa sódica, en algunos sectores éste aparece en el límite entre una plagioclasa y un feldespatos alcalino peritítico, éste tipo de mirmequita se denomina mirmequita de borde, *rim* mirmequita según Phillips (1980). Otro tipo de mirmequita fue encontrada en el margen de una inclusión de plagioclasa en un cristal peritítico de feldespatos potásico (*foto. 4.37, 4.38*). En otra variedad de éste mismo plutón se reconocen grandes cristales de feldespatos potásico que incluyen plagioclasas, en las cuales se observa un intercrecimiento entre dicha plagioclasa y cuarzo. También hay texturas de intercrecimiento gráfico.

LOCALIDAD	ROCA	PARAGENESIS	OBSERVACIONES
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+Fk+Bi+Mu+Gr+Ap	F(pertítico)-Bi(Clorita)
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+FK+PL+Bi+Mu+Gr	F(pertítico)-Pl(Arc+Ser)
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+FK+PL+Bi+Mu+Gr	Bi (Ep)
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+F+Pl+Mu	F(pertítico)-Pl(Arc+Ser)
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+F+PL+Mu+Bi+Ap	F(pertítico)-Bi(Cl+Ep+Ca)
EL Sacrificio(Musc.fol.)	dique porf	Q+F+PL+Bi+Mu+Anf+Gr	
EL Sacrificio(Musc.fol.)	granito	Q+F+Mu	
G.Biot.Fol.	granito	Q+F+Pl+Mu+Bi+Ap	F(pert+Ca)-PL(Ca)
G.Biot.Fol.	granito	Q+F+PL+Bi+Mu+Gr	F(pert)-PL(Arc+Ser+ca) Bi (Cl+Ep)
El Laurel	tonalita	Q+PL+F+Bi+Anf	F(Cl+Ep)-PL(Arc+Ser) Anf(Cl+Ep) - Bi(Cl+Ep)
El Laurel	tonalita	Q+PL+Bi+Anf+Ap	PL(Arc+Ser)-Bi(Cl+Ep)
El Laurel	tonalita	Q+PL+F+Bi+Anf+Zc+Ap+Ti	Bi (Ep+Cl)
El Laurel	tonalita	Q+PL+F+Bi+Anf	
Laguna Gregorio	dique riolítico	Q+F+PL+Bi+Mu	
Laguna Gregorio	tonalita	Q+PL+Bi+Anf	
Laguna Jorge	granodiorita	Q+PL+F+Bi+Anf+Zc+Ap	
Laguna Jorge	granodiorita	Q+F+Bi	Bi (Ep+Cl)
Laguna Jorge	granodiorita	Q+F+PL+Bi+Ap+Ti	Bi (Ep+Cl)
Laguna Jorge	dique	Q+F+PL+Bi+Mu+Anf.	

Fig. 4.9 Tabla de paragénesis mineral EES.

La *plagioclasa* es de tipo albita-oligoclasa, anhedral y poiquilítica presenta cristales de muscovita subhedrales, cuarzo anhedral y con extinción ondulosa y cristales euhedrales de apatita. Algunas plagioclasas presentan macla de tipo albita polisintética y otras zonación. Las plagioclasas se encuentran alteradas a arcilla, sericita y calcita y en los bordes se reconocen mirmequitas de borde. El tipo mirmequita lobulada, ocurren en el borde de grandes cristales de feldespato potásico y la plagioclase presenta una forma lobulada, lo que se interpreta como una reacción de remplazo en el feldespato potásico (foto. 4.39, 4.40).

La *muscovita* constituye de un 2 a un 5 % de la roca, considerándose de tipo primaria, y tiene un tamaño de 0.5 mm y subhedral; asociada a ésta se presenta otra de mayor tamaño de 1.5 mm con intercrecimiento de cuarzo que además se encuentra levemente flexurada. El otro tipo de muscovita presente es secundaria se encuentra incluida en feldespatos y presenta un tamaño de 0.2 mm. La *biotita* constituye de un 2 a un 8 % de la roca pero en algunas muestras falta totalmente. Es de forma subhedral y está totalmente alterada a clorita, epidoto y calcita y se presenta en pequeños cristales. La roca se encuentra atravesada por venillas transgranulares de calcita, las cuales se disponen además rodeando los granos anhedral de cuarzo. Los *granates* aparecen como máximo en un 5% de la roca. La forma que presentan varía entre idiomórficos hasta xenomórficos. El tamaño de los granates varía entre 0.1 y 0.4 mm. Al microscopio tienen un color rosa amarillento pálido y se presentan libres de inclusiones. La composición es Almandino-Spesartina con menor proporción de Grosularia componente.

En otro sector se observa una variedad de granito de textura porfírica que presenta una paragénesis mineral dada por cuarzo + feldespato + muscovita. Se identifican fenocristales de microclino y feldespato potásico xenomórficos poiquilíticos, los cuales presentan textura de tipo *swapped rims* (foto 4.41, 4.42), ésta consiste en el crecimiento de plagioclase de composición albita en el contacto entre dos cristales de feldespato potásico, ésta nueva albita formada presenta una orientación cristalográfica diferente (Voll 1960). Fenocristales de microclino se encuentran fracturados y rotados (foto 4.43, 4.44). Estos están rodeados por una matriz de un agregado de cuarzo policristalino, probablemente desarrollado en partes a través de procesos de recristalización por rotación de subgranos y en parte por migración de los límites de se identifican relictos de antiguos granos de cuarzo deformados y recristalizados. Cabe destacar que se presenta una diferencia en el tamaño de grano entre el cuarzo y el feldespato recristalizado. La muscovita presente se localiza dentro de grandes fenocristales de feldespato o dispersa en la matriz con un tamaño aproximado de 0.05 mm.

El régimen de deformación que ha actuado sobre el cuarzo y el feldespato potásico es el de Flujo - Dislocación al que se le sobreimpone una deformación plástica tardía a baja temperatura. Esta deformación localizada en el granito se interpreta como el producto de una zona de cizalla a baja temperatura.

4.1.3.2 Plutón granítico biotítico

Es una roca color gris oscuro a gris blanquecino, de grano medio en la cual se observa una marcada orientación en los mafitos. La textura es granuda inequigranular alotriomorfa consertal, y presenta una paragénesis compuesta por:

cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + muscovita + apatita.

El *cuarzo* es anhedral con extinción ondulosa y lamelas de deformación. En el límite de grano se observa una textura de interdigitación. Delgadas venillas discontinuas transgranulares e intergranulares son identificadas en cristales de cuarzo. El *feldespato potásico* presente es subhedral, peritítico y con lamelas de albita. Se encuentra alterado a arcilla, calcita y atravesado por venillas discontinuas transgranulares de calcita. La *plagioclasa* es anhedral con presencia de macla de tipo albita polisintética, altera a sercita, arcilla y calcita. Por sectores se observan mirmequitas y kinkbands.

La *biotita* es más abundante en éstos cuerpos que en el Plutón El Sacrificio, presenta forma subhedral y un tamaño máximo de 0.4 mm. Altera moderadamente a calcita y clorita. La *muscovita* no es tan abundante, el tamaño máximo observado es de 1 mm se trata de un cristal poiquilítico que presenta inclusiones de cuarzo y biotita, posiblemente de origen primario. El resto de las muscovitas presentes no evidencian ningún tipo de alteración y tienen un tamaño máximo de 0.5 mm. Se observa una marcada orientación en las micas las cuales se ubican envolviendo a los minerales félsicos.

La otra variedad de roca es de color gris oscuro de textura granuda y tamaño de grano mediano. Textura granuda subhipidiomorfica consertal, compuesta por:

cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + muscovita + granate + zircón + apatita.

El *cuarzo* es anhedral y con extinción ondulosa, se observa interdigitación entre los granos de cuarzo como así también entre cuarzo-feldespato potásico. La *plagioclasa* es más abundante que en la variedad anterior, se presenta con macla albita polisintética como así también zoneada, levemente alterada a arcilla, sercita y calcita. En los bordes de la plagioclasa se observan mirmequitas y en un cristal de plagioclasa. El *feldespato potásico* es anhedral a veces aparece con macla tipo Karlsbad, presenta texturas de intercrecimiento como la textura gráfica. Se observan cristales de microclino, la alteración presente es sercita y arcilla. El *granate* es de tipo poiquilítico subhedral presenta un tamaño máximo de 2 mm las inclusiones observadas corresponden a biotita de 0.15 mm alterada a clorita, calcita, cuarzo de 0.1 mm y clorita. La *biotita* presenta un tamaño de 0.8 mm y es reemplazada por clorita y epidoto, además se identifican inclusiones de zircón con halos pleocroicos. La *muscovita* presenta un tamaño de 0.5 mm, y está libre de alteraciones y con forma subhedral y textura simplectítica (foto 4.45).

4.1.3.3 *Plutón El Laurel*

Es una roca granuda de grano medio a grueso de color gris oscuro con variedades de textura granuda de color rosado y grano fino. Se observan cristales de feldespato de hasta 1 cm de largo. Su textura es granuda alotriomorfa a subhipidiomorfa y está compuesta por:

cuarzo + plagioclasa + biotita + anfíbol + circón + apatita + titanita.

El *cuarzo* es anhedral, con presencia de lamelas de deformación y extinción ondulosa. La *plagioclasa* es de forma subhedral a anhedral, presenta zonación o maclas tipo albita polisintética, las cuales se encuentran levemente deformadas. Están alteradas parcialmente a arcilla y sericita, en el núcleo de las mismas mientras que en los bordes se encuentran libre de alteración.

La *biotita* se altera totalmente a clorita y epidoto, presenta inclusiones anhedrales de anfíbol en el cual se encuentra circón rodeado de halos pleocróicos. Se observa unas estructuras en forma de lentes simétricos, los cuales presentan un núcleo de cuarzo rodeado por titanita de forma anhedral en cuyo centro se ubican pequeños cristales euhedrales de opaco, además en contacto con la titanita se presentan cristales de epidoto, cuarzo y anfíbol.

El *anfíbol* es anhedral y presenta bordes irregulares interdigitados con la matriz que lo rodea, se observan texturas de intercrecimiento entre anfíbol y cuarzo de tipo simplectítico. La biotita rodea al anfíbol formando texturas de corona las cuales se interpretan como el resultado de una reacción incompleta entre el mineral interior y el magma o con una reacción con el fluido del borde exterior el término genético equivalente para ésta textura sería reacción de borde y reacción de corona.

Otra variedades de éste mismo cuerpo se presenta más intensamente alterado y presenta venillas transgranulares de calcita + epidoto. La paragénesis mineral es la misma que ya ha sido descrita, el cuarzo presenta lamelas de deformación y extinción ondulosa, la plagioclasa es de tipo zoneada en su mayoría e intensamente alterada a arcilla + sericita + epidoto + clorita + calcita. En algunas plagioclasas la sericita alcanza tan buen desarrollo que se las considera ya como muscovitas, en los bordes de las plagioclasa se observan algunas texturas de intercrecimiento como mirmequitas. Tanto en biotitas como en plagioclasa se observan kinkbands.

En éstos cuerpos aparecen pegmatitas con xenolitos de hasta 6 cm de largo de color gris oscuro, de textura granuda de grano grueso. Estas pegmatitas presentan una textura granuda subhipidiomorfa de grano fino compuesto por:

cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + anfíbol + apatita.

El *cuarzo* es anhedral con extinción ondulosa y presenta una textura de tipo penetrativa en el contacto con otros granos de cuarzo o feldespato.

La *plagioclasa* es subhedral con macla albita polisintética, altera levemente a arcilla y sericita, se identifican antipertitas de feldespato potásico como así también inclusiones de cuarzo, biotita alterada a clorita y epidoto y feldespato potásico peritítico. En el contacto cuarzo – feldespato potásico se forman texturas de intercrecimiento entre plagioclasa y cuarzo, mirmequitas, de forma lobulada que se desarrollan dentro del cristal de feldespato potásico. Estas además aparecen en el contacto entre dos feldespatos potásicos peritíticos. El *feldespato potásico* es peritítico y altera a arcilla y sericita. La textura del xenolito es granuda subhipidiomorfica compuesta por:

cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + anfíbol + apatita.

La plagioclasa es anhedral, con macla albita polisintética algunas son antipertíticas. En el contacto biotita anfíbol se forman texturas de reacción de tipo corona. Tanto las biotitas como la plagioclasa presentan flexuramiento.

4.1.3.4 Plutón Laguna Gregorio

Es una roca de color gris oscuro se pueden diferenciar bandas oscuras compuestas por anfíbol y biotita y bandas blancas con cuarzo - feldespato. Presentan una textura bandeada de grano medio, una banda presenta un grado de alteración mayor que la otra. En una de las bandas los minerales félsicos son predominantes y alteran fuertemente a arcilla, sericita y epidoto. La paragénesis es:

cuarzo + plagioclasa + feldespato potásico + biotita + anfíbol + apatita + titanita + circón + epidoto.

El *cuarzo* es anhedral, de bordes anhedrales, bordes irregulares y extinción ondulosa. Se encuentra atravesado por venillas transgranulares de clorita. La *plagioclasa* presenta macla de tipo albita polisintética y de tipo Karlsbad, las maclas se presentan acuñadas y deformadas por maclado mecánico. Estas plagioclasas presentan una alteración diferencial, en el centro alteran moderadamente a arcilla, sericita y clinozoisita mientras que los bordes se presentan libres de alteraciones, como inclusión aparece apatita. El *feldespato potásico* se presenta en menor proporción que la plagioclasa, de forma anhedral y alterado a arcilla, sericita, calcita y epidoto. El *anfíbol* se presenta en secciones basales con abundantes inclusiones de cuarzo restringidas al centro del cristal, como alteración predomina la cloritización. Algunos individuos presentan límite de grano muy irregulares y con engolfamientos en el contacto con feldespato. La *biotita* es subhedral y se presenta flexurada, totalmente alterada a clorita, epidoto y calcita. No se observan evidencias de deformación.

4.1.3.4 Plutón Laguna Jorge

Se trata de leucogranitos de textura granuda de grana medio, la paragénesis presente es : cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + apatita + titanita + zircón. El *cuarzo* presenta extinción ondulosa y lamelas de deformación.

Se observan grandes cristales de *feldespato potásico* pertíticos, poiquilíticos de 3 a 4 mm de diámetro, con inclusiones de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas zoneadas, con macla tipo albita polisintética, y otras mimerquíticas, además se identifican *biotitas* alteradas a cloritas. A partir de la inclusión de plagioclase observada dentro del cristal pertítico de feldespato potásico se puede realizar la siguiente deducción:

El feldespato potásico incluye a un viejo cristal de plagioclase. Esta es corroída, con la formación de mirmequitas y un borde ácido. Posteriormente la misma plagioclase comienza a crecer a expensas del feldespato potásico y forma finas mirmequitas de segunda generación. La *plagioclase* altera a arcilla, sericita y calcita, algunas plagioclasas con texturas de intercrecimiento se presentan flexuradas. En el contacto entre feldespatos potásicos o en el contacto cuarzo-feldespato potásico se observan plagioclase de forma lobulada con mirmequitas. Este cuerpo se presenta sin deformación.

4.2 Reacciones

Durante y luego del enfriamiento y consolidación de las magmatitas se produce una disminución en la temperatura y la presión, que conlleva a una reacción retrógrada de la paragénesis primaria magmática. Las reacciones documentadas son :

Biotita → Mica Blanca K

La biotita es reemplazada por mica blanca K, ese crecimiento ocurre a lo largo del plano (001) y crece a expensas de la biotita. La reacción ocurre preferencialmente a partir de un límite de fase no racional en biotita. La reacción correspondiente según Massonne (1981) y Thompson (1982) es:

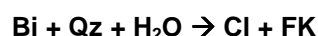


As: aluminosilicato

L: líquido

Biotita → Clorita

El reemplazo de biotita por clorita se observa frecuentemente. La cloritización se produce a partir del límite de fase no racional en biotita y el reemplazo ocurre preferencialmente paralelo al clivaje (001). También se observan pequeños granos de epidoto. La cloritización va acompañada de la simultánea segregación de feldespato potásico. El reemplazo queda representado a partir de la siguiente reacción según Speer (1984):

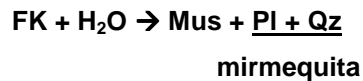


Plagioclase → Muscovita

En plagioclase se produce sericitización, ésta ocurre a partir del límite de fase y de límites de grano de alto ángulo.

Mirmequita

Es el intercrecimiento entre cuarzo vermicular y plagioclasa sódica que ocurren en adyacencias del feldespato potásico, el cual parece sufrir un remplazo parcial. La reacción que ocurre es la siguiente:



Feldespato potásico → Muscovita

La reacción ocurre preferencialmente a partir del límite de fase en feldespato potásico no racional. La formación de muscovita a partir de feldespato potásico ocurre según la siguiente reacción iónica (Hemley 1959):



Una interpretación del origen de simplectitas de muscovita - cuarzo es la inmovilidad que presenta el Aluminio.

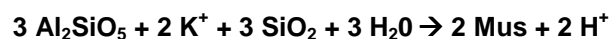
Plagioclasa → Mica Blanca

Se trata de un reemplazo pseudomórfico de plagioclasa por mica blanca. La reacción iónica que ocurre es la siguiente



Andalucita → Muscovita

En filita se observa la siguiente reacción, según Eugster (1970)



El alúminosilicato (andalusita?) se transforma finalmente en mica blanca de acuerdo a la reacción ya descrita.

4.3 Alteraciones

A continuación se presenta un cuadro de las alteraciones mas frecuentes encontradas en las rocas ya descriptas (fig. 4.10) .

Roca	Mineral	Alteración
Granitoides	Plagioclasa	Arcilla Caolinita, Sericita, Calcita
	Feldespato Potásico	Arcilla Caolinita, Sericita
	Biotita	Propilitización (Clorita, Epidoto, Calcita)
	Anfíbol	Cloritización
Gabros	Plagioclasa	Sericita
	Anfíbol	Calcita, Talco, Epidoto, Calcita
Filitas	Andalusita-Sillimanita	Sericita/Mica Blanca

Fig. 4.10 Reacciones de retrogrado presentes en los distintos grupos de rocas en el Basamento metamórfico del Macizo del Deseado.

4.4 Análisis de Texturas

4.4.1 Datos obtenidos

Estudios experimentales han indicado que la actividad relativa de los diferentes sistemas de deslizamientos, *Slip system*, en un mineral dado (en éste caso cuarzo) puede ser controlado por variables tales como temperatura, rango de deformación y contenido en agua. Por eso a través de la identificación de sistemas de deslizamientos cristalográficos en rocas deformadas naturalmente es posible identificar temperatura y regímenes de deformación (Lister *et al.* 1978).

Se han determinado los sistemas de deslizamientos activados para el cuarzo durante el proceso de deformación en cuarcitas, cuarcitas enriquecidas en mica y granitos de Estancia Tres Hermanas (ETH), a partir del método AVA (ver capítulo 2). En las cuarcitas micáceas se observó que los “ejes c” en cuarzo se orientan de tal manera que presentan un máximo en la dirección Z (dirección de acortamiento). Según datos experimentales de Lister & Hobbs (1980), esto indicaría que para el momento en que ocurrió la deformación en el cuarzo, el sistema de deslizamiento dominante podría haber sido basal <a> y romboédrico <a>. Cuando el sistema de deslizamiento es basal <a>, los ejes c se localizan en la periferia y perpendiculares a la esquistosidad y a la lineación como se observa en la *fig. 4.11*. Para el caso en que el sistema de deslizamiento activado es romboédrico <a> los ejes c se localizan en el centro. Por lo que se trataría de una combinación del sistema basal <a> y romboédrico <a>.

En el estudio de los granitos se ha determinado que en la fase de deformación compresiva bajo el régimen de Flujo – Dislocación se produce una rotación de los planos de deslizamientos y direcciones de deslizamiento activadas, perpendicular a la dirección de acortamiento (*fig. 4.12*). Se localiza un cinturón paralelo a la dirección de extensión y a S1 por lo que se sugiere que el sistema

de deslizamiento activo sería prisma <c> y además se observa una nube de puntos en el centro lo que sugiere que el sistema de deslizamiento prisma <a> también estaba activado.

4.4.2 Interpretación de las fábricas de cuarzo

Las texturas se pueden formar bajo diferentes regímenes. Para el caso de las cuarcitas y cuarcitas micáceas se interpreta que el sistema de deslizamiento dominante puede haber sido bases <a> y/o romboédrico <a>, los ejes c en cuarzo se orientan de tal manera que presentan un máximo en la dirección Z (dirección de acortamiento) y en el centro. Se trataría de texturas de baja temperatura en el rango de la plasticidad cristalina con movilidad de los límites de grano de bajo ángulo (Jessell *et al.* 1990). La simetría presente en la textura indicaría que se trata de una deformación coaxial.

En los granitos se identifican máximos en los ejes c en cuarzo en la dirección X (dirección de extensión), en la cual se localiza la lineación y la esquistosidad. Se concluye que los sistemas de deslizamiento activados se localizan en el plano prismático perpendicular a la dirección <c>, por lo que se define que el sistema de deslizamiento dominante es prisma <c> y la deformación es coaxial. Bajo condiciones geológicas éstas características observadas en el cuarzo son diagnósticas para una temperatura alta y homogénea asociada a bajo rango de deformación y baja intensidad de esfuerzo (Lister & Dornsiepen 1982). Este sistema de deslizamiento indica una deformación plástica cercana al *granite solidus* (Paterson *et al.* 1989).

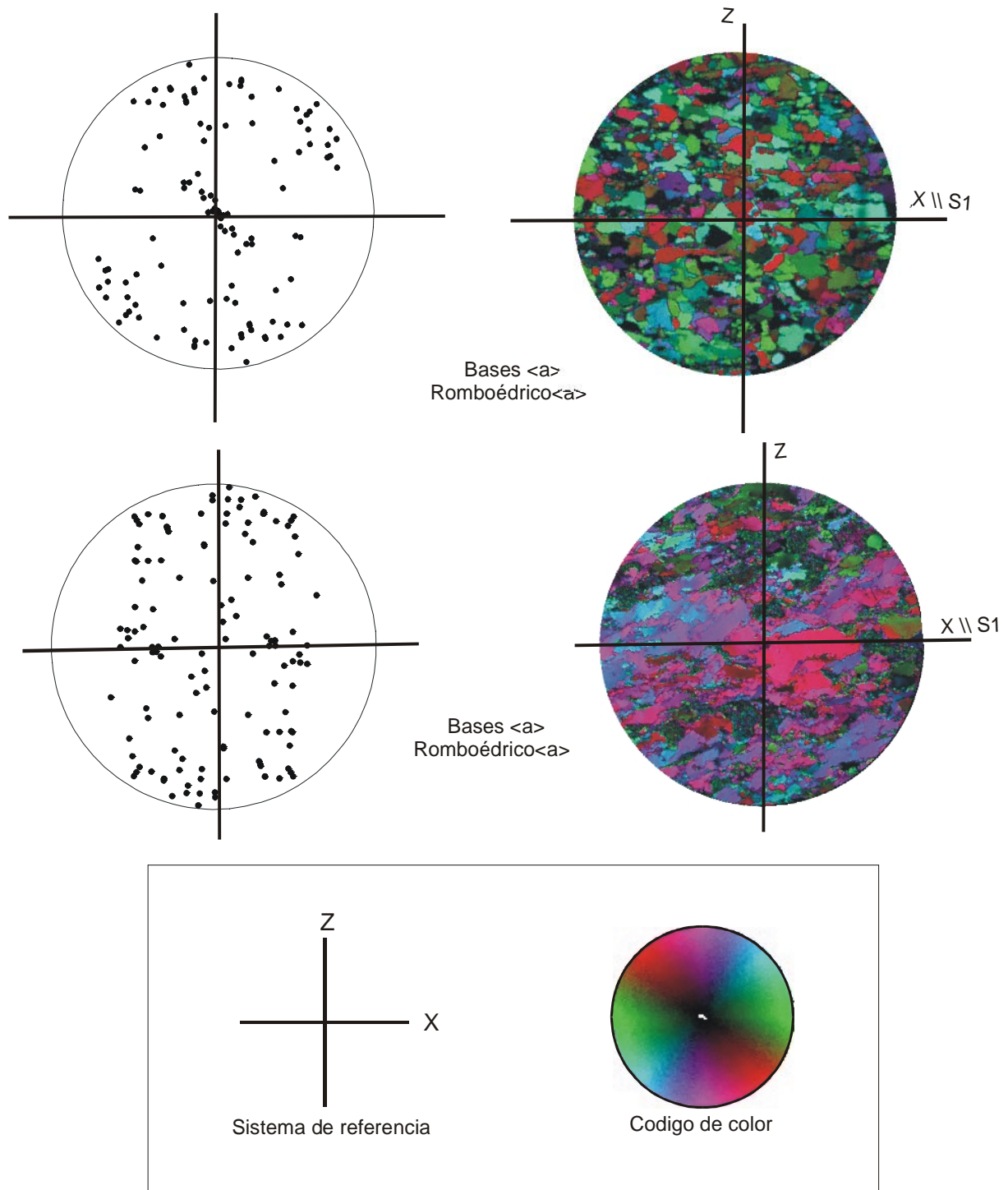


Fig. 4.11 Proyección estereográfica del eje c en cuarzo en cuarcitas y cuarcitas micáceas localizadas en RTH. Se observa que los ejes c de los cuarzos se orientan de tal manera que presentan un máximo en la dirección Z y en el centro. El sistema de deslizamiento activo fue bases $\langle a \rangle$ y romboédrico $\langle a \rangle$, la deformación es de tipo coaxial. En el sistema de referencia utilizado X representa la dirección de extensión y Z la dirección de acortamiento. El código de color indica la orientación del eje c en el cuarzo. Método AVA.

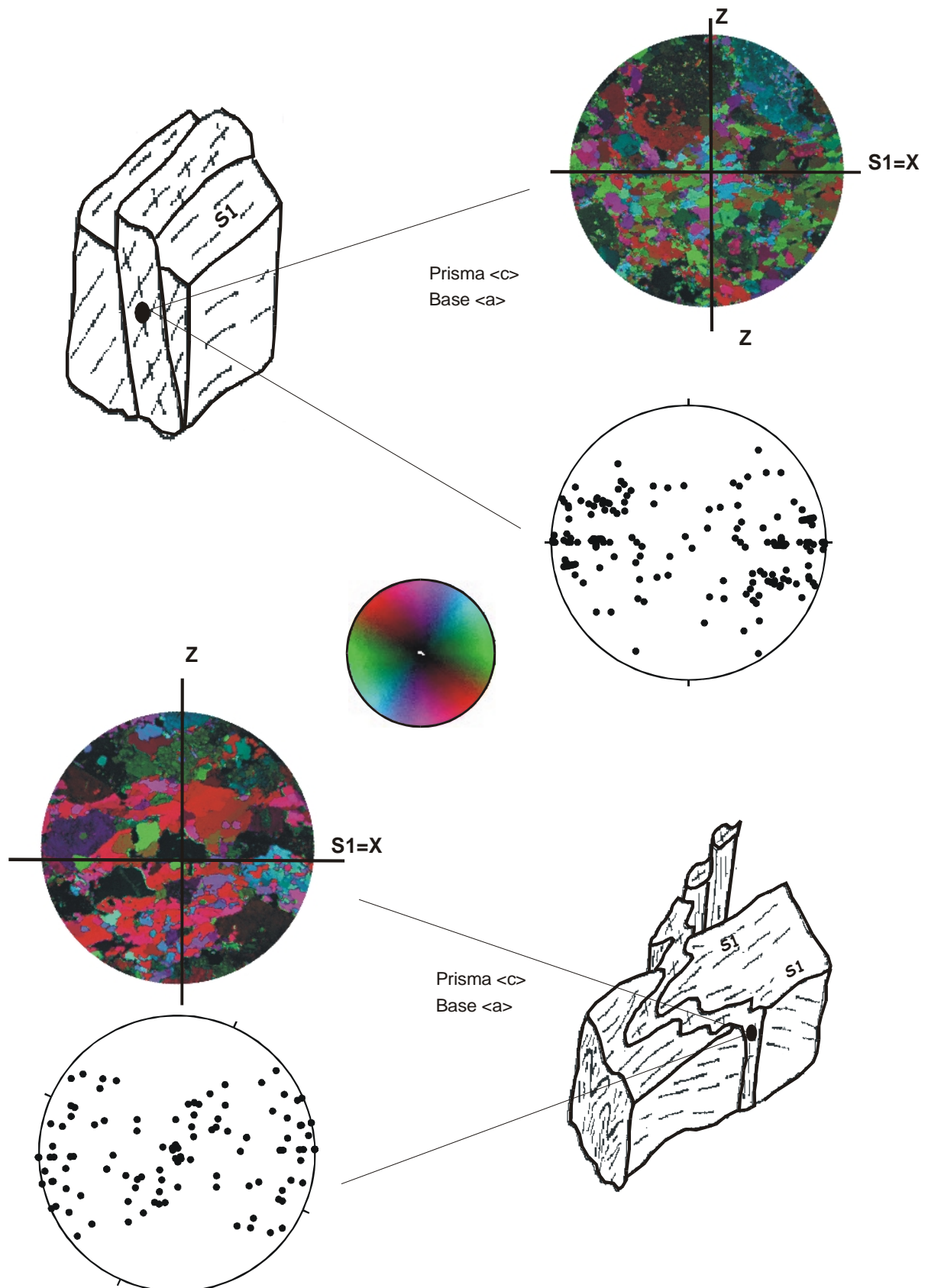


Fig. 4.12 Block diagram acompañado de las proyecciones estereográficas y diagramas de colores de los ejes c en cuarzo en granitos foliados localizados en ETH. El slip system dominante es prisma $\langle c \rangle$ y/o bases $\langle a \rangle$ y la deformación es de tipo coaxial. Método AVA.

Resumen

A continuación se presenta una tabla en la que se extrae las principales características microestructurales y texturales de las rocas deformadas en relación con la temperatura (fig. 4.13).

Microestructuras, Mecanismos y Regímenes de Deformación			Temperatura (°C)
Cuarzo	Feldespato	Calcita	
Solución bajo presión como mecanismo de deformación dominante y extinción ondulosa, como en el caso de las filitas de EDH.	El feldespato reacciona fracturándose fragilmente. Los fragmentos muestran una fuerte deformación intracrystalina. Extinción ondulosa y subgranos son muy frecuentes como lo descripto para el granito El Sacrificio.	Mecanismo de maclado mecánico. Mármol ETH	Por debajo de los 300°
Mecanismos de deformación tales como deslizamiento y ascenso de dislocaciones toman importancia a mayor temperatura. La superficie de deslizamiento activada es bases <a> como en el caso de las cuarcitas. Además se identifican extinción ondulosa y lamelas de deformación.	Deformación de las maclas, extinción ondulosa, bandas de deformación y kink bands como en el Granito del Sacrificio. <i>Flame-perthite</i> se desarrolla por exsolución de albita el Feldespato Potásico.	Recristalización por migración de los límites de granos. Mármol ETH	Condiciones de bajo grado entre 300° y 400°
El régimen de deformación dominante es el de Flujo - Dislocación y se observan procesos de recuperación y recristalización ya sea por migración de los límites de grano o por rotación. Como es el caso de las cuarcitas de ETH	Comienza a ser importante la recristalización de granos de feldespatos. Desarrollo de estructuras <i>core and mantle</i> a temperaturas entre 400° y 500° . Se incrementa el proceso de recristalización y se observan pequeñas y dúctiles zonas de cizallas como en el caso del granito de El Sacrificio. Esto ocurre alrededor de los 500°C.		Condiciones de medio a alto grado entre 400° y 700°
El régimen de deformación dominante es el de Flujo - Dislocación y la superficie de deslizamiento activada durante la deformación es Prisma<c>, y Bases <a> como sería el caso del granito deformado de ETH			Entre 700° y 800°

Fig. 4.13 Tabla que resume los principales mecanismos y regímenes de deformación presentes en las rocas deformadas del Complejo ígneo – metamórfico Río Deseado.

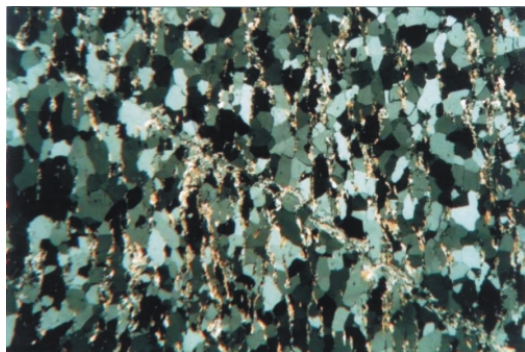


Foto 4.1- Textura general de las cuarcitas de ETH, ancho de la foto 7 mm.



Foto 4.2- Textura que indica equilibrio energético en los límites de grano. Proceso de "grain growth" Lamelas de deformación en cuarzo (flecha). Cuarcita ETH-150 - Ancho de la foto 1.4 mm.



Foto 4.3- Foliación secundaria (subvertical) definida por "preferred orientation" de micas paralelas al plano axial del pliegue. Esquistos anfibólicos bandeados ETH-158, ancho de la foto 7 mm.

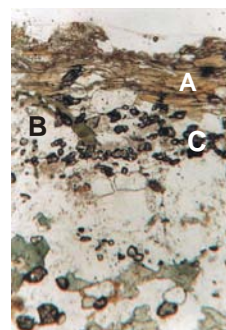


Foto 4.4- Diferenciación de 3 de las bandas presentes en esquistos anfibólicos (A, B, C). Esta textura está vinculada a la fase de deformación D1. ETH-158, ancho de la foto 1.4 mm.

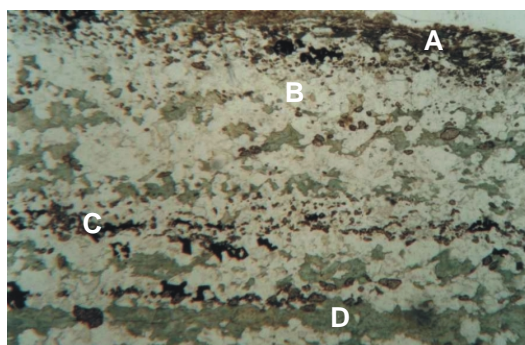


Foto 4.5- Diferenciación de las 4 d bandas presentes en esquistos anfibólicos (A, B, C, D), ancho de la foto 7 mm.

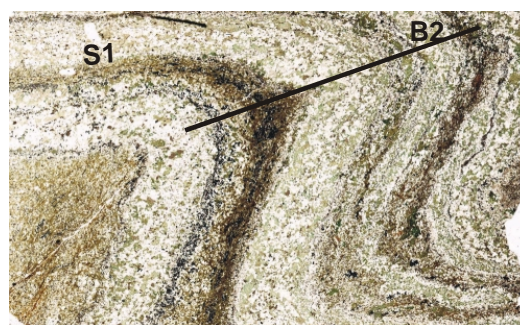


Foto 4.6- Corte delgado de esquistos anfibólicos perteneciente a ETH. En la foto se observa la textura bandeadas que caracteriza a éste tipo de esquistos y además se ha incluido datos como la orientación del eje de pliegue B2 y la esquistosidad S1. Ancho de la foto 4 cm.



Foto 4.7 - Corte delgado de esquistos anfibólicos perteneciente a ETH. En la foto se observa la textura bandeadas que caracteriza a este tipo de esquistos y además se ha incluido datos como la orientación de la esquistosidad S1 respecto a S2.
Ancho de la foto 4 cm. Muestra ETH 158



Foto 4.8 - Foto de corte delgado perteneciente a esquistos anfibólicos con granate y clinopiroxeno. En la foto se observa la textura boudinada indicada por la flecha.
Ancho de la foto 3.5 cm. Muestra ETH-161

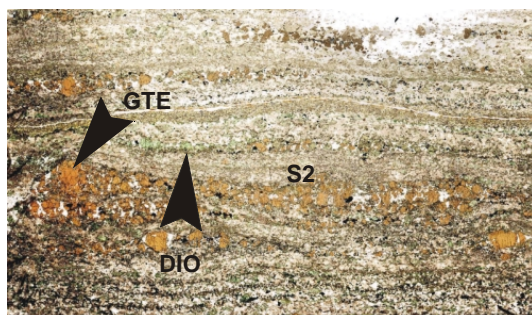


Foto 4.9 - Foto de corte delgado perteneciente a esquistos anfibólicos con granate (GTE) y diópsido (DIO). En la foto se observa la textura boudinada. S2 es la esquistosidad principal.
Ancho de la foto 3.5 cm. Muestra ETH-161

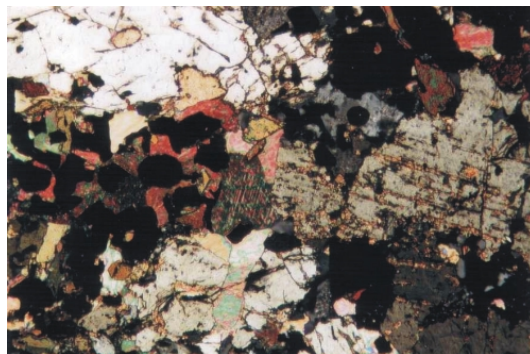


Foto 4.10- Esquistos anfibólicos con granate y piroxeno. ETH-161. Borde de la foto 1.4 mm.

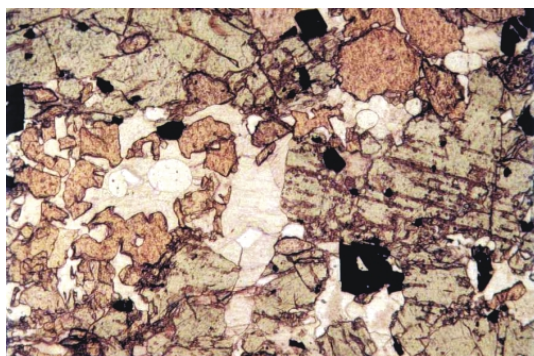


Foto 4.11- Esquistos anfibólicos con granate y piroxeno. ETH-161. Borde de la foto 1.4 mm.
Foto con nicols paralelos



Foto 4.12 - Foto de corte delgado perteneciente a un esquistos anfibólicos. La foto muestra la charnela de un pliegue isoclinal. Ancho de la foto 4 cm.
Muestra ETH-155

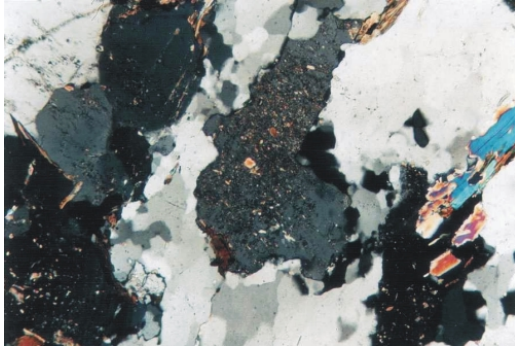


Foto 4.13- Granito foliado, el cuarzo correspondiente a la matrix fue recrystalizado dinámicamente. El régimen de deformación para el cuarzo es "dislocation creep". ETH-31. Borde inferior de la foto 1.4 mm.

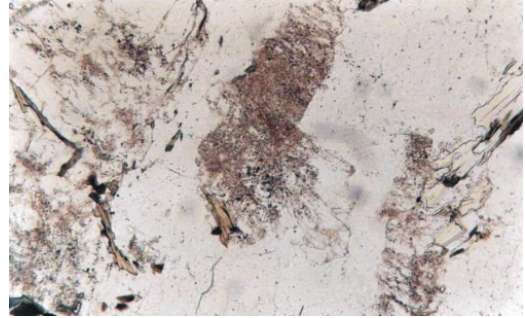


Foto 4.14- Granito foliado, es la misma foto anterior pero con nicols paralelos. Borde inferior de la foto 1.4 mm.

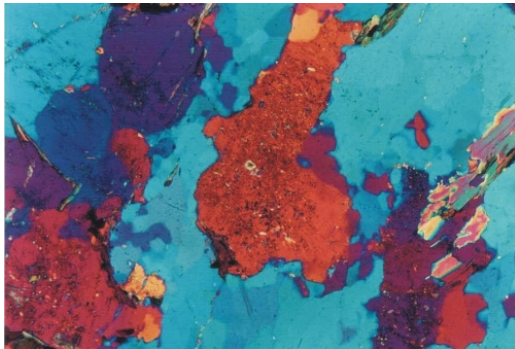


Foto 4.15- Granito foliado, es la misma foto anterior pero con lámina compensadora de yeso. Borde inferior de la foto 1.4 mm.

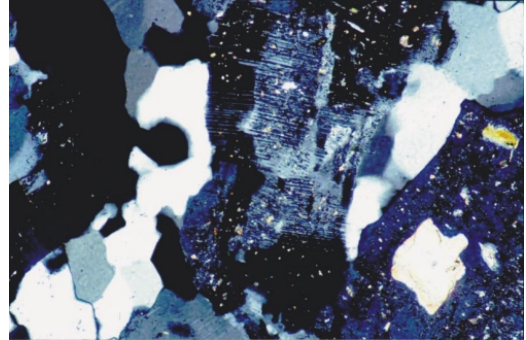


Foto 4.16- Plagioclase con "kinking" en granito foliado ETH-160. Ancho de la foto 1.4 mm.

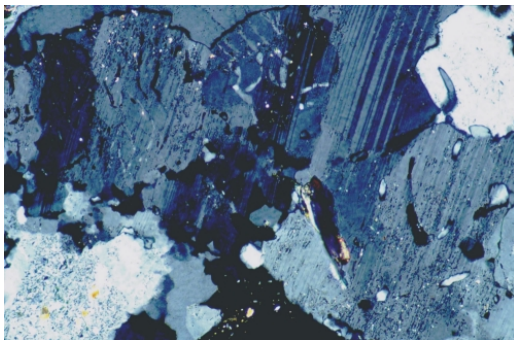


Foto 4.17- Presencia de mirmequitas lobuladas rodeando feldespatos en granito foliado ETH-160. Ancho de la foto 1.4 mm.



Foto 4.18- Feldespato potásico perítico muestra estructuras de "core and rim". ETH-160 Ancho de la foto 7 mm.

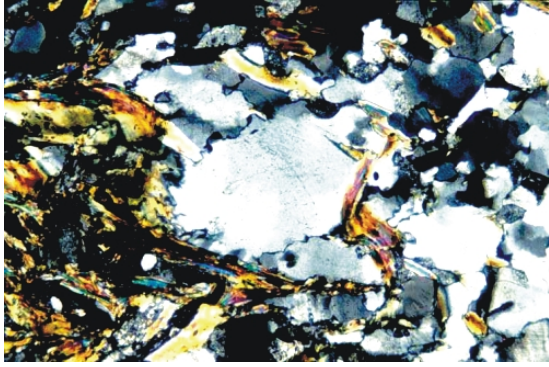


Foto 4.19 - Evidencia de solución bajo presión en cuarzo, filita EDH, ancho de la foto 1.40 mm.

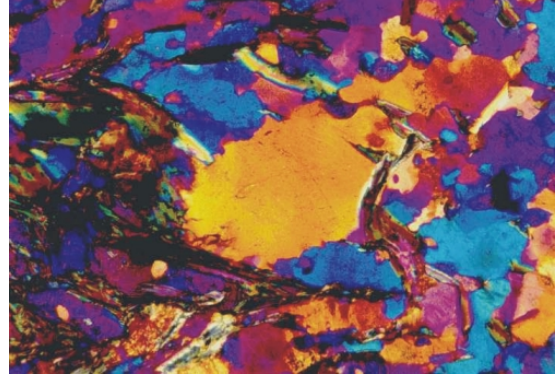


Foto 4.20 - Es la misma foto que 4.19 pero tomada con lámina compensadora de yeso, filita EDH, ancho de la foto 1.40 mm.

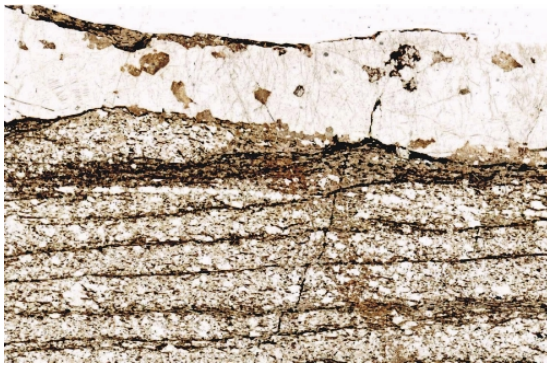


Foto 4.21 - Vena cuarzo - feldespática boudinada, EDH, ancho de la foto 3.5 cm.

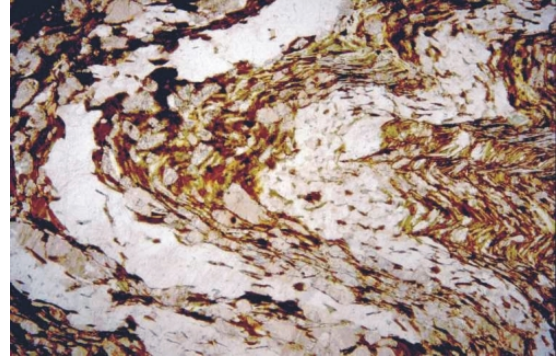


Foto 4.22 - Vena cuarzo - feldespática plegada y boudinada, filita EDH, ancho de la foto 7mm.

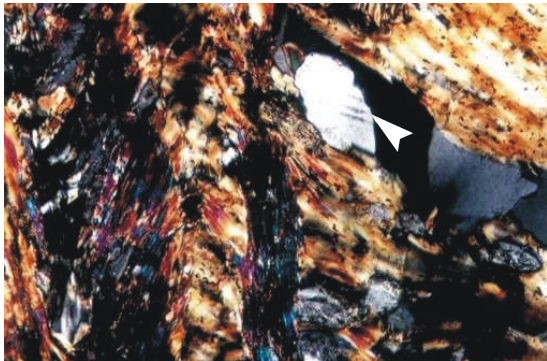


Foto 4.23 - Vena cuarzo - feldespática localizada paralela a S1, el cuarzo presenta poligonización y lamelas de deformación (flecha), filita EDH, ancho de la foto 7mm.

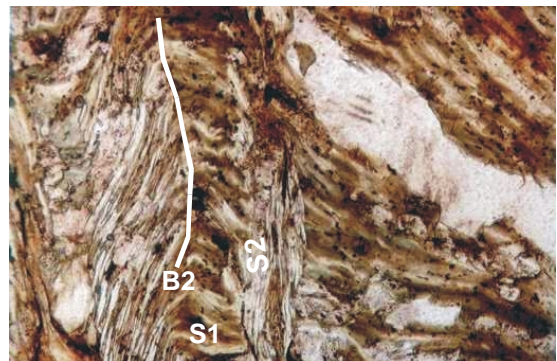


Foto 4.24 - Determinación de S1, S2 y B2 en filita EDH, ancho de la foto 7mm.

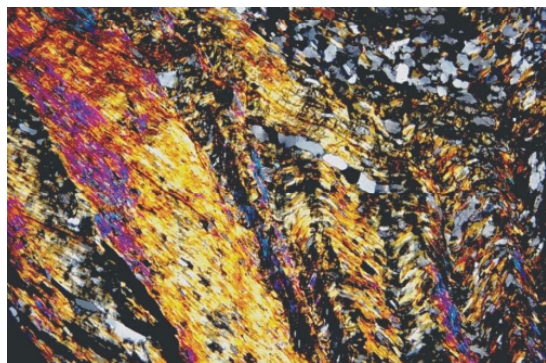


Foto 4.25- Plegamiento asimétrico en filita de EDH, ancho de la foto 7 mm.

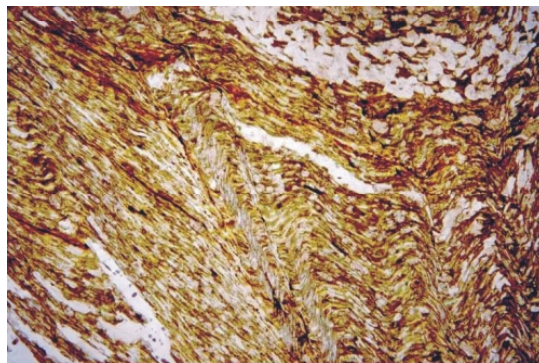


Foto 4.26- Venas cuarzo - feldespáticas deformadas sincinemáticamente durante la fase de deformación D1, se observa truncamiento y disolución de venillas filita EDH, ancho de la foto 7 mm.

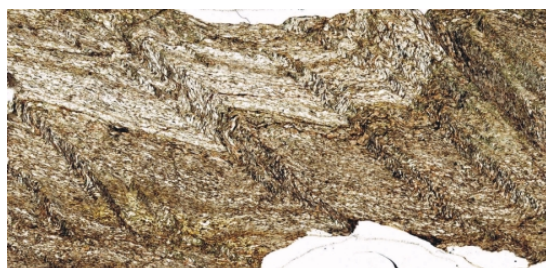


Foto 4.27- Diferenciación de bandas leucocráticas y melanocráticas en filitas de EDH, plegamiento asimétrico, ancho de la foto 3.5 cm.

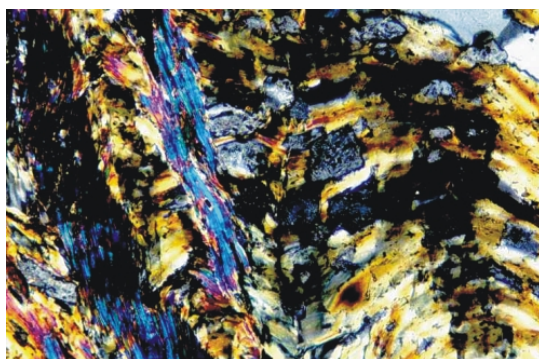


Foto 4.28- Diferenciación entre "microlithons" y "cleavage domains" en filitas de EDH, ancho de la foto 1.4 mm.

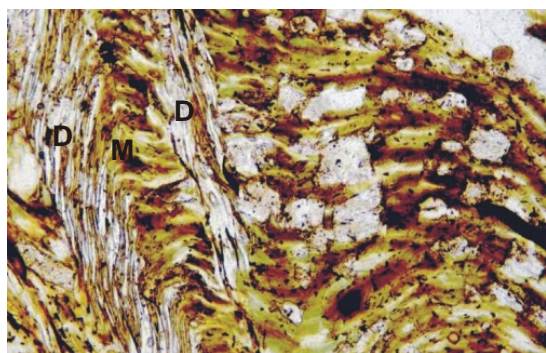


Foto 4.29 - Diferenciación entre "microlithons" (M) y "cleavage domains" (D) en filitas de EDH, ancho de la foto 1.4 mm.



Foto 4.30 - "Multilayer" plegamiento en cuarcitas de EDH, ancho de la foto 3.5 cm.



Foto 4.31 - Textura moteada dada por aluminosilicatos, (flecha) en filitas de EDH, ancho de la foto 4 cm.

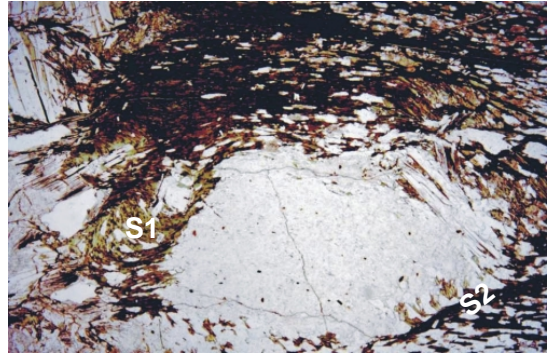


Foto 4.32 - Aluminosilicatos post S1 y pre S2 (flecha) en filitas de EDH, ancho de la foto 1.4 mm.



Foto 4.33 - Textura porfiroblástica, anfibolita de EDH, ancho de la foto 4 cm.

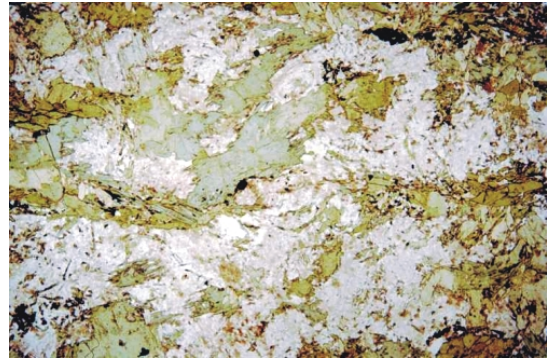


Foto 4.34 - Gabro foliado sector norte de EDH, ancho de la foto 1,4 mm.

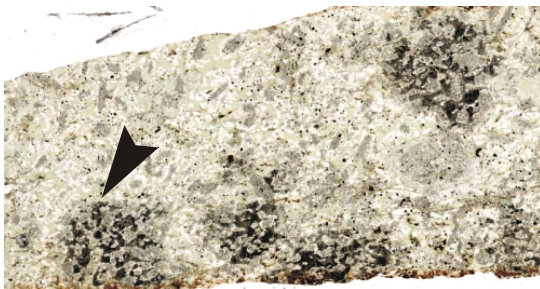


Foto 4.35 - Textura moteada en gabro de EDH, ancho de la foto 4 cm.



Foto 4.36 - Granito foliado localizado en el sector norte de EDH, ancho de la foto 4 cm.

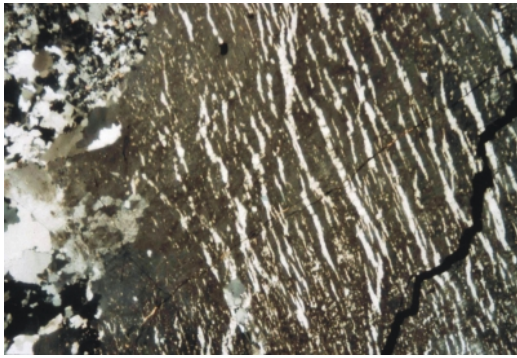


Foto 4. 37 - Lamelas de composición sódica en microclino pertítico, Plutón El Sacrificio, ancho de la foto 1,4 mm

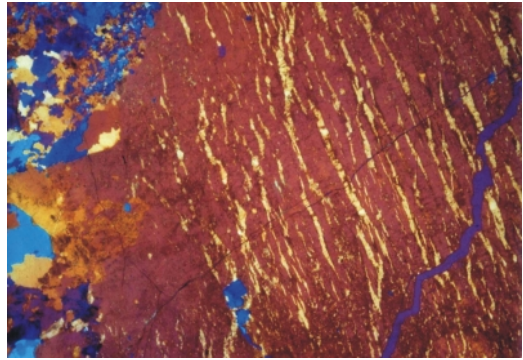


Foto 4.38 - La misma foto que 4.37 pero con lámina compensadora de yeso, ancho del borde de la foto 1,4 mm

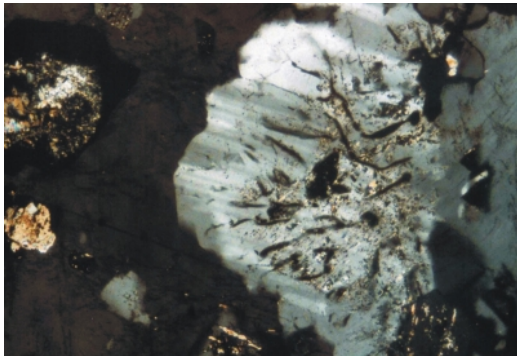


Foto 4.39 - Intercrecimiento entre cuarzo vermicular y plagioclase sódica en adyacencias del feldespato potásico Plutón El Sacrificio, ancho de la foto 1,4 mm.

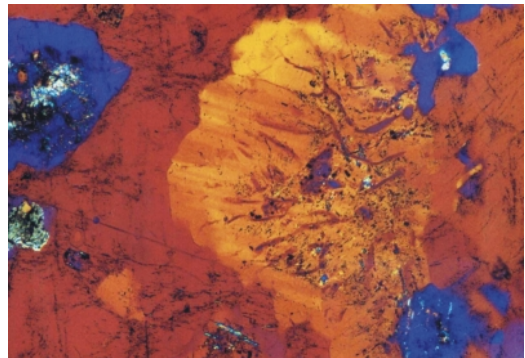


Foto 4.40- La misma foto que 4.39 pero con lámina compensadora de yeso, ancho de la foto 1,4 mm.

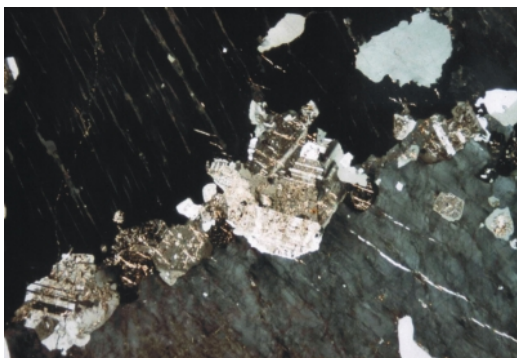


Foto 4.41 Textura de tipo "swapped rims". Crecimiento de plagioclase de composición albítica en el contacto entre dos feldespato potásico. Foto con nicoles cruzados. Ancho de la foto 1,4mm

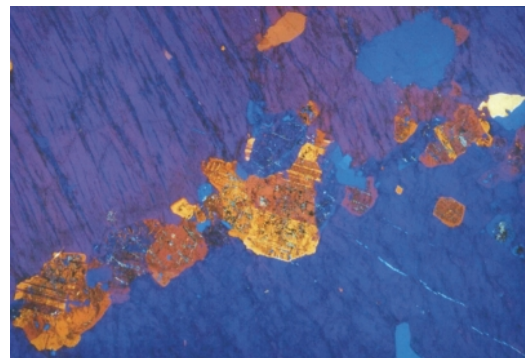


Foto 4.42 - Textura de tipo "swapped rims". Esta nueva albita formada presenta una orientación cristalográfica diferente. Foto con lámina de yeso. Ancho de la foto 1,4mm.

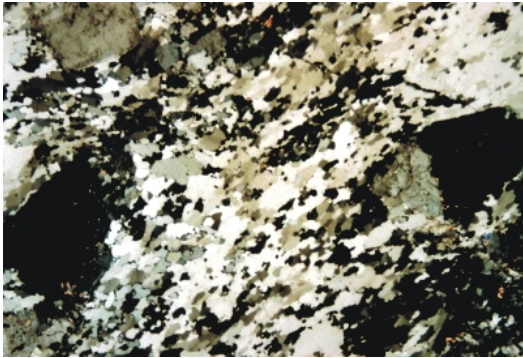


Foto 4.43 - Recristalización dinámica de cuarzo en "shear zone" de baja temperatura. Observación con polarizador. Plutón El Sacrificio. Ancho de la foto 7 mm.

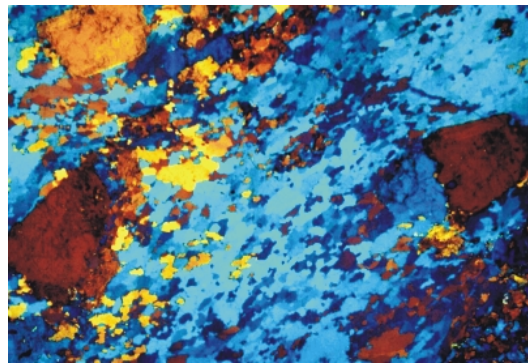


Foto 4.44 - Es la misma foto que 4.43 pero con lámina compensadora de yeso. Ancho de la foto 7 mm.

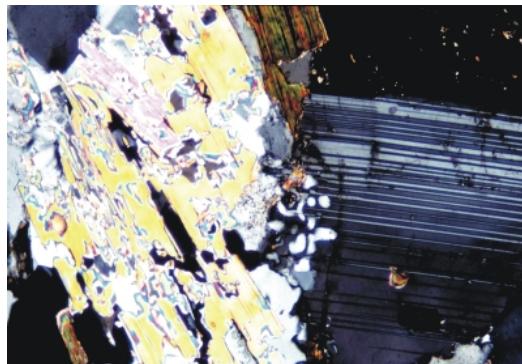


Foto 4.45 Granito biotítico de EES. Formación de mirmequitas en el borde de la plagioclasa. Crecimiento simplectítico de muscovita y cuarzo en el "phase boundary" con feldespato potásico. Observación con polarizador. Ancho de la foto 1,4mm

5 Química Mineral

5.1 Introducción

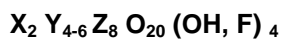
Este es el primer trabajo sobre química mineral que se realiza en el basamento metamórfico pre pérmico localizado en el nordeste del Macizo del Deseado. El principal objetivo de éste estudio es determinar composición mineral, fórmula estructural para luego estimar condiciones de presión y temperatura para cada uno de los afloramientos estudiados. Los análisis de química mineral obtenidos durante éste estudio proveen nueva información acerca de *pressure – temperature path* la cual será comparada entre los tres afloramientos pertenecientes al Complejo Río Deseado. Han sido analizados los siguientes minerales : mica blanca, biotitas, anfíboles, piroxenos y granates.

5.2 Mica Blanca

5.2.1 Rocas cuarzo – feldespáticas

Se han realizado 200 análisis en la microsonda electrónica de micas blancas correspondientes a los afloramientos en Estancia Dos Hermanos, Estancia Tres Hermanas y Estancia El Sacrificio. De los cuales solo 85 análisis fueron incorporados en el presente trabajo. Los análisis representativos de las Micas Blancas investigadas se presentan en el *Anexo IIa*.

La fórmula general de la mica es:



donde

X: K, Na o Ca pero también Ba, Rb, Cs, etc.

Y: Al, Mg o Fe pero también Mn, Cr, Ti, Li, etc.

Z: Si o Al pero puede ser Fe^{3+} y Ti

En el diagrama Si vs Al se observa que las filitas localizadas en el sector noroeste de los afloramientos de EDH presentan un valor de Si que varía entre 5.08 y 6.2 mientras el Al varía entre 4.8 y 5.6, otras micas blancas correspondientes a las filitas localizada en la parte sur de los afloramientos de EDH presentan un comportamiento tal que en parte concuerdan con la filita del sector noroeste (*foto 5.1*). Los valores de Si por doble fórmula unidad (pdfu) observados varían entre 6.05 y 6.3 y los valores de Al (pdfu) varían entre 5.0 y 5.6. Las cuarcitas correspondientes a ETH presentan valores de Si que varían entre 6.2 y 6.6 y valores de Al que varían entre 4.7 y 5.2. Estos valores presentan una tendencia lineal bien marcada, lo que indica una sustitución de tipo tschermakítica.

En el diagrama Na/Na+K+Ca vs Fe/Fe+Mg se identifica que las filitas localizadas en el sector noroeste se dividen en dos grupos unas que presentan valores que varían entre 0.04 y 0.14 en Na/Na+K+Ca y Fe/Fe+Mg de 0.6 a 0.65 y otro que presenta valores en Na/Na+K+Ca de 0.10 a 0.14 y en Fe/Fe+Mg ronda valores de 1. Las cuarcitas de ETH se agrupan formando una nube de puntos separada de los puntos anteriores con valores de Na/Na+K+Ca entre 0.01 y 0.035 y valores de Fe/Fe+Mg entre 0.35 y 0.65. A través del diagrama Na/Na+K+Ca vs TiO_2 % en peso se diferencian claramente dos nubes de puntos, una correspondiente a las filitas de EDH con valores que varían entre 0.04 y 0.16 y con valores de TiO_2 % en peso que varían entre 0.4 y 0.8, mientras las cuarcitas de ETH presentan valores de Na/Na+K+Ca entre 0.01 y 0.035 mientras que los valores de TiO_2 % en peso varían entre 0.05 y 0.54.

Se han determinado los miembros finales para las micas blancas, el cálculo realizado fue:

$$X_{ms} = 1 - X_{cel} - X_{par}$$

$$X_{cel} = Si / 2 - 3$$

$$X_{par} = Na / Na + K$$

donde,

X_{ms} : contenido en muscovita

X_{cel} : contenido en celadonita

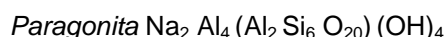
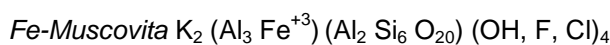
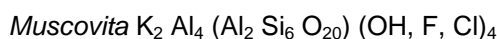
X_{par} : contenido en paragonita

Para las filitas de EDH predomina muscovita con bajo contenido en molécula paragonítica y celadonítica, mientras que para las cuarcitas de ETH predomina muscovita pero con contenidos de hasta 0.5 átomo proporcional en molécula celadonítica.

Las micas blancas han sido clasificadas con el diagrama de Guidotti (1984) en el cual, Al^{IV} , Al^{VI} y $\text{Mg}+\text{Fe}^{\text{tot}}$ representan los ejes planteados. Las fórmulas estructurales son calculadas en base a 22 oxígenos (K, Mg, Fe, Al, Si). El extremo ($\text{Mg} + \text{Fe}_{\text{tot}}$) representa el final de miembro ideal celadonita



Otras micas ilustradas en el diagrama son:



Los análisis representativos realizados en las micas blancas se presentan en el diagrama de la (fig. 5.2). En este diagrama de acuerdo a Guidotti, 1984, se reconoce que en la cuarcita de ETH predomina fengita y en las filitas de EDH predomina muscovita.

De acuerdo a la microestructura observada en cuarcitas de ETH, ya descritas en el capítulo 4, se pudo diferenciar 3 tipos de micas de acuerdo a las características microestructurales, las que fueron analizadas en la microsonda electrónica, para determinar su composición, fórmula estructural y origen (fig. 5.3 a, b y c).

A través del diagrama Si (pdfu) vs Al (pdfu) es posible diferenciar una clara sustitución del Si por el Al, evidenciada a través de la relación inversa en la (fig 5.4) típica para una sustitución de tipo tschermakítica. La correlación entre Si y Al es tal, que la suma $\text{Si} + 1/2 \text{Al}$ es generalmente cercana a 9.

Para la relación $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ vs $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ (fig. 5.5) queda claramente definida una nube de puntos localizada entre 0,01 y 0,035 de la relación $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ y entre 0,35 y 0,65 para la relación $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. El contenido de TiO_2 % en peso para el total de micas analizadas varía entre 0.051 y 0.54 mientras que la relación entre $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ varía entre 0.014 y 0.035 (fig. 5.6). A través de este diagrama se puede observar como varía el contenido en TiO_2 según el tipo de microestructura presente en la mica blanca. Las micas que se localizan en el contacto entre granos de cuarzo presentan valores de TiO_2 que varían entre 0.18 y 0.54, mientras que las micas de tipo radiales y aquellas que constituyen los lentes presentan valores levemente inferiores a 0.1. Es decir, que las micas de forma radial y aquellas localizadas en los lentes en las cuarcitas, presentan más bajo contenido en Ti, que las micas localizadas en los contactos entre granos de cuarzo.

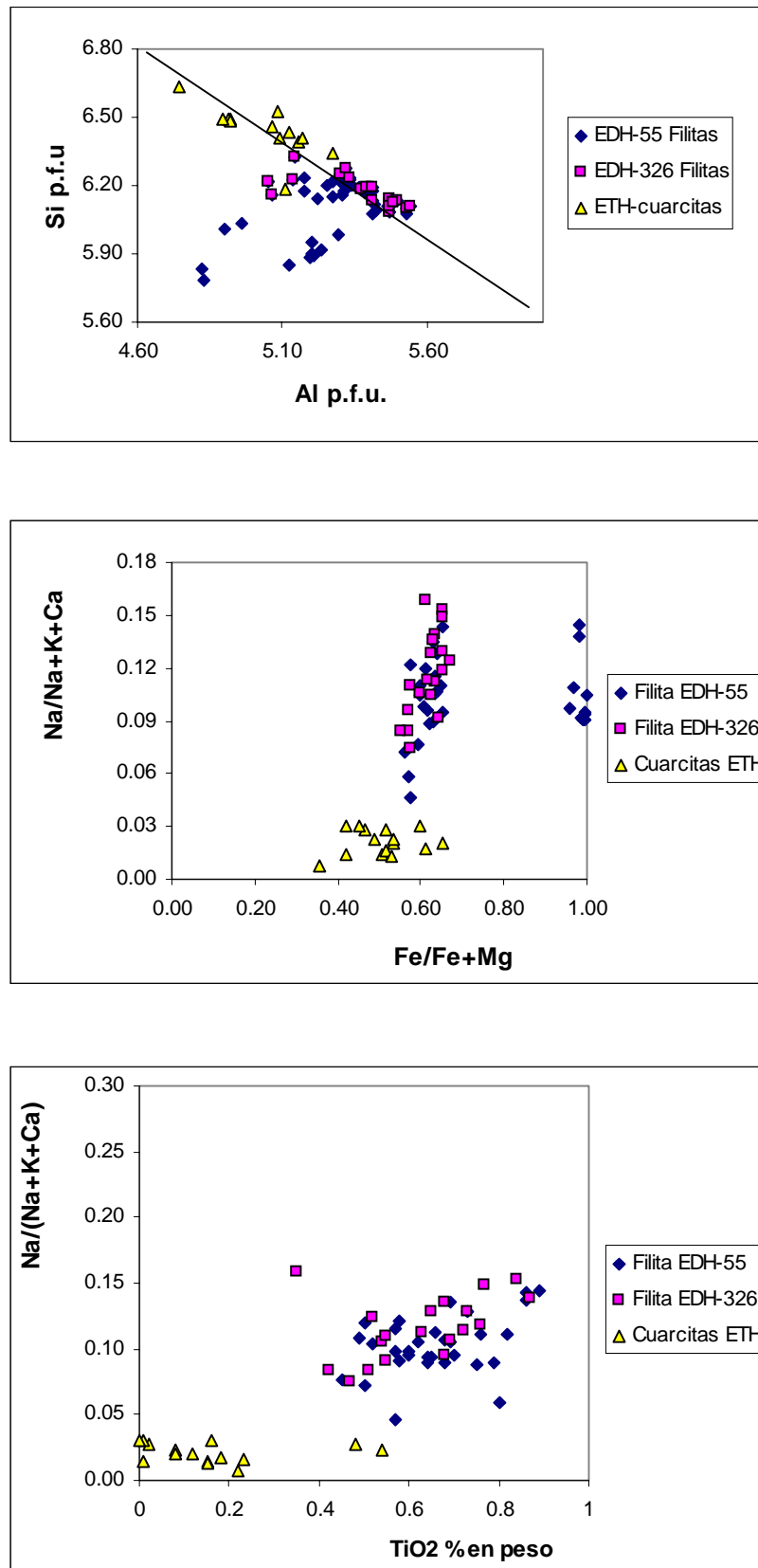


Fig 5.1 Se presentan tres diagramas uno Si (pfu) vs Al (pfu), Na/(Na+K+Ca) vs Fe/(Fe+Mg), Na/(Na+K+Ca) vs TiO₂ % en peso. La filita simbolizada con un cuadrado se localiza en el sector noroeste de EDH y las filitas de color azul simbolizada con un rombo afloramientos de la parte sur. Rocas cuarzo-feldespáticas.

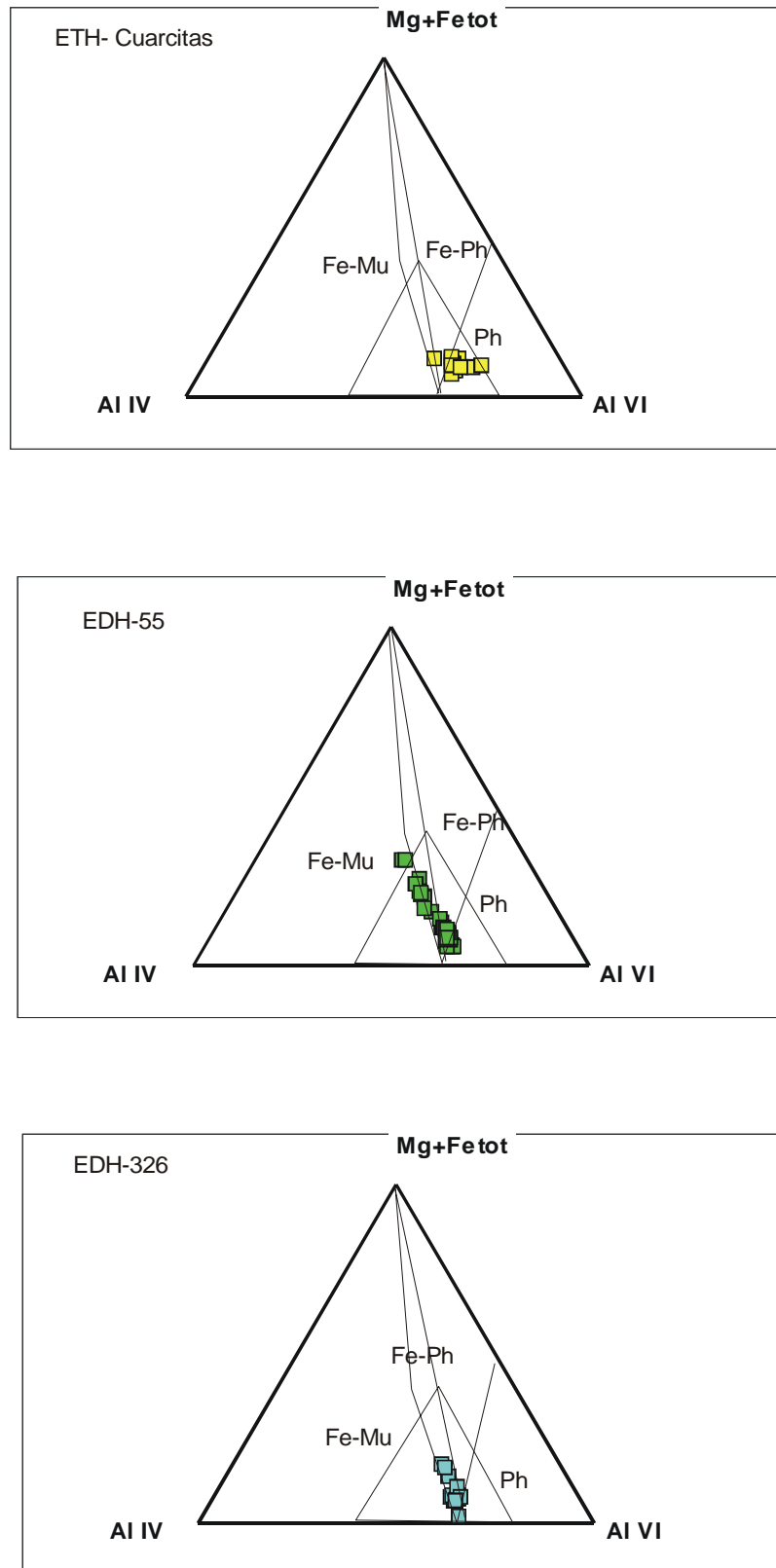


Fig. 5.2 Diagrama de clasificación ternario para micas blancas de acuerdo a Guidotti, 1984. Las micas blancas analizadas en las cuarcitas de ETH caen en el campo de la fengita, mientras que las micas blancas correspondientes a las filitas de EDH son de tipo muscovíticas.

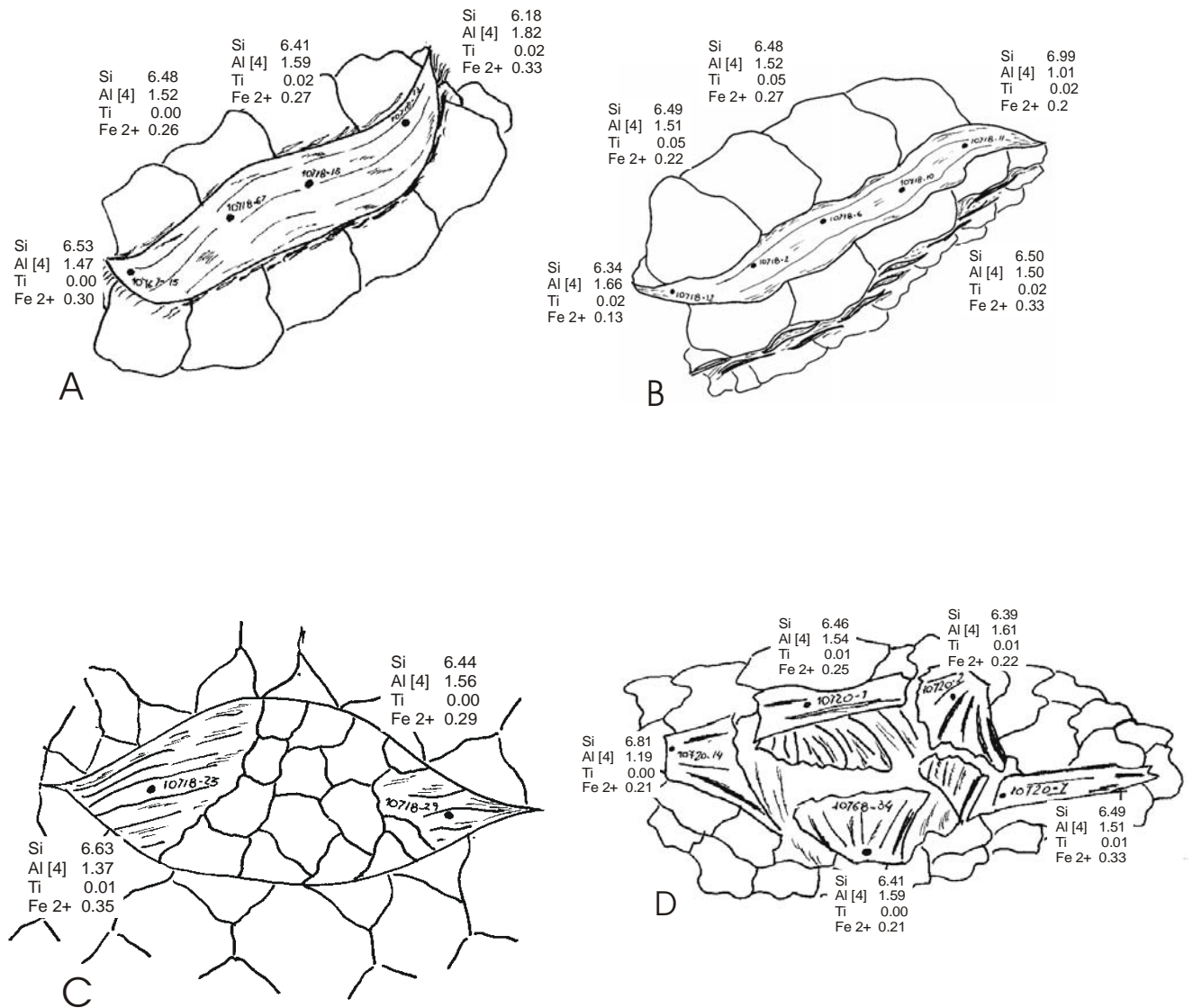


Fig. 3. A, B: Micas localizadas en el contacto entre granos de cuarzo, cuarcita ETH. C: mica localizada en los bordes de lentes cuarzo-feldespáticos-muscovíticos, cuarcita ETH. D: mica de hábito radial, cuarcita ETH.

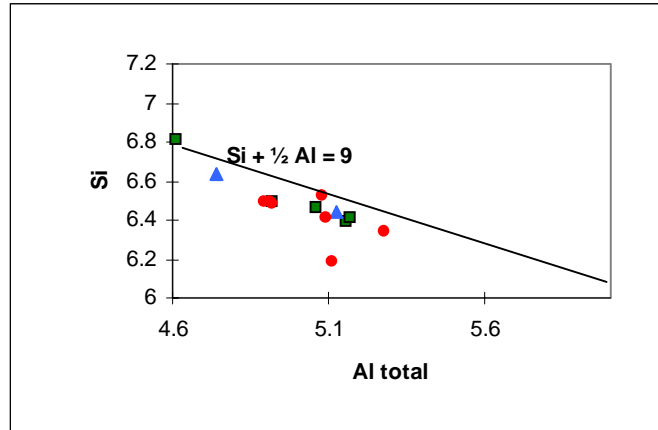


Fig. 5.4 En el diagrama se observa una tendencia lineal compatible entre las micas blancas que presentan diferentes características microestructurales.

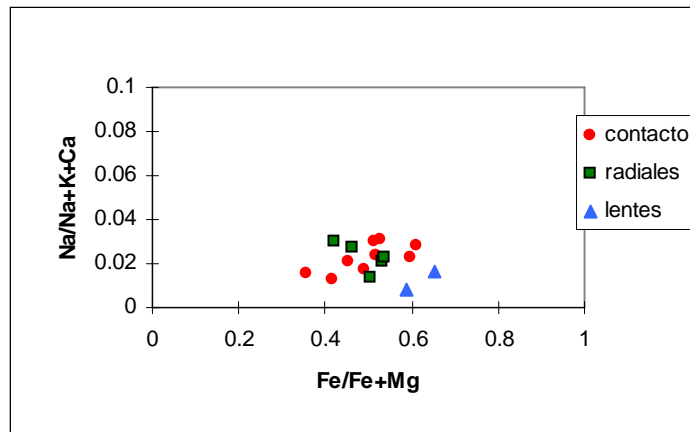


Fig 5.5 Para la relación $Na/(Na+K+Ca)$ vs $Fe/(Fe+Mg)$ queda claramente definida una nube de puntos localizada entre 0,01 y 0,035 de la relación $Na/(Na+K+Ca)$ y entre 0,35 y 0,65 para la relación $Fe/(Fe+Mg)$. Relación entre $Na/(Na+K+Ca)$ y $Fe/(Fe+Mg)$ (átomo proporcional).

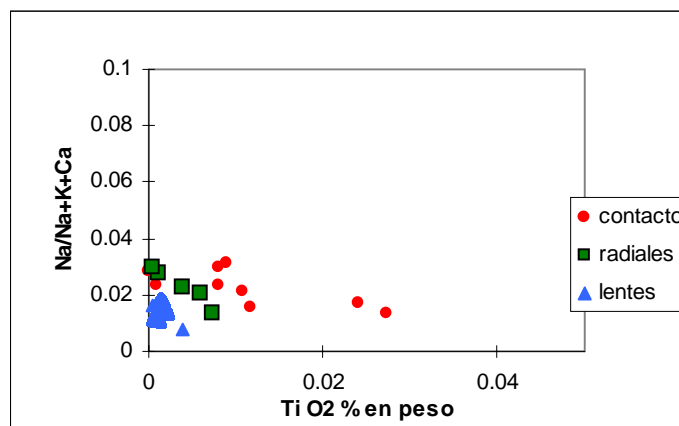


Fig 5.6 El contenido de TiO_2 % en peso para el total de micas analizadas varía entre 0.01 y 0.03 mientras que la relación entre $Na/(Na+K+Ca)$ varía entre 0.014 y 0.035. A través de éste diagrama se puede observar como varía el contenido en TiO_2 según el tipo de microestructura presente.

5.2.2 Rocas magmáticas

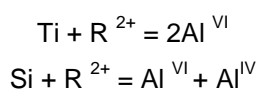
En ésta parte del trabajo fueron analizadas micas blancas correspondientes a granitos no foliados localizados en el sector sur del afloramiento de EDH, granitos foliados localizados en el sector norte del mismo afloramiento, y diversas variedades de granitos y diques de Estancia El Sacrificio. El número de análisis utilizados para este trabajo es de 85.

Se ha realizado el diagrama Si (pdfu) vs Al (pdfu) (*fig. 5.7*) en el cual se representan los cuerpos graníticos intrusivos en EDH. Los análisis con el nombre EDH-65 se localizan en el sector norte mientras que EDH-323 y EDH-50 se localizan en el sector sur. El granito EDH 65 presenta valores de Si (pdfu) que varían entre 6.1 y 6.4 mientras que el Al (pdfu) varía entre 4.8 y 5.4. El granito EDH-323 presenta una tendencia lineal paralela a la línea de la fengita, presenta valores de Al (pdfu) que varían entre 5.3 y 5.6 mientras el Si (pdfu) varía entre 6.1 y 6.3. El granito EDH-50 se presenta como una nube de puntos sobre la línea de la fengita, presenta valores de Al (pdfu) que varían entre 5.5 y 5.7 mientras que el Si (pdfu) varía entre 6.08 y 6.25. En el caso de los granitos de EES se observa que el granito EES-90 presenta valores de Al que varían entre 5.45 y 5.5 mientras el Si presenta valores entre 6.1 y 6.2. El granito EES-5 se localiza sobre la línea de la fengita y tiene valores de Al de 5.6 a 5.75 y de Si de 6.1 a 6.2. El granito EES- 400 se localiza como una nube de puntos bajo los valores de EES-5, presenta valores de Al que varían entre 5.6 y 5.7 mientras el Si varía entre 6.08 y 6.15.

En la (*fig 5.8*) se observa la relación entre $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ y $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$. En los granitos de EDH se puede diferenciar el comportamiento del granito EDH- 50 el cual presenta valores de $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ entre 0.7 y 0.87 y valores de $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ entre 0.05 y 0.09. El granito EDH-323 presenta valores en $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ entre 0.55 y 0.60 y en $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ entre 0.035 y 0.08. El granito EDH-65 presenta valores de $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ entre 0.5 y 0.73 y en $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ entre 0.02 y 0.06. Para las plutonitas de EES se observa que EES-5 presenta valores en $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ entre 0.6 y 0.7 y en $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ entre 0.55 y 0.70. El granito 400 se desplaza hacia la derecha presentando valores en $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ que varían entre 0.7 y 0.83 y en $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ entre 0.03 y 0.078. El granito EES-90 se desplaza hacia la izquierda del diagrama y presenta valores de $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ que varían entre 0.5 y 0.6 y en $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ que varían entre 0.04 y 0.05. Es decir que en cuanto a la relación $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ es muy homogénea en los distintos granitos.

Por último se ha realizado el diagrama que muestra la relación entre el contenido en átomo proporcional de $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ respecto el contenido en TiO_2 en % en peso (*fig 5.9*). Para los granitos de EDH se identifican claramente dos campos uno que lo constituye el granito EDH- 65 el cual presenta valores de $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ que varían entre 0.02 y 0.06 y TiO_2 que varía entre 0.78 y 0.90, el otro campo lo constituye el granito 50 en conjunto con el granito 323. El granito EDH-50 presenta valores de $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ que varían entre 0.4 y 0.10 mientras que el TiO_2 varía entre 0.01 y 0.1. El granito EDH-323 se localiza a la derecha del anterior y presenta valores de $\text{Na}/\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}$ que varían entre 0.035 y 0.08 y el TiO_2 varía entre 0.05 y 0.4.

Para los granitos de EES nuevamente se identifican dos campos uno dado por los valores del granito EES-90 y otro dado por los valores de los granitos EES- 400 y EES- 5. El granito EES- 90 presenta valores de $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ que varían entre 0.5 y 0.7 mientras que el TiO_2 varía entre 0.04 y 0.05. El granito EES-400 presenta valores en $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ que varían entre 0.04 y 0.08 y el TiO_2 varía entre 0.15 y 0.22 mientras que el granito EES-5 presenta valores en $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ entre 0.02 y 0.06 y en TiO_2 entre 0.1 y 0.18. El contenido en TiO_2 en las micas es un buen parámetro para diferenciar entre muscovita primaria y secundaria (Anderson & Rowley 1981), ya que las primeras presentan un marcado incremento en el contenido de TiO_2 respecto a las segundas. Estas muscovitas secundarias son depletadas en Ti, Mg, Fe y Si pero enriquecidas en Al^{VI} y Al^{IV} , ésto sugiere que:



Igual que para las rocas cuarzo – feldespáticas se ha realizado la calculación para determinar el componente principal de la mica blanca, en todos los granitos se encontró muscovita como constituyente principal seguido minoritariamente por el componente celadonita tanto para las plutonitas de EDH como para las de EES.

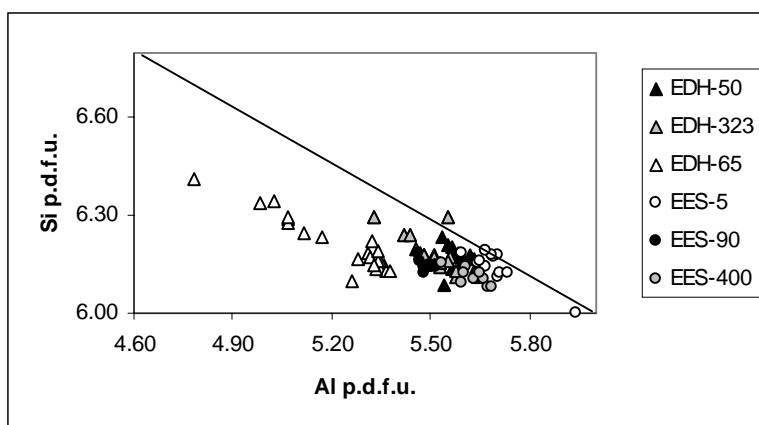


Fig. 5.7 En el diagrama se indica la relación Si (pdfu) - Al (pdfu).
En el diagrama se representan granitos pertenecientes a EDH y EES.

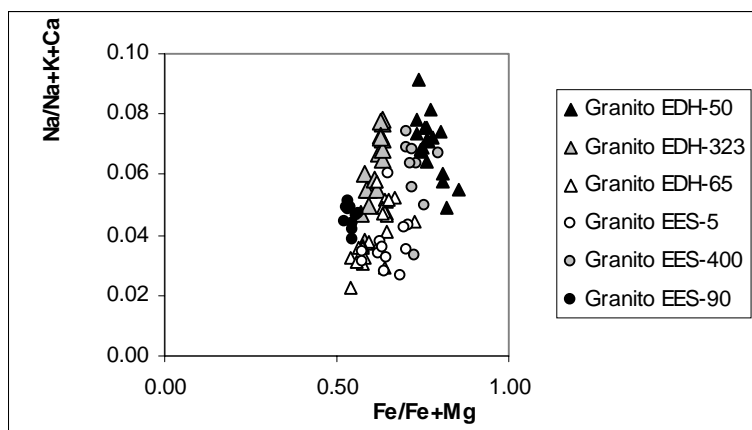


Fig. 5.8 En el diagrama se indica la relación $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ respecto a la relación $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$.

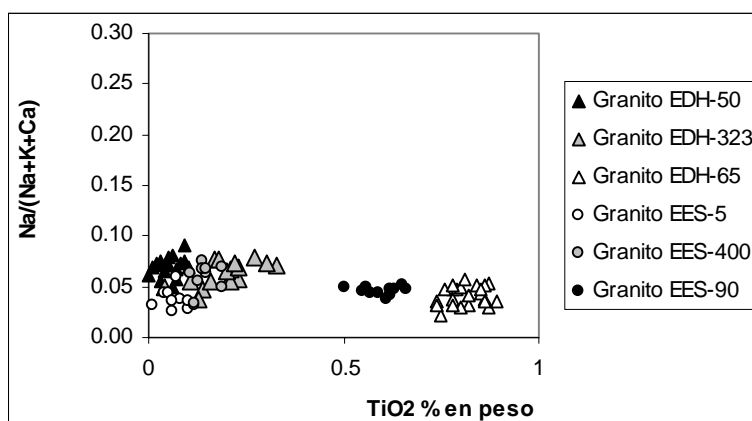
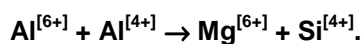


Fig. 5.9 En el diagrama se indica la relación $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$ respecto al contenido en TiO_2 expresado en % en peso.

5.2.3 Resumen y conclusiones

La mica blanca presente en las cuarcitas de ETH es fengita y esta presenta una sustitución de tipo tschermakítica.



Estas fengitas son las que le otorgan una marcada foliación S_1 a las cuarcitas. Utilizando el contenido en Ti presente en las fengitas se puede concluir que los micas localizadas en los lentes de cuarzo como así también las micas de forma radial constituye una nueva generación, de baja temperatura y bajo contenido de Ti, mientras que las micas localizadas en los contactos de granos son de tipo clásticas, con mayor contenido en Ti claramente diferenciable de las anteriores.

En las filitas de EDH predomina muscovita con componente secundario celadonita. El alto contenido en Si en la mica blanca de ETH indica una paragénesis con feldespato potásico y muscovita, el protolito podría haber sido una grauvaca. La diferencia en la composición de la mica blanca en EDH y ETH estaría marcando una diferencia en el grado de metamorfismo como así también en la paragénesis mineral.

En EDH se determina que el granito biotítico foliado situado en el sector norte presenta como mica blanca, muscovita magmática primaria principalmente pero además se ha identificado fengita, mientras que para el resto de los granitos analizados predomina muscovita secundaria. En cuanto al contenido en Si y Al se puede decir que la profundidad de intrusión del granito foliado de EDH es mayor a la del resto de los cuerpos graníticos analizados y que el plutón granítico biotítico de EES presenta como mica blanca muscovita magmática y que el nivel de intrusión es más somero que el plutón antes mencionado.

5.3 Biotita

Se ha realizado análisis en muchas biotitas constituyentes de los plutones en los tres afloramientos, pero debido al grado de alteración de éstas, fue necesario descartarlas por lo que el presente trabajo consta de 60 análisis de biotitas en el gabbro de EDH, el plutón biotítico de EES y el granito de ETH. Los análisis representativos de las biotitas investigadas se presentan en el *anexo IIb*.

La composición de las biotitas puede ser altamente variable, pero en la mayoría de los casos son mas aluminosas que los miembros flogopita y annita (*fig. 5.10*). En éste diagrama se observa la relación entre $Fe/(Fe+Mg)$ y el Al presente en posición tetraédrica. El granito biotítico de EES presenta valores en Al IV que varían entre 2.52 y 2.80 mientras que la relación $Fe/(Fe+Mg)$ varía entre 0.57 y 0.62. El granito de ETH presenta menor contenido en Al tetraédrico como así también menor relación $Fe/(Fe+Mg)$ respecto al otro granito. Los valores de Al IV varían entre 2.20 y 2.51 mientras que la relación $Fe/(Fe+Mg)$ varía entre 0.4 y 0.45. La alta relación $Fe/(Fe+Mg)$ en los granitos de EES indicaría que se trata de rocas altamente diferenciadas producidas por un fraccionamiento del magma y la alta participación en componentes como siderofilita - eastonita se atribuye a la coexistencia con otras fases AFM. Como es en el caso del granito de EES que coexiste con granate y muscovita mientras que el granito de ETH coexiste con muscovita. En la *fig. 5.11* y *5.12* se observa diferenciación en el granito biotítico de EES ya que a medida que aumenta la relación $Al/Si+Al$ disminuye la relación $Fe/Fe+Mg$ y para el gabbro de EDH (*foto 5.6*) y el granito de ETH se observa que a medida que aumenta el contenido en Si, disminuye el contenido en Al (*fig. 5.13*).

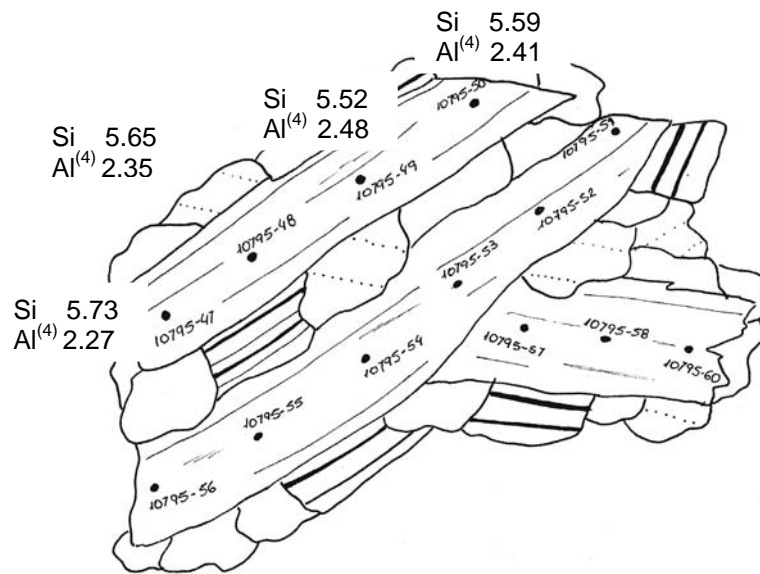


Fig. 5.13 Dibujo esquemático de la ubicación de los puntos analizados en la ME en biotitas de granito de ETH. Se observa como varía el Al y el Si desde un extremo al otro del mineral.

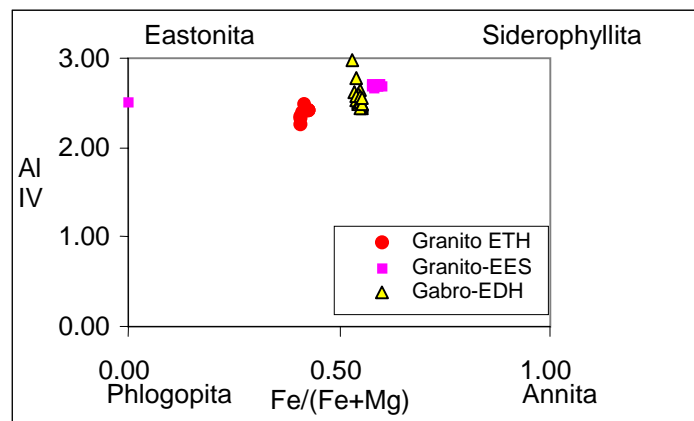


Fig. 5.10 Diagrama que representa la relación Al IV versus Fe/(Fe+Mg).

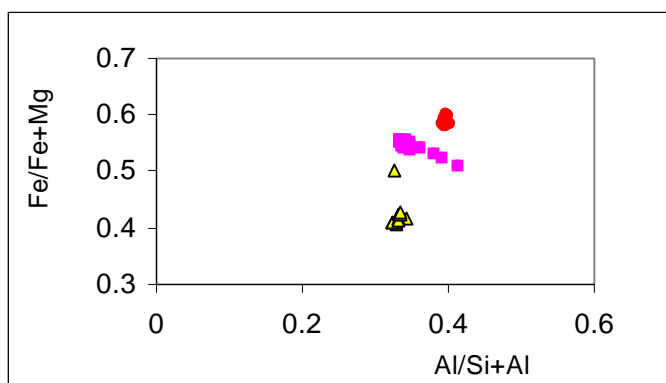


Fig. 5.11 Diagrama que representa la relación $Fe/(Fe+Mg)$ versus $Al/(Si+Al)$. Las referencias son las mismas que en el gráfico anterior.

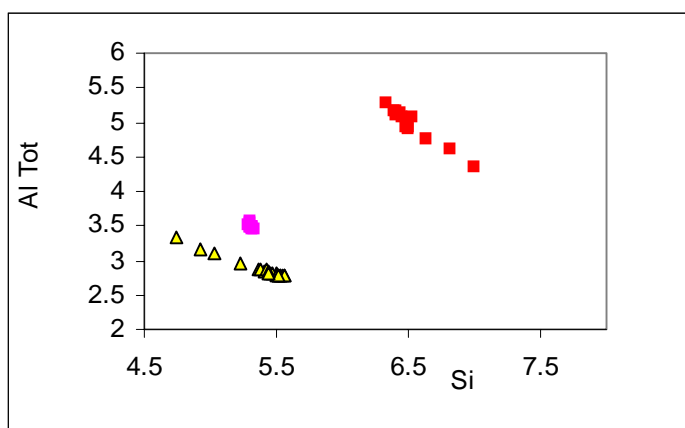


Fig. 5.12 Diagrama que representa la relación Al total versus Si. Las referencias son las mismas que en el gráfico anterior.

5.3.1 Conclusiones

Las biotitas presentes en los granitos de ETH y EES a igual que la biotita presente en los gabros de EDH son de tipo aluminosas y su composición varía entre eastonita y siderofilita. En el granito biotítico de EES se observa una diferenciación en la composición de la biotita, a medida que aumenta la relación $Al/(Si+Al)$ disminuye la relación $Fe/(Fe+Mg)$. Entretanto las biotitas presentes en el gabro de EDH y en el granito de ETH muestra una diferenciación en cuanto a la relación Al, Si. A medida que aumenta el contenido en Si, disminuye el contenido en Al.

5.4 Anfíbol

5.4.1 Introducción

Los anfíboles son los constituyentes principales de muchas de las litologías máficas del Macizo del Deseado. Este es el primer trabajo que se realiza en química mineral en anfíboles y los objetivos de dicha investigación son:

- Determinar la composición de los anfíboles presentes en granitos, esquistos verdes y esquistos con granates de Estancia Tres Hermanas y compararlos entre ellos.
- Determinar la composición de los anfíboles presentes en los gabros y anfíbolitas de Estancia Dos Hermanos y compararlos entre ellos.
- Determinar cuales fueron los mecanismos de sustitución actuantes en cada caso.

En total se han realizado 114 análisis de anfíboles correspondiente a los afloramientos de Estancia Tres Hermanas y Estancia Dos Hermanos. Los análisis representativos de los anfíboles investigados se presentan en el *anexo II c*.

5.4.2 Clasificación de anfíboles

La clasificación de anfíbol que se ha adoptado para el presente trabajo está basada en el contenido químico de un anfíbol standard calculado para 23 (O), ésta base debería ser usada para el cálculo del contenido catiónico de la fórmula standard (Leake 1978, Leake 1997). La fórmula standard es



Para el cálculo de la formula estructural del anfíbol se ha seguido el siguiente procedimiento

- La suma T=8 usando Si, Al, Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} .
- La suma C=5 usando exceso de Al, Cr, Ti y Fe^{3+} de a).
- La suma B=2 usando el exceso de Fe^{2+} , Mn, Mg de b), Ca y Na.
- El exceso de Na de c) es asignada a A con el K. El total de A varía entre 0 y 1.

Esta asignación normalmente corresponde a la ocupación de la posición del tetraedro (T), el sitio $M_1+M_2+M_3$ corresponde a C, el sitio M4 corresponde a B y el sitio A corresponde a A. Los diagramas de clasificación utilizados relacionan $(Na+K)_A$ con Si en la celda estandarte, y $Mg/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ con Si en la celda estandarte (*fig 5.14*).

Los anfíboles analizados han sido subdivididos de acuerdo a Leake (1978), Leake (1995). Es posible diferenciar 5 campos de acuerdo a la variabilidad de $(\text{Na}+\text{K})_A$ respecto al Si: tremolita, hornblenda, tschermakita, edenita y pargasita.

De las muestras analizadas para *Estancia Tres Hermanas* los anfíboles presentes en los granitos presentan una composición principalmente hornbléndica, mientras que los esquistos presentan anfíboles con una mayor variabilidad en el contenido de sílice por lo que su composición varía desde términos tschermakíticos hasta tremolíticos, pasando por términos intermedios de composición hornbléndica (foto 5.7).

Las anfibolitas de *Estancia Dos Hermanas* a igual que los gabros presentan una composición exclusivamente hornbléndica. Otro diagrama de clasificación utilizado relaciona $\text{Mg}^{2+} / (\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ con Si en la celda standard (fig 5.15).

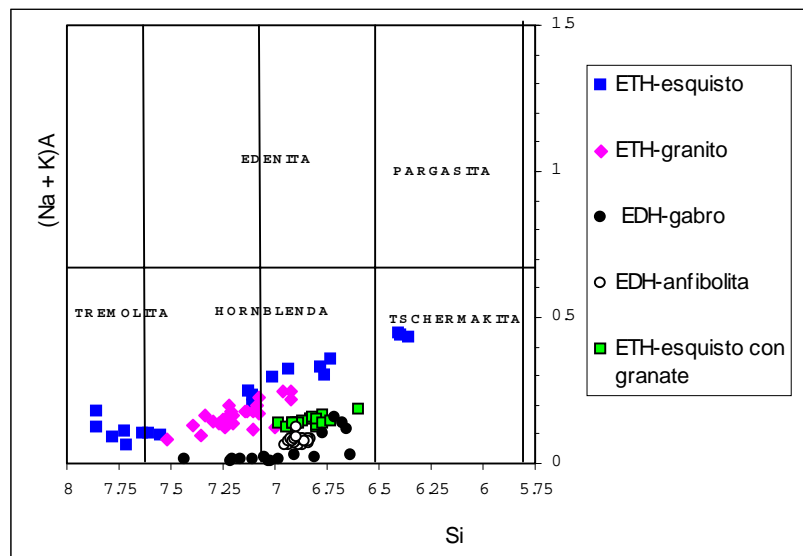


Fig. 5.14 Clasificación de anfíboles de acuerdo a la relación entre $(\text{Na}+\text{K})_A$ y el Si en átomo proporcional (Leake 1978, Leake 1997).

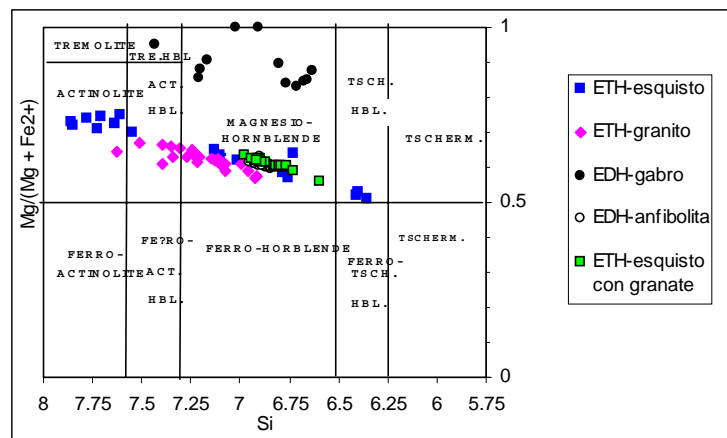


Fig. 5.15 Clasificación de anfíboles de acuerdo a la relación entre $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ y Si átomo proporcional según (Leake 1978, Leake 1997).

De acuerdo a dicho diagrama los anfíboles presentes en los afloramientos de *Estancia Tres Hermanas* presentan la siguiente composición:

Los granitos serían del tipo magnesio hornblenda, actinolita hornblenda hasta actinolita. La misma composición es válida para los esquistos anfibólicos solo que existen términos con mas bajos contenidos en sílice que darían adicionalmente una composición tschermakítica-hornblendica (*foto 5.8*). Para las anfíbolitas de *Estancia Dos Hermanas* la composición de los anfíboles es del tipo hornblenda magnesiánica exclusivamente a igual que para los gabros pero éstos presentan un mayor contenido en la relación $Mg^{2+} / (Mg^{2+} + Fe^{2+})$.

5.4.3 Mecanismo de sustitución

La variación composicional en anfíboles puede ser considerada en términos de sustitución dentro de la fórmula básica de la tremolita.



Esta sustitución puede ser una simple sustitución tal como Fe^{2+} o Mn^{2+} por Mg^{2+} ; lo que no requiere un balance de carga o complejas sustituciones, y que requieren un mantenimiento del balance de cargas (Spear 1981).

Las sustituciones asociadas propuestas son:

- 1- (A) + Si (IV) = Na(A) + Al (VI) EDENITA
- 2- 2Si (IV) + 2Mg (VI) = 2Al (IV) + 2Al (VI) TSCHERMAKITA
- 3- (A) + Mg (VI) + 2Si (IV) = Na (A) + Al (VI) + 2 Al(IV) PARGASITA
- 4- 2Si (IV) + Mg (VI) = 2Al (IV) + Ti (VI) TI-TSCHERMAKITA

Los símbolos entre paréntesis representan la posición estructural de los cationes y el símbolo cuadrado indica la posición vacante. La serie de diagramas que se presentan a continuación tienen por objetivo determinar cuáles de los posibles mecanismos de sustitución son consistentes con el tren composicional observado en los anfíboles correspondientes a granitos, esquistos anfibólicos, anfíbolitas y gabros del Complejo Río Deseado.

En el plot de Al^{IV} versus A posición la pendiente 1, $m = 1$, sugiere que la sustitución de tipo 1 fue activada en la ocupación de la posición A. Solo dos valores correspondientes al esquisto anfibólico de ETH caen sobre dicha línea (*fig. 5.16*).

La pendiente 2 indica que hay 2 Al (IV) por cada cation en A posición, lo que sugiere una sustitución del tipo 3. Solo dos valores correspondientes al esquistos anfibólico de ETH caen sobre dicha línea. El Al (IV) residual toma un valor entre 0,4 y 0,6 en anfiboles del granito de ETH y valores mayores a 0,8 para el gabro de EDH, lo que indica que requieren sustituciones adicionales del tipo 2-3 y 4. En el diagrama de la *fig 5.17* se observa que el Na_{M4} tiene una relación directa con el Ti. Las sustituciones tipo (1), (2), (3) y (4) involucran Al (IV). Si toda la A posición, Al (VI), Fe^{3+} (VI) y Ti (VI) en el anfibol esta coupled al Al (IV), sería de esperar que en el plot del Al (IV) versus el A posición + 2Ti + Al (VI) + Fe^{3+} (VI) la pendiente m sea = 1 y pase por el origen. Eso es realmente lo que se observa en la (*fig. 5.18*).

En conclusión los cambios composicionales encontrados en los anfiboles de Estancia Tres Hermanas y Estancia Dos Hermanos pueden ser descritos en términos de sustitución pargasítica, sustitución edenítica y sustitución tschermakítica.

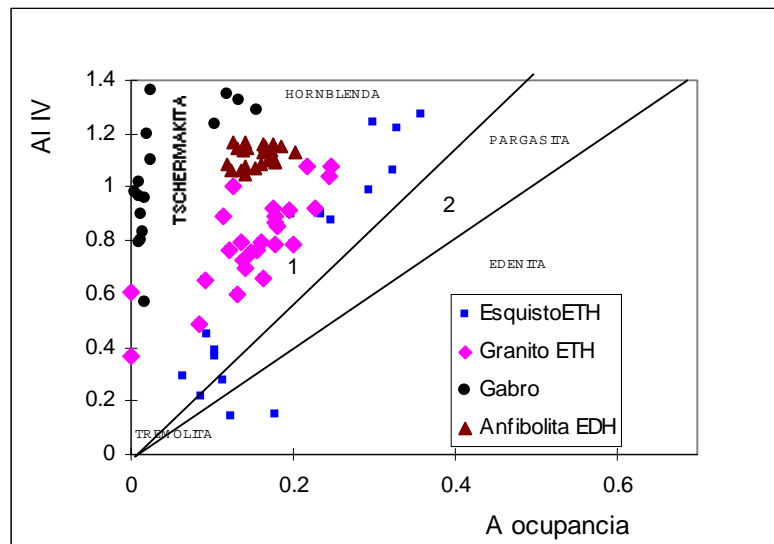


Fig. 5.16 Ploteo del Al IV versus A sitio para anfiboles de ETH y EDH.

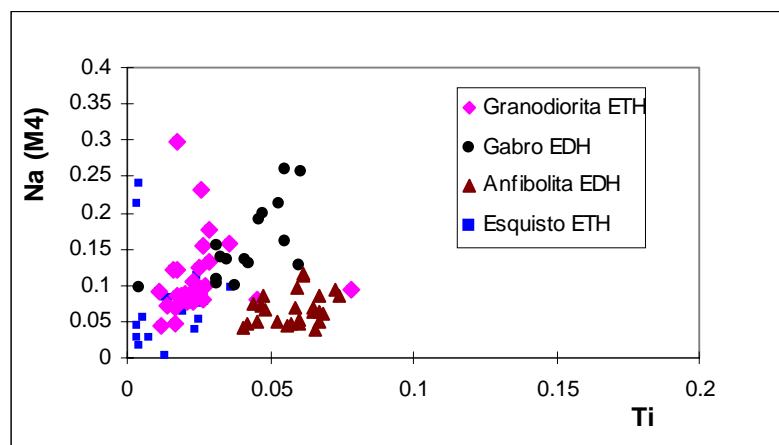


Fig. 5.17 Ploteo del Ti versus Na(M4) sitio para anfiboles de ETH y EDH.

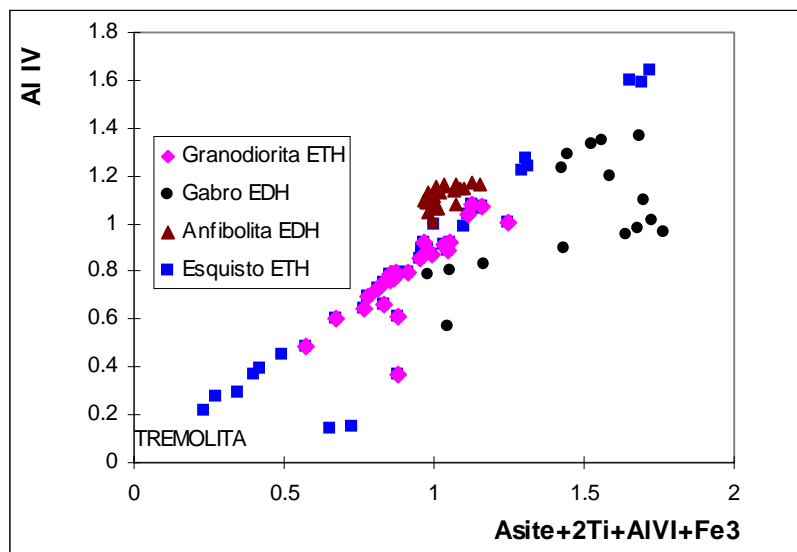


Fig. 5.18 Ploteo de Al IV versus $A_{\text{sitio}}+2Ti+Al_{\text{VI}}+Fe_3$ para anfíboles de ETH y EDH.

5.4.4 Relación entre el grado de metamorfismo y el contenido en Titanio (Ti) en Hornblenda

Observando el gráfico de Raase (1974), el que compara composición de la hornblenda en rocas con distinto grado metamórfico, es posible determinar claramente que existe una variación, la cual puede ser relacionada con el grado de metamorfismo y el contenido en Ti la línea de ruptura en el gráfico indica el máximo posible de Ti en hornblenda con respecto a las facies del metamorfismo. La presión no produce una influencia importante en el contenido de Ti, pero si la temperatura del metamorfismo (Binns 1965, Bard 1970). De los 114 análisis realizados en granitos y esquistos de ETH se ha determinado un contenido de Ti entre 0,01 y 0,09 ubicándose la moda principal en valores de 0,04 atom. prop. de Ti y una moda secundaria en 0,06 atom. prop. Ti.

Sobre una base de los análisis en anfibolitas y gabros de EDH es posible determinar que el contenido en Ti varía desde 0,04 hasta 0,07, ubicándose la moda principal en valores de 0,06 at. prop. de Ti y la moda secundaria en 0,07, mientras el gabro presenta un contenido en Ti que varía desde 0,01 hasta 0,07, ubicándose la moda principal en valores de 0,04 at. prop. de Ti y la moda secundaria en 0,07. Considerando que los valores máximos en Ti varían entre 0.02 y 0.06 át. prop. en los dos afloramientos, éstos pueden ser incluidos dentro las facies de transición entre esquistos verdes y anfibolitas, según Raase (1974).

5.4.5 Resumen y conclusiones

De acuerdo a éstos diagramas se puede concluir que los anfíboles del set de muestras seleccionadas presenta:

$$(\text{Na} + \text{K})_{\text{A}} < 0,25, \text{Na}_{\text{B}} < 0,25, 0,2 < \text{Al}^{\text{VI}} < 1,5 \text{ y } 0,2 < \text{Al}^{\text{VI}} + \text{Fe}^{3+} + \text{Ti} < 1,2$$

A partir de las muestras analizadas para ETH podemos concluir que los anfíboles presentes en los granitos tienen una composición hornbléndica principalmente, mientras que para los anfíboles de los esquistos se pueden diferenciar dos generaciones distintas de anfíboles. Una las actinolitas representan la facies de retrogrado, y las hornblendas hasta tschermakitas representan la facies de progrado, en comparación con las anfíbolitas de EDH cuya composición es exclusivamente hornbléndica a igual que los gabros. Los cambios composicionales encontrados en los anfíboles de ETH y EDH pueden ser descritos en términos de sustitución pargasita, edenita y tschermakita.

5.5 Granate

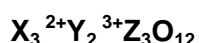
En el presente trabajo se han realizado 180 análisis de granates en la microsonda electrónica de la Ruhr Universidad de Bochum, correspondientes a los afloramientos de ETH-EDH-EES. Las rocas analizadas fueron granitos, monzogranitos, granodioritas y esquistos anfibólicos (*Anexo II d*).

5.5.1 Objetivo del trabajo

Los análisis de microsonda realizados en los granates tenían dos objetivos principales:

Uno, era el de conocer la composición cuantitativa de los granates presentes en granitos, monzogranitos y granodioritas de ETH, EDH, EES, como así también en esquistos anfibólicos de ETH y el otro, el determinar la distribución cualitativa de los elementos principales en cada uno de los granates analizados.

A partir de ésta información se puede concluir acerca del origen de los granates.
La fórmula general del granate es:



Donde :

X: contiene cationes divalentes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} y Mn^{2+}

Y: ocupa una posición octaédrica y contiene cationes trivalentes Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+}

Z: Si

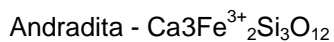
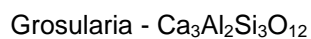
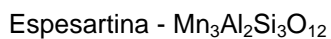
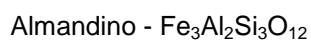
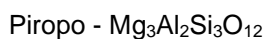
Para la calculación de la formula estructural de los granates se ha seguido el siguiente procedimiento:

a) $\text{Al}_{\text{tetraédrico}} = 6 - \text{Si}$

b) $\text{Al}_{\text{octaédrico}} + \text{Fe}^{3+} + \text{Ti} = 4$

c) $\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn} + \text{Ca} = 6$

Los miembros finales son:



El contenido en cada componente se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{Almandino} = \frac{\text{Fe}^{2+}}{(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn})} * 100$$

$$\% \text{Piropo} = \frac{\text{Mg}}{\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn}} * 100$$

$$\% \text{Grosularia} = \frac{\text{Ca} - 2/3 * \text{Fe}^{3+}}{\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn}} * 100$$

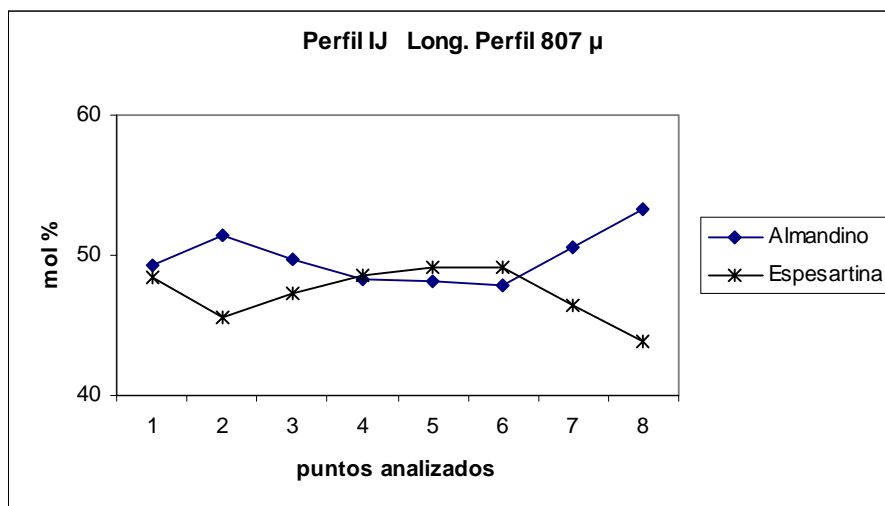
$$\% \text{Espesartina} = \frac{\text{Mn}}{\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn}} * 100$$

$$\% \text{Andradita} = \frac{\text{Ca}}{\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Mn}} * 100 - \% \text{Grosularia}$$

5.5.2 Descripción

Los granates aparecen como mineral accesorio común en rocas graníticas y en diferenciados tardíos como ser en aplitas y pegmatitas.

En EDH se han analizado granates pertenecientes a leucogranitos, los granates mencionados presentan un diámetro entre 0.4 – 0.8 mm, son de forma euhedral y se observa una leve alteración a clorita, se presentan libres de inclusiones, la zonación es de tipo normal según Manning (1983), éste tema se discute mas adelante el ancho del borde rico en Fe es de 71μ y la composición mineral es Alm₄₇₋₅₃ Espes₄₅₋₄₉ Pyr_{1.1-1.9} (fig. 5.19, 5.20). Se han analizado granates de otros granitos también localizados en el sector sur (fig. 5.21), éstos se presentan con un diámetro de grano entre 0.30 – 0.40 mm, de forma euhedral, en algunos sectores se observa reemplazo por clorita. De los perfiles realizados se observa que la composición principal es almandino – espesartina luego sigue pirope y por último andradita grosularia (fig. 5.22-5.23-5.24). El diagrama de distribución de elementos realizado (fig. 5.25) indica que el Mn se concentra en el núcleo del cristal mientras que el Fe se localiza en los bordes, el ancho del borde rico en Fe de 0.3 mm y la zonación es de tipo normal. Los perfiles de intensidad versus distancia indican una zonación simétrica. En cuanto a la composición es Alm₅₉₋₅₄ Espes₄₀₋₃₅ Pyr_{4.3-4.1}. El contenido en MnO varía entre 15 y 20 %.



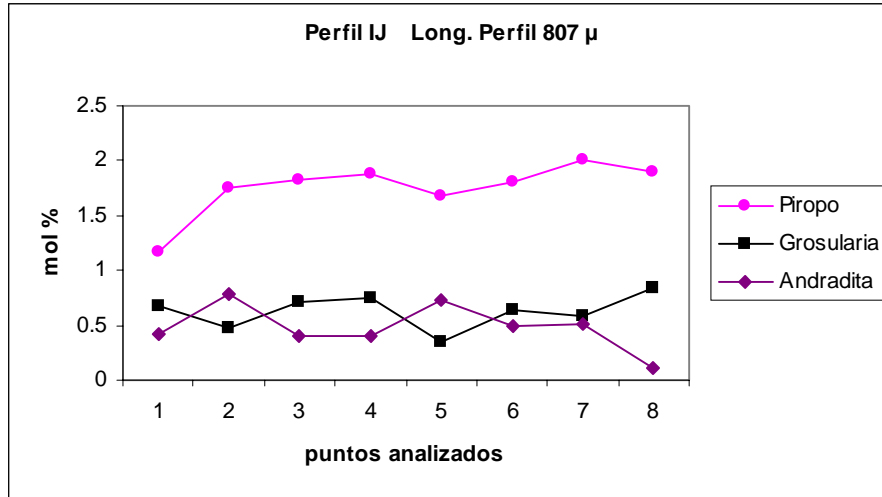


Fig. 5.19 La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina
El mayor contenido en Fe se ubica en los bordes y Mn en el núcleo.
EDH 50 granito.

	Tamaño	Forma inclusión	Alteración	Inclusión	Tipo zonac. (Manning 1983)	Composición
EDH-50 Granito foliado	385μ - 800μ	euhedral abundante	cl.- idding. reacc. con qz	qz (poco abundante)	borde: Fe+ núcleo: Mn+ z. normal	Alm 47-53 Spes 45-49 Pyr 1.1-1.9 MnO 18-20 %
EDH-323 Granito no fol.	270μ - 380μ	euhedral menos abundante	cl.- óx.		borde: Fe+ núcleo: Mn+ z. normal	Alm 59-54 Spes 40-35 Pyr 4.3-4.1 MnO 15 -16 %
ETH-31 granito foliado	200μ - 340μ	anhedral	óxidos	qz - bi (cl)	borde: Mn+ núcleo: Fe+ z. reversa	Alm 61-67 Spes 22-29 Pyr 3-6 MnO 9 -12 %
ETH-161 esq. Anfib.	190μ - 230μ	anhedral subhedral	venillas de qz y calcita	ap-opacos-qz-epid.-diop	borde: Fe+ núcleo: Ca+ z. normal	Gros 54-58 Andr 36-39 Spes 2-3 Alm 1.1-2.8 MnO 1 %
EES-5 granito El Sacrificio	180μ	subhedral anhedral	s/incl.		borde: Mn+ núcleo: Fe+ z. reversa	Alm 59-65 Spes 22-27 Pyr 3-7 Gr 3-5 MnO 9 -11 %
EES-4 granito El Sacrificio	400μ	subhedral	óxidos		borde: Mn+ núcleo: Fe+ z. reversa	Alm 64-65 Spes 22-27 Pyr 8-10 Gr 3-5 MnO 8 - 9 %
EES-400 dique granítico	1980μ 2250μ	anhedral	cl.	mu(cl)-ap-qz núcleo	borde: Fe+ núcleo: Mn+ z. normal	Alm 81-86 Pyr 7.1-8.7 Spes 3.7-7 Gr 0.5-1.6 MnO 2 - 3 %
EES-90 granito biot.fol.	1663μ	anhedral	clorita reacc.Bi-Gt	bi (cl)-ap-qz borde	borde: Fe+ núcleo: Mn+ z. normal	Alm 64-68 Spes 14-22 Pyr 9-13 Gr 0.9-3.4 MnO 6 - 9 %

Fig. 5.21 Tabla de descripción de los granates analizados correspondientes a ETH, EDH y EES.

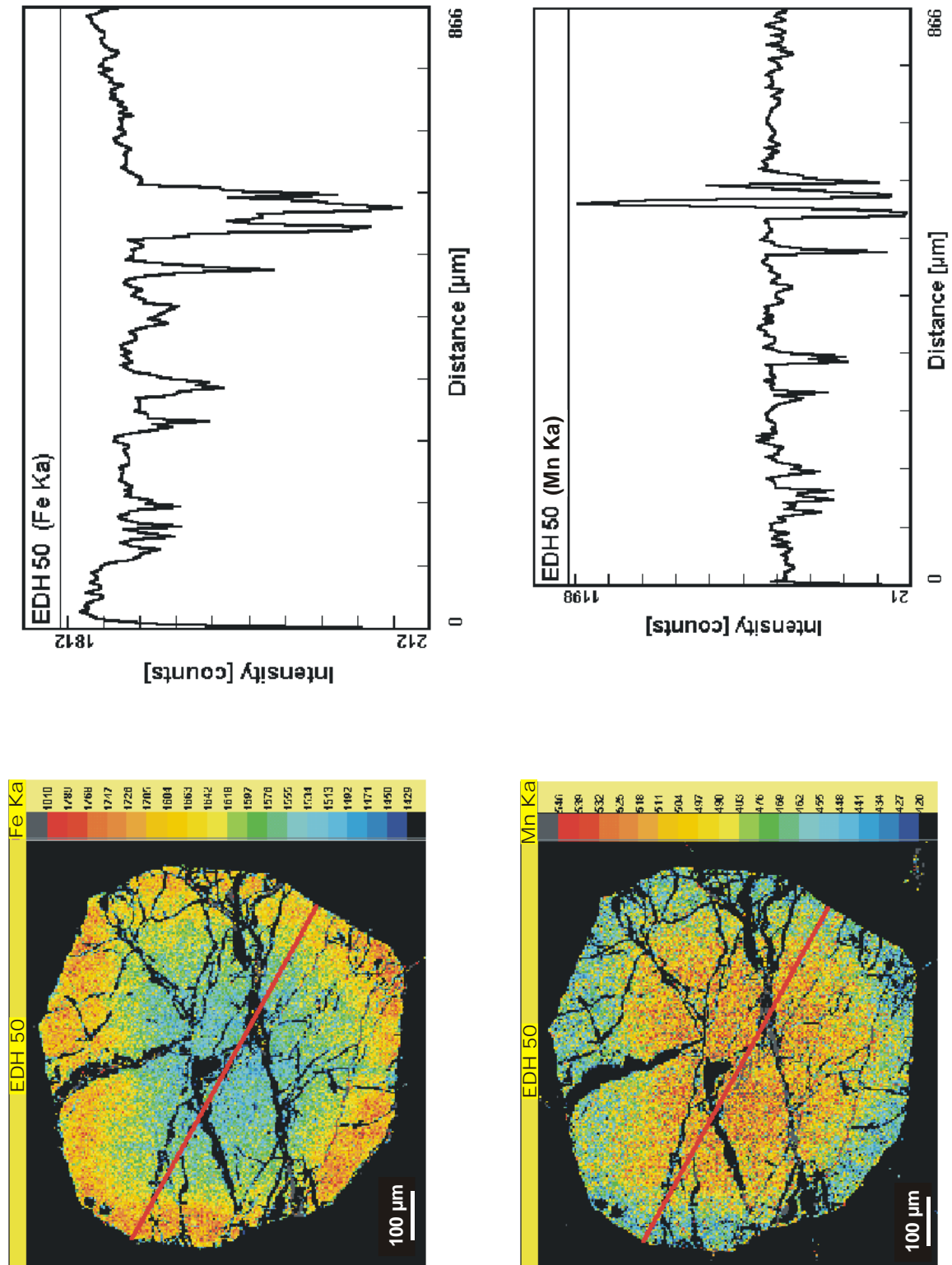


Fig 5.20. Representación cualitativa de 2 elementos principales constituyentes del granate (Fe, Mn). Acompañando del diagrama de distribución de elementos se presentan perfiles de intensidad versus distancia (long. del granate). Granito EDH.

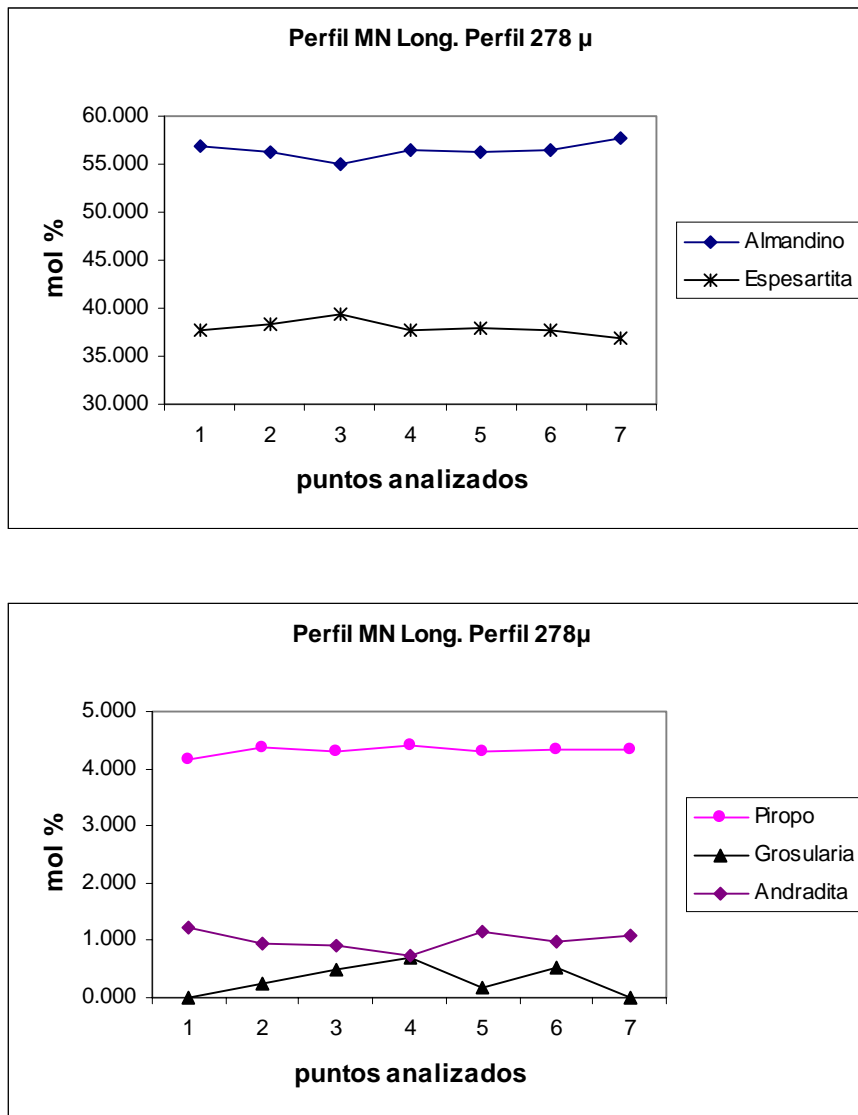


Fig. 5.22 La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina. El mayor contenido en Fe se ubica en los bordes y Mn en el núcleo. EDH 323 granito.

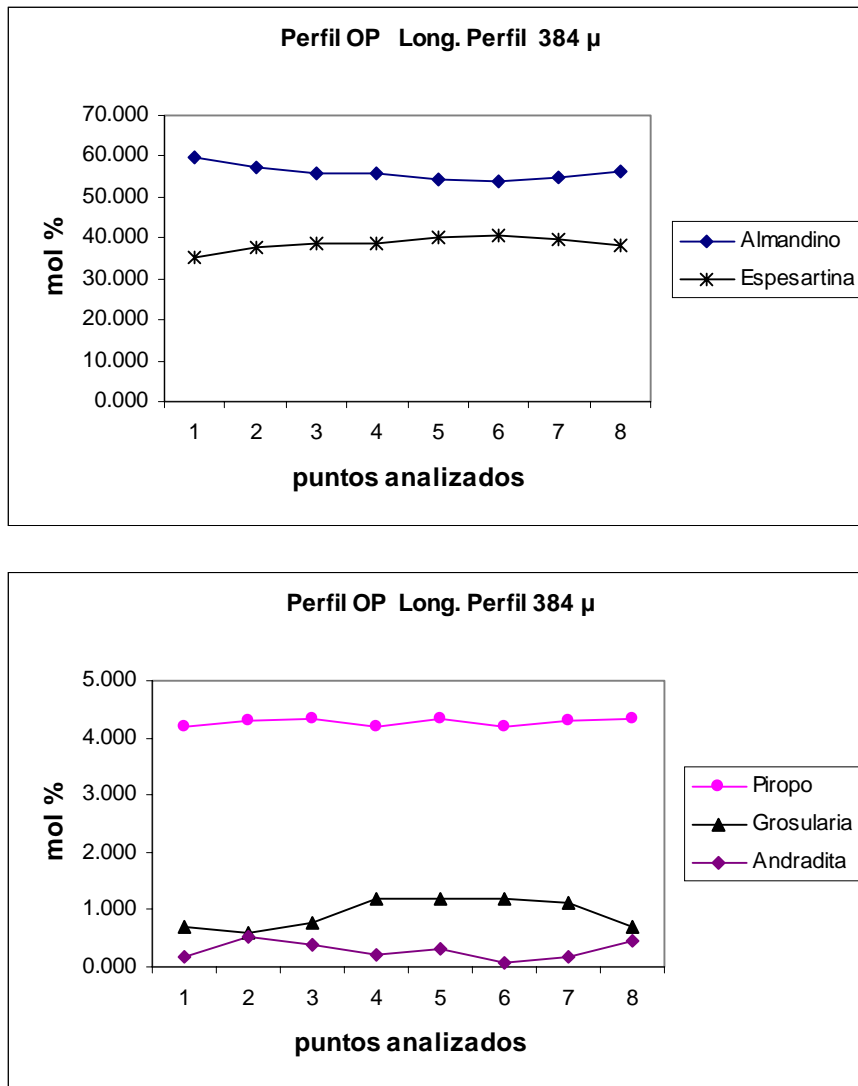


Fig. 5.23 La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina. El mayor contenido en Fe se ubica en los bordes y Mn en el núcleo. EDH 323 granito.

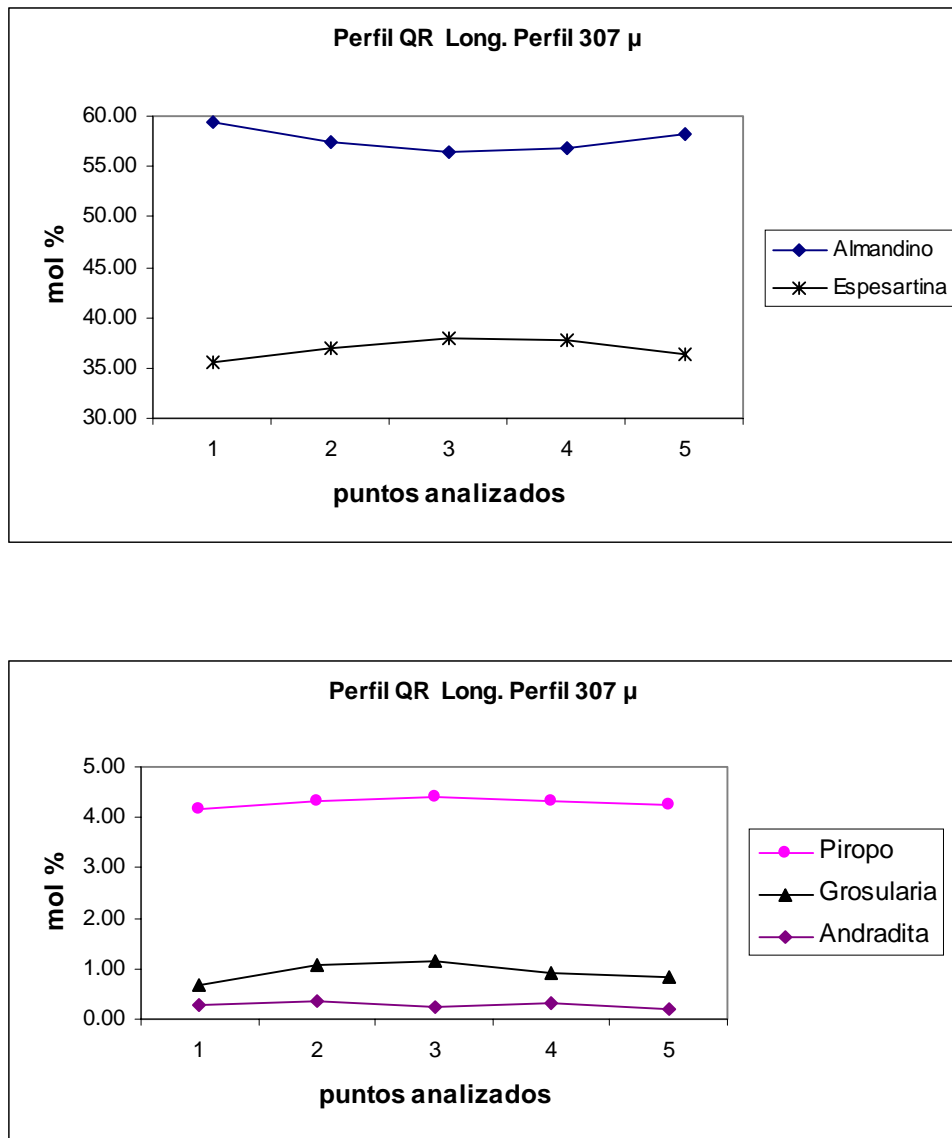


Fig. 5.24 La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina. El mayor contenido en Fe se ubica en los bordes y Mn en el núcleo. EDH 323 granito.

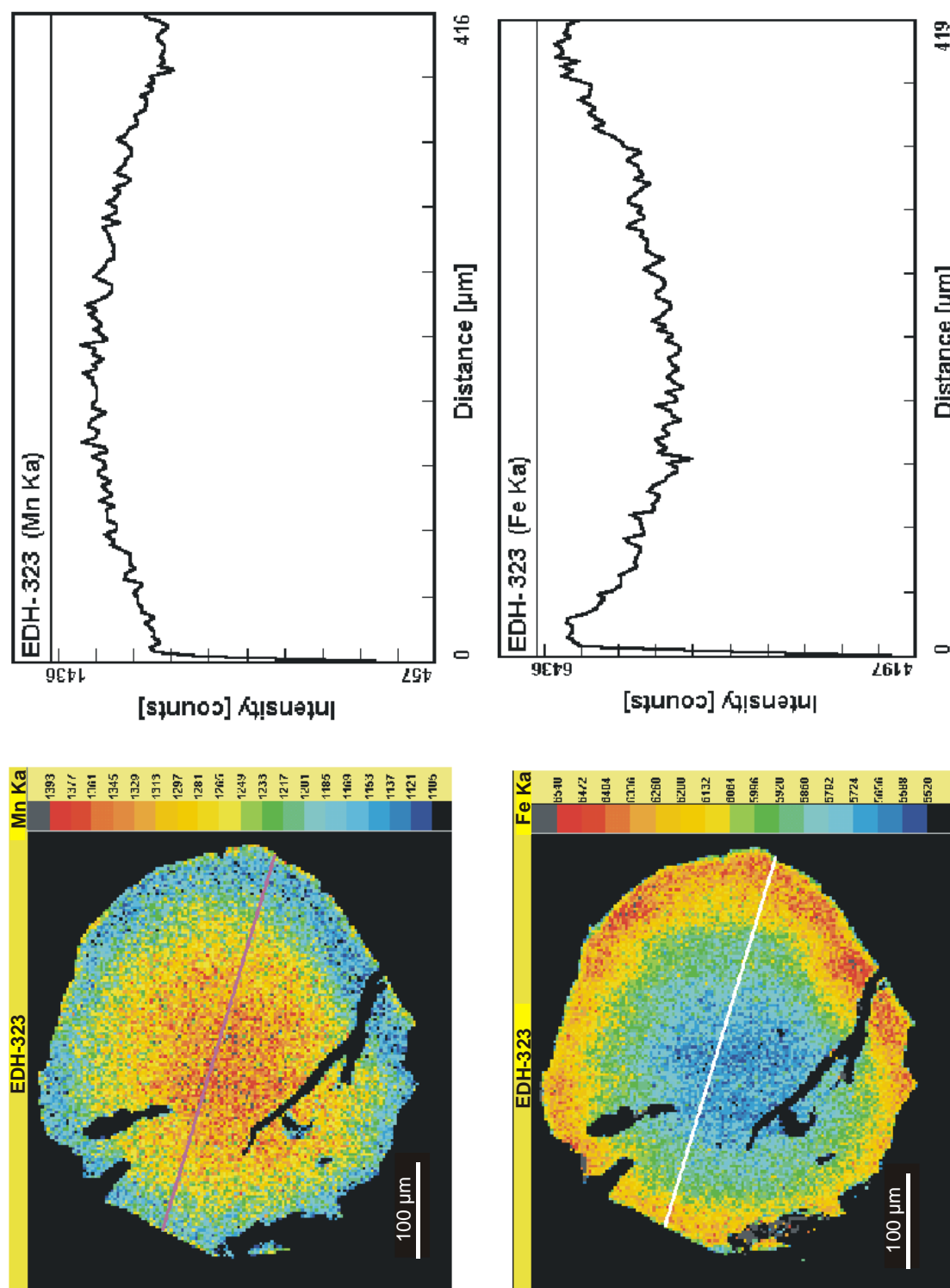


Fig. 5.25 Representación cualitativa de Fe y Mn en granate perteneciente al granito de EDH localizado en el sector sur. Los perfiles realizados muestran una zonación simétrica y de tipo normal.

En ETH se han analizado granates correspondiente al monzogranito foliado y a esquistos anfibólicos. En el primer caso los granates presentan un tamaño entre 0.2mm y 0.38 mm, de forma anhedral y se observa textura de reacción con la matrix que lo rodea, dentro de los cristales se encuentran inclusiones de cuarzo de 0.15 mm y biotita alterada a clorita de 0.10 mm de diámetro. La composición principal es almandino – espesartina de acuerdo a lo observado en los perfiles y el contenido en Fe es mayor en el núcleo respecto a los bordes, por lo que la zonación es de tipo reversa (*fig. 5.26 y 5.27*). La composición mineral es Alm₆₁₋₆₇ Espes₂₄₋₂₉ Pyr_{4,3-4,1}, y el contenido en MnO es de 9-12 % (*foto 5.9*).

En los esquistos anfibólicos el granate se presenta boudinado con un tamaño que varía entre 0.19 mm y 0.85 mm, de forma anhedral, se encuentra atravesado por venillas transgranulares de cuarzo, epidoto y calcita y otras de calcita sola. Como inclusiones aparece apatita, minerales opacos de 0.10 mm, cuarzo, y diópsido de 0.20mm, la zonación es no concéntrica. Posible efecto de difusión, se observan texturas de reacción con la pasta (*fig. 5.28 y 5.29*). La composición es Gros₅₄₋₅₈ And₃₆₋₃₉ Espes₂₋₃. Alm_{1,1-2,8} y el contenido en MnO es del 1%. A través de los diagramas de distribución de elementos realizados se identifica un tipo de zonación un tanto extraña no descrita en la bibliografía. Los granates presentan zonas en las cuales el contenido en Fe es bajo éstas zonas presentan una forma irregular. Más adelante se discutirá acerca de éste tipo de zonación (*fig. 5.30, foto 5.10*).

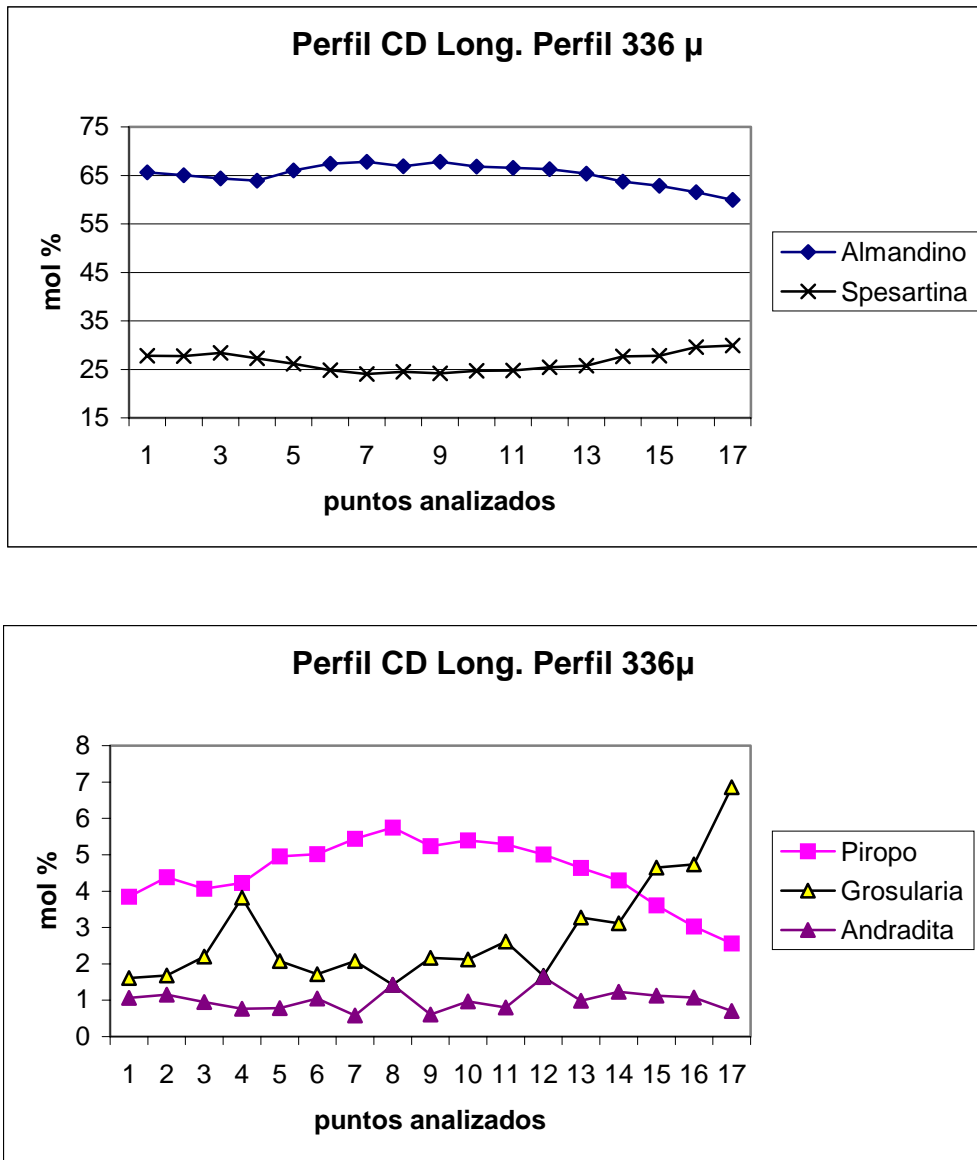


Fig. 5.26 -Granito de ETH (ETH-31) predominan el componente Almandino - Espesartina.

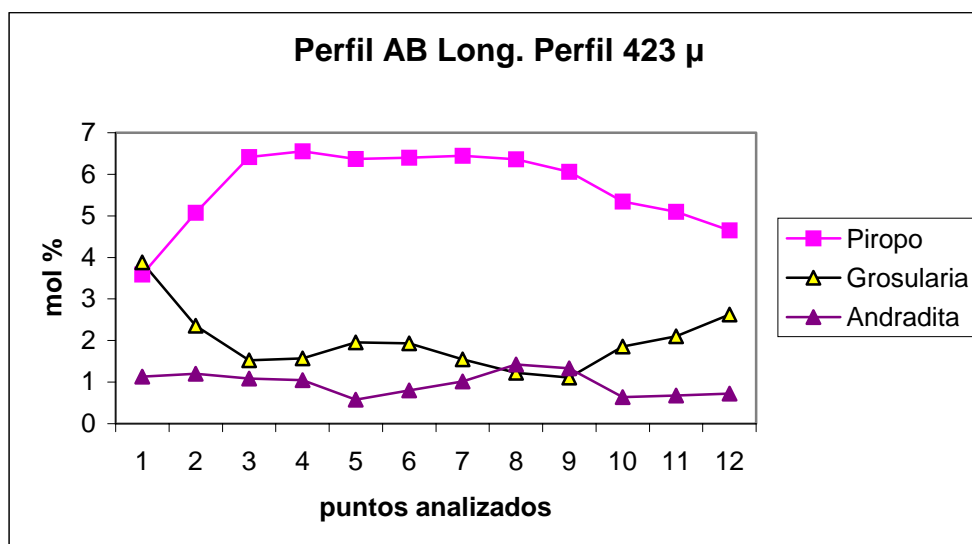
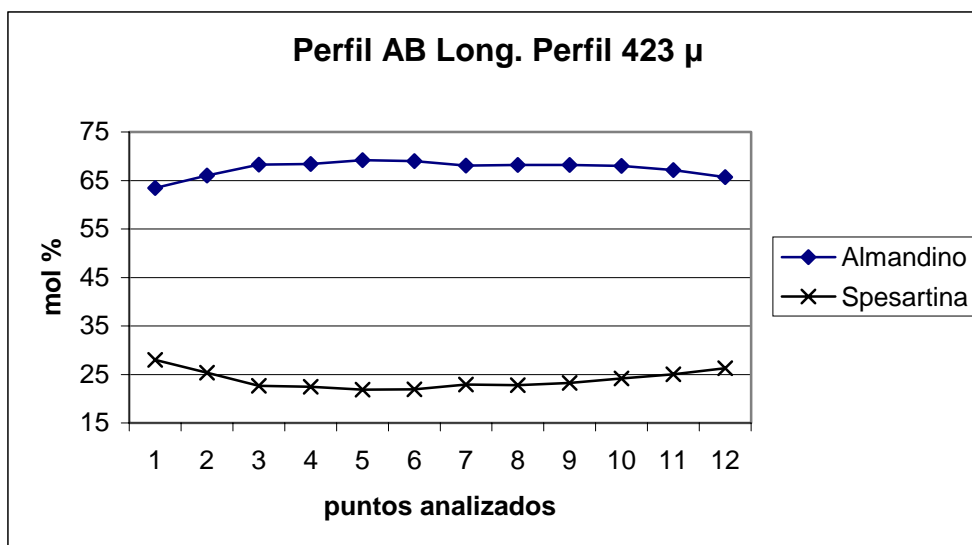


Fig. 5.27 - La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina y el mayor contenido en Fe se ubica en el núcleo del cristal. Granito ETH-31

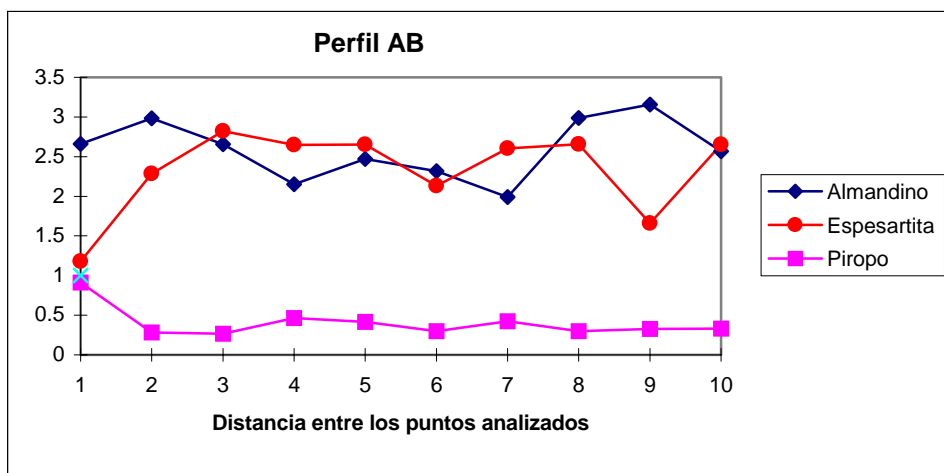
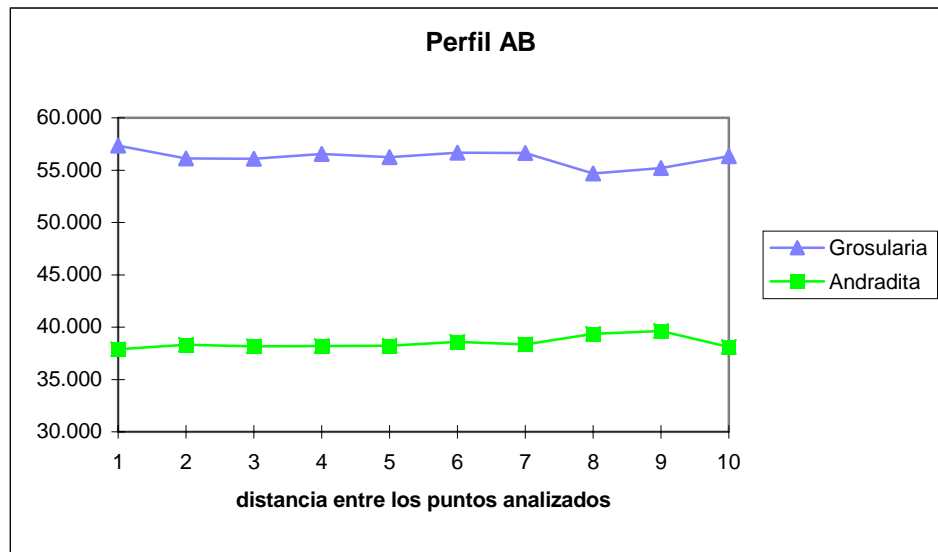


Fig. 5.28 En los granates pertenecientes a esquistos de ETH se observa que el componente principal de los granates lo constituye Grosularia - Andradita.

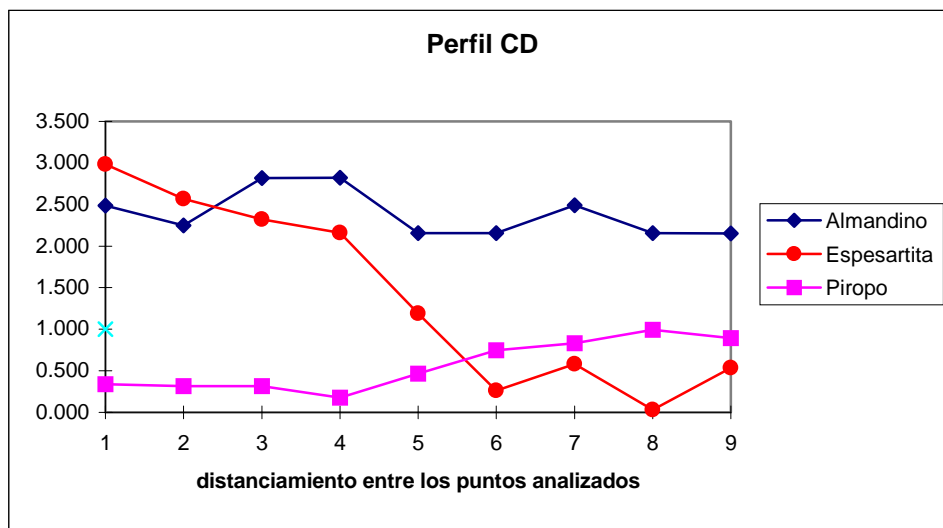
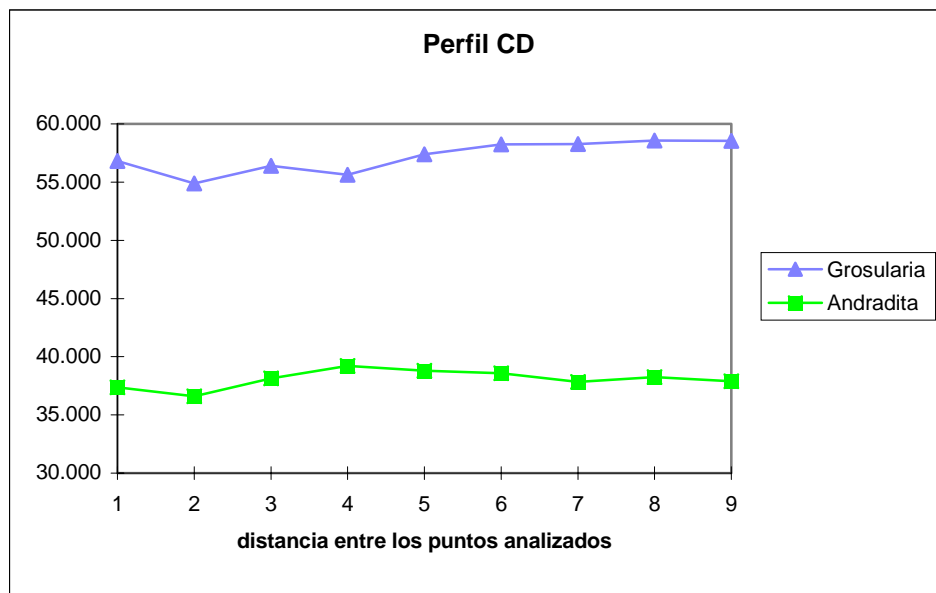


Fig. 5.29 En los granates pertenecientes a esquistos de ETH se observa que el componente principal de los granates lo constituye Grosularia - Andradita.

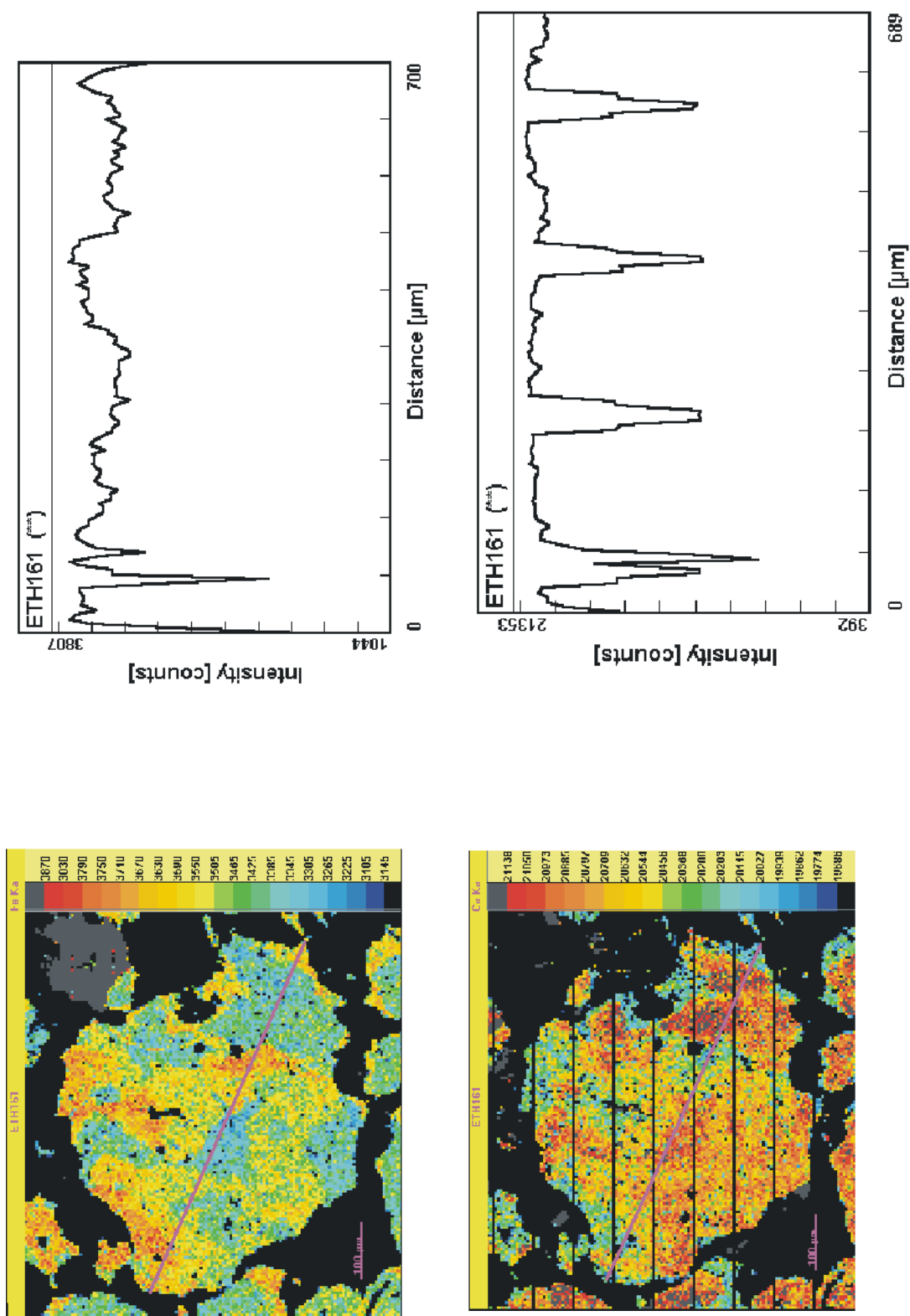


Fig. 5.30 Los granates presentan una zonación no concéntrica con zonas de bajo contenido en Fe y alto contenido en Ca. Esquisto anfibólico ETH-161.

En EES se reconoce para el Plutón El Sacrificio granates subhedrales a euhedrales de un tamaño de 180 μ a 450 μ libre de inclusiones. La composición principal es Almandino – Espesartina (*fig. 5.31*). La zonación es reversa y el ancho del borde rico en Mn es de 90 μ . Se encuentran muy fracturados y dichas fracturas presentan altos contenidos en Mg. Las fracturas se presentan en los perfiles de Intensidad versus distancia como picos de baja intensidad (*fig. 5.32*). La composición de los granates es Alm₆₄₋₆₅ Espes₂₇ Pyr₃₋₇ Gr₃₋₅, con un contenido en MnO entre 8-9% (*foto 5.11*).

El plutón El Sacrificio se encuentra cortado por diques leucocráticos los cuales presentan granates de un tamaño máximo de 2250 μ , anhedrales alterados a clorita y con inclusiones de apatita y cuarzo en el núcleo del cristal. La composición de los granates es Almandino – Piropo (*fig. 5.33*). La zonación es normal y el ancho de la zona rica en Fe es de 250 μ , (*fig. 5.34*). La composición es Alm₈₁₋₈₆ Pyr_{7.1-8.7} Espes_{3.7-7} Gr_{0.5-1.6}. El contenido en MnO varía entre un 2 y 3 %. Los granates presentan texturas de reacción con la pasta. Además se presentan granates de 150 μ de diámetro, euhedrales y sin inclusiones.

Para el granito biotítico se observan granates de un tamaño de 1663 μ , anhedrales alterados a clorita - calcita y con inclusiones de biotita y cuarzo. La composición principal es Almandino – Espesartina (*fig. 5.35*). La zonación es normal y la composición es Alm₆₄₋₆₈ Espes₁₄₋₂₂ Pyr₉₋₁₃ Gr_{0.9-3.4} (*fig. 5.36*). Presentan bordes de reacción en el contacto granate biotita y con la pasta, el contenido en MnO es de 6 a 9 %.

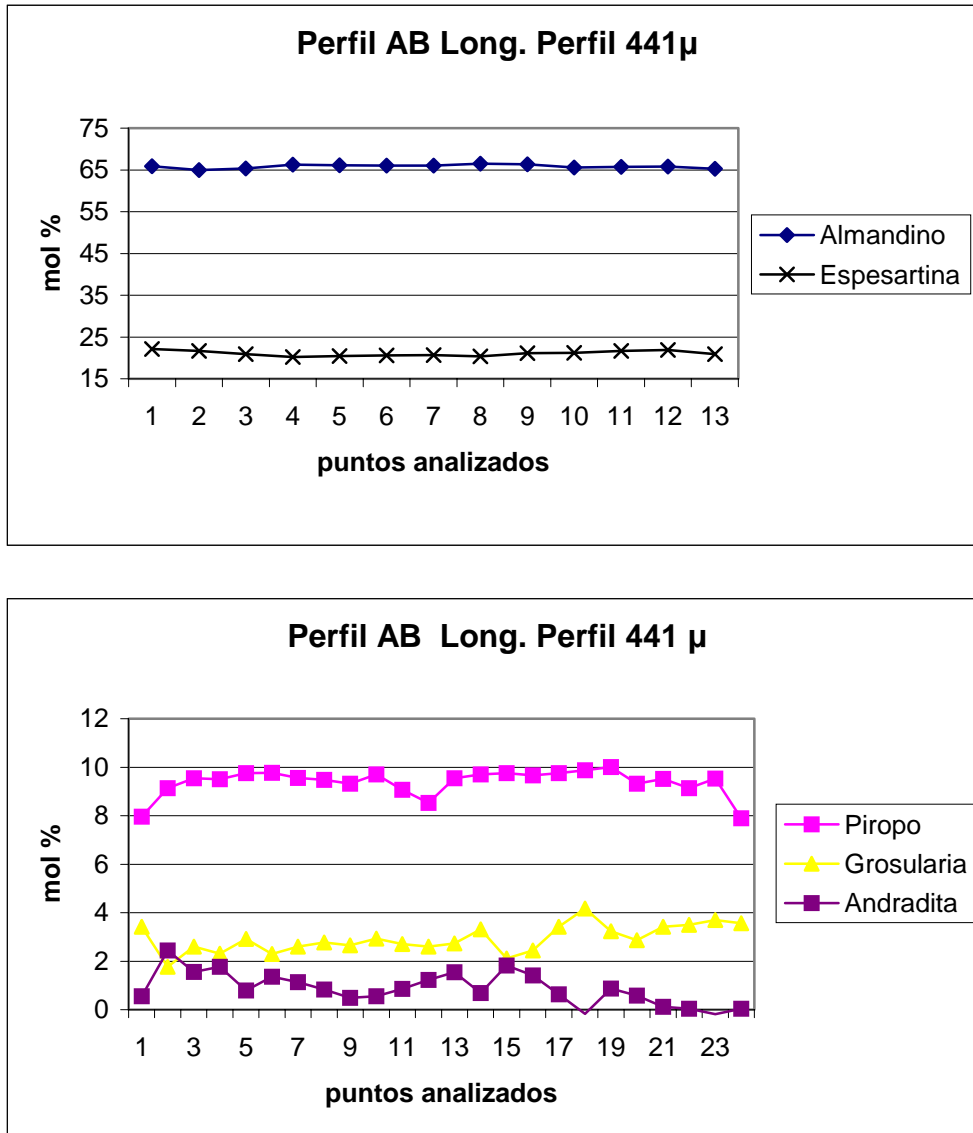


Fig. 5.31 - La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina y el mayor contenido en Fe se ubica en el núcleo del cristal. Granito EES-4

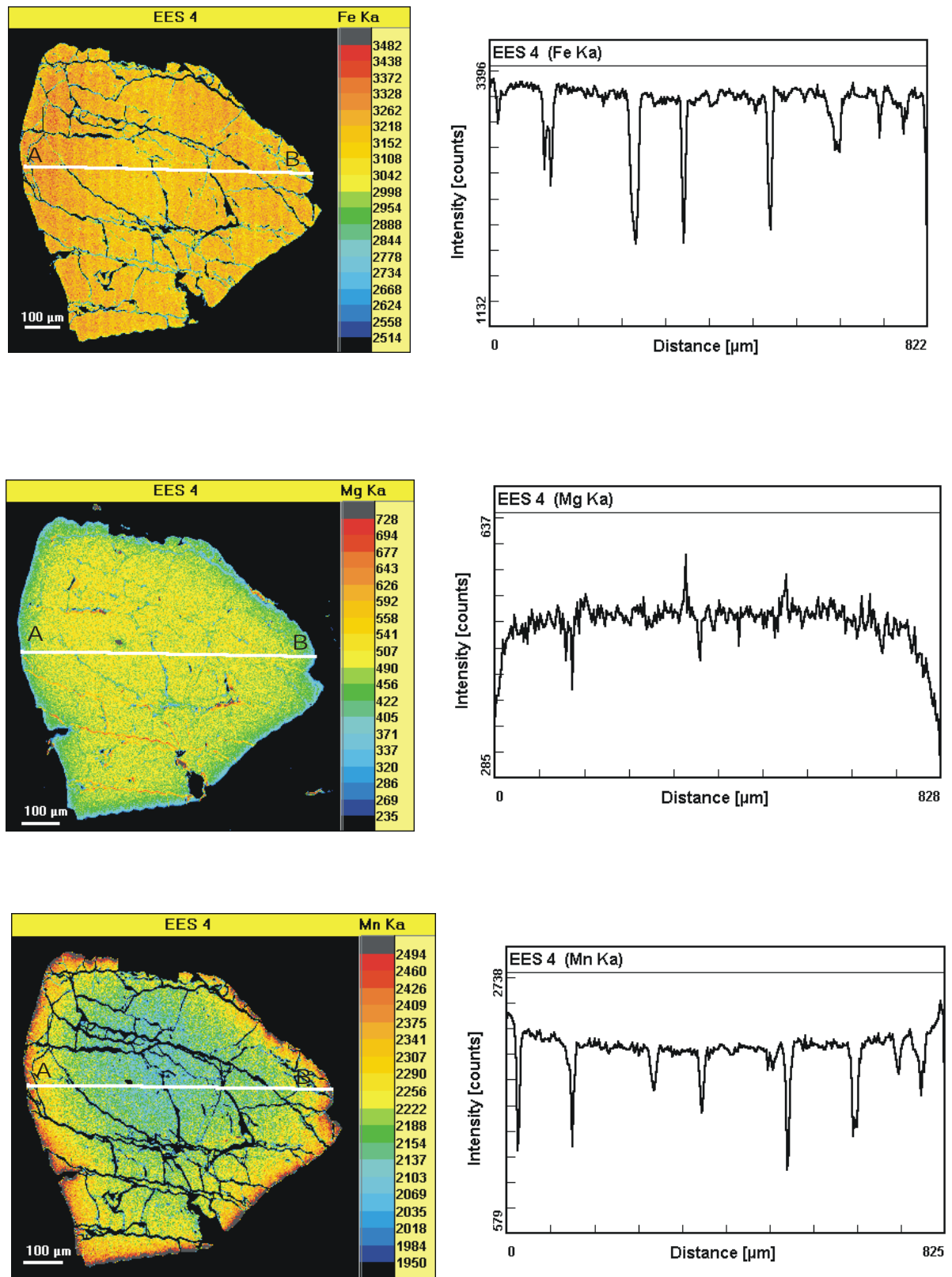


Fig. 5.32 . Diagrama de distribución de elementos perteneciente a grante de composición Almandino - Espesartina. La zonación es reversa y el ancho del borde rico en Mn es de 90μ. Granate perteneciente al grupo 1. EES-4

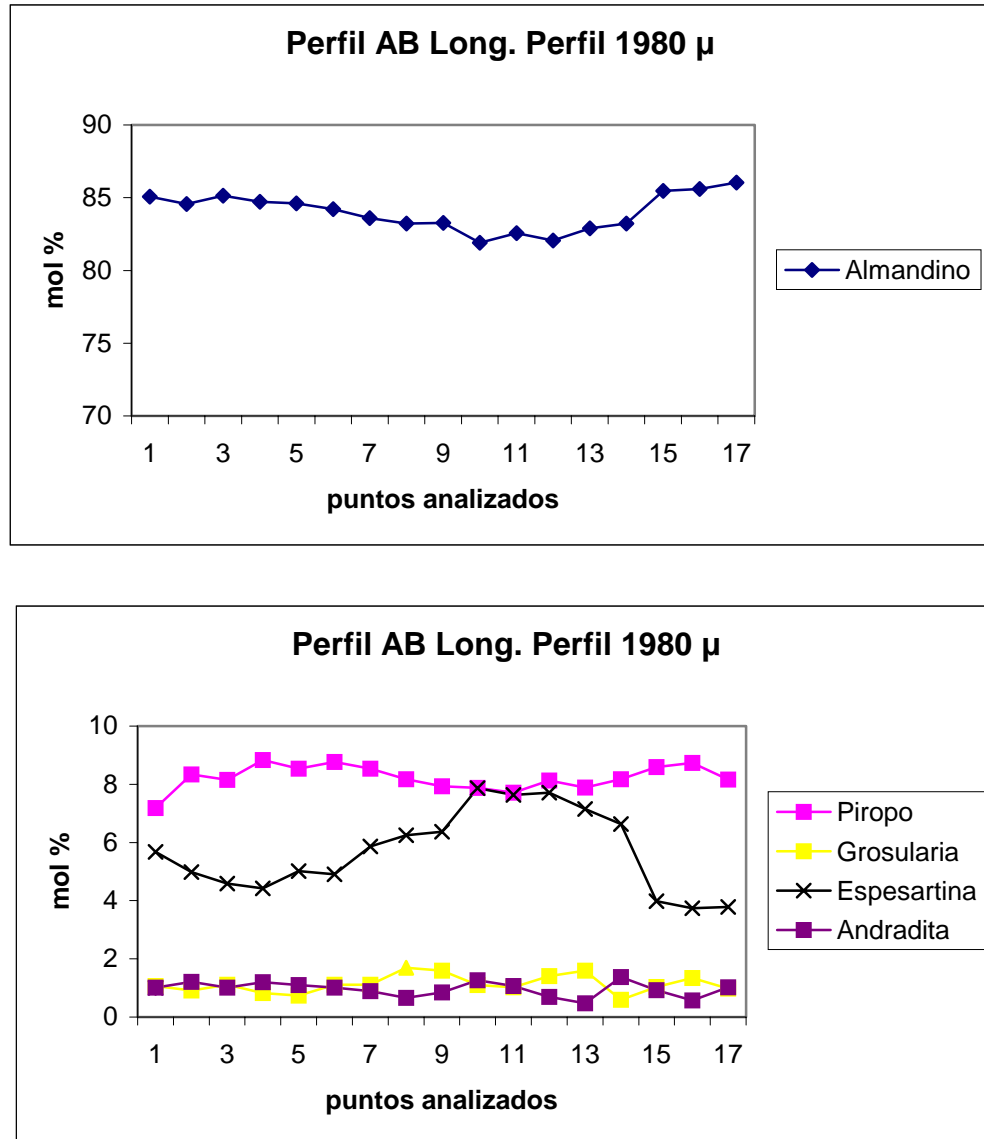


Fig. 5.33 - La composición principal de los granates es Almandino - Piropo - Espesartina y el mayor contenido en Fe se ubica en el borde del cristal. Granito EES-400

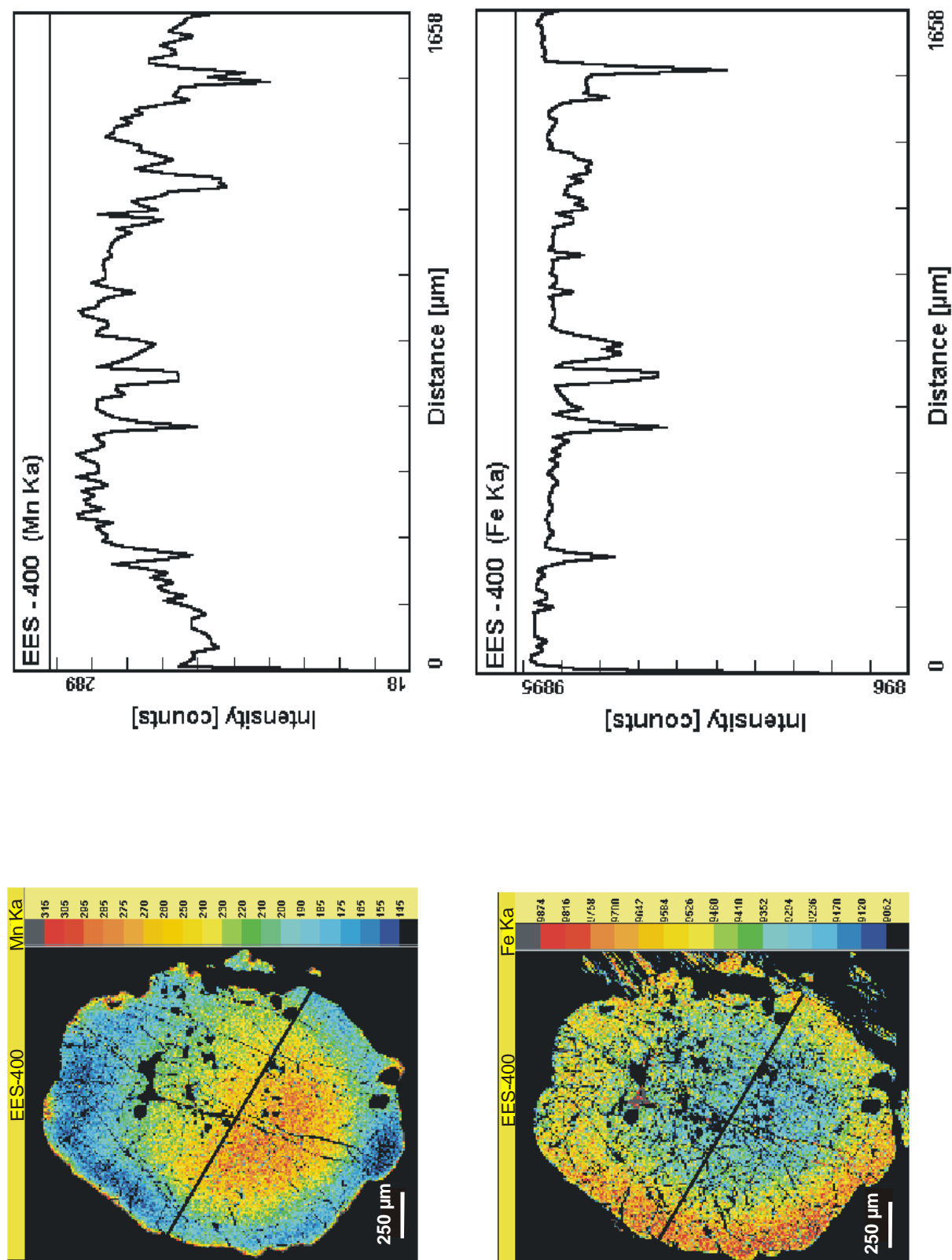


Fig. 5.34- Diagrama de distribución de elementos perteneciente a granate de composición Almandino - Piropo. La zonación es normal y simétrica. El ancho de la zona rica en Fe es de 250μ. EES-400

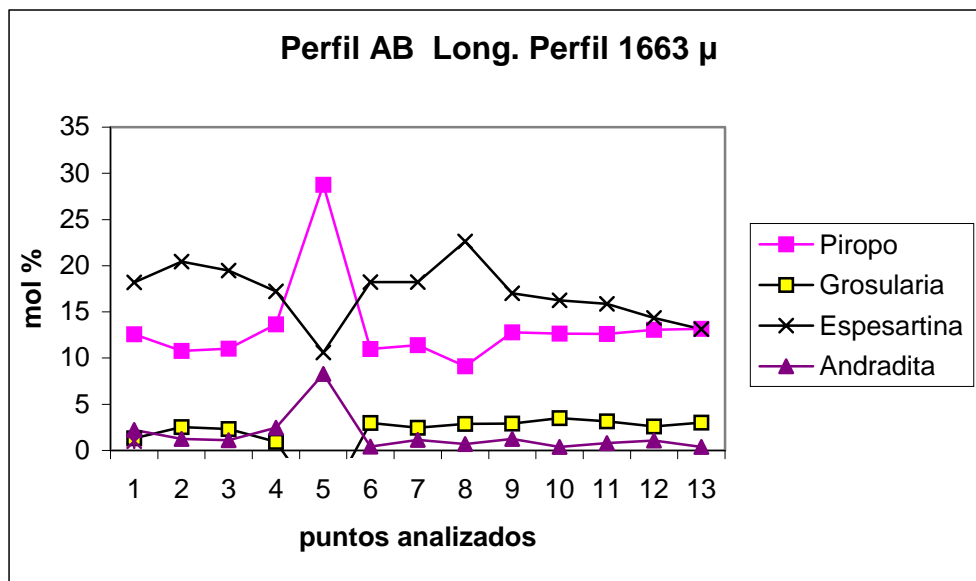
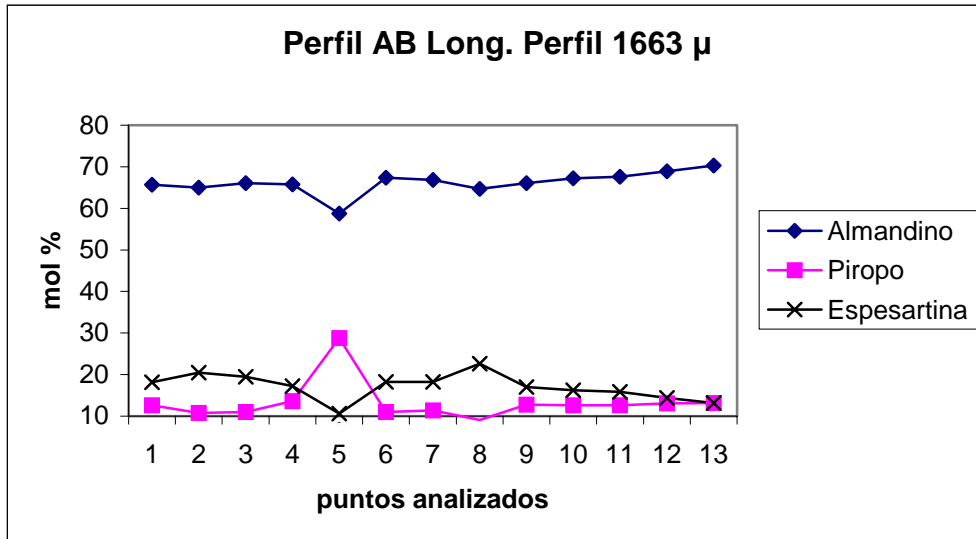


Fig. 5.35 - La composición principal de los granates es Almandino - Espesartina - Piropo y el mayor contenido en Fe se ubica en el borde del cristal. Granito EES-90

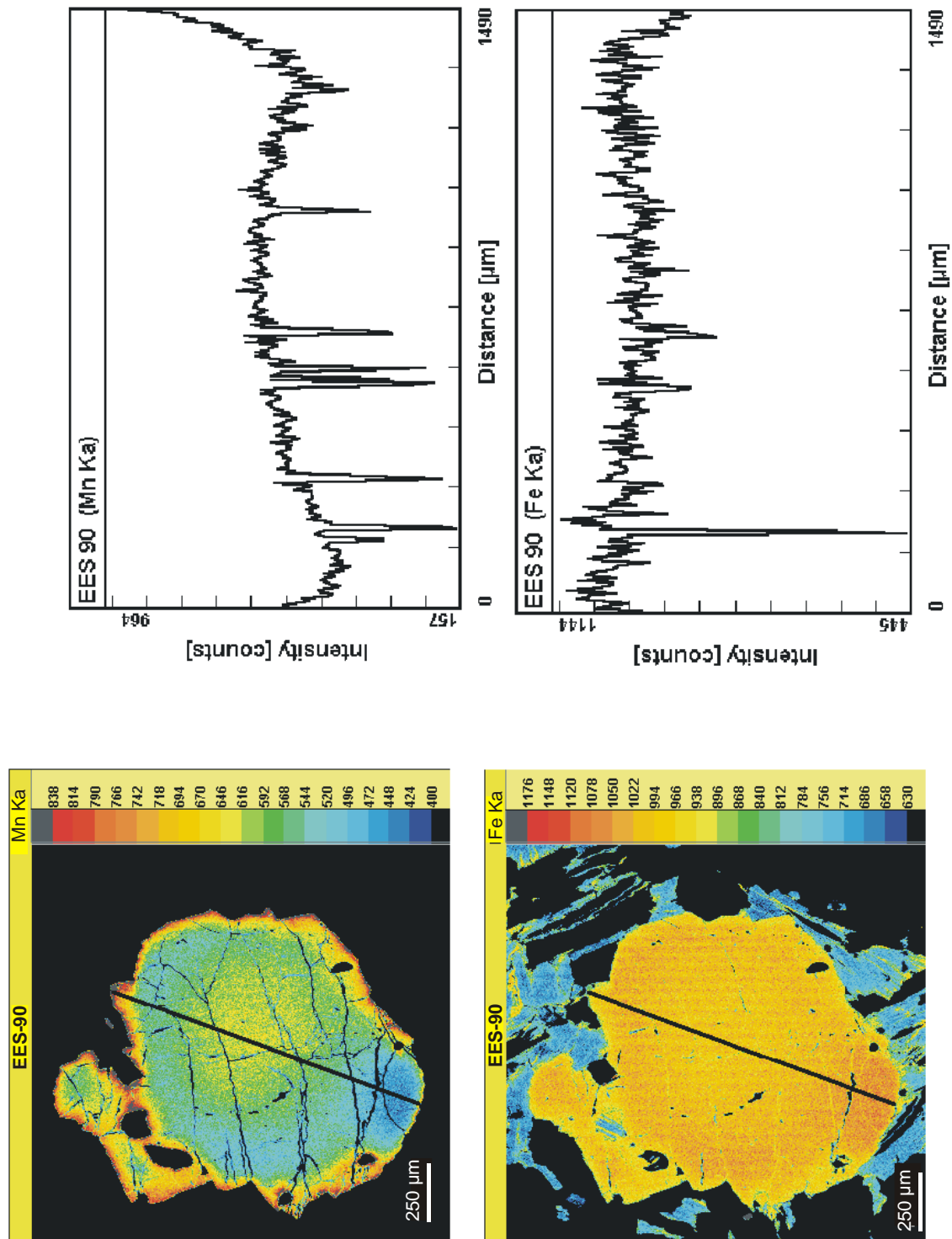


Fig. 5.36- Diagrama de distribución de elementos perteneciente a grante de composición Almandino - Espesartina - Piropo. La zonación es normal. Granito EES-90

5.5.3 Zonación en Granates

La zonación química es definida como la variación espacial en la composición de los minerales. Algunos autores han sugerido que la zonación es una característica intrínseca del mecanismo de crecimiento de los granates y es controlada por la difusión de iones en el núcleo del granate, donde el volumen alrededor de cada granate disminuye rápidamente en elementos tales como Mn el cual es preferencialmente incorporado dentro del granate. Ese elemento es incorporado cerca del centro del granate y disminuye radialmente su concentración hacia el borde, resultando en un recíproco incremento en el contenido en Fe y Mg de acuerdo al requerimiento de la fórmula del granate.

Los granates muestran comunmente una zonación composicional, la cual resulta de la lenta difusión que ocurre en éste. La difusión de cationes divalentes en granates es insignificante bajo condiciones de medio a bajo grado, de tal manera que el núcleo del granate está aislado de la matrix de la roca, pero éste efecto puede ser importante como para alcanzar la composición homogénea en equilibrio, a alto grado. Es posible distinguir dos tipos distintos de pattern de zonación:

Zonación por crecimiento, en el cual el crecimiento del granate no homogeneiza la composición en su interior, pero adiciona sucesivas capas de material cuya composición refleja procesos ocurridos en la matrix de la roca. Este tipo de granates tienden a tener núcleos ricos en Mn y/o Ca, es encontrado en granates que han crecido a temperaturas inferiores a 650°C.

Zonación por difusión, en el cual la composición del granate preexistente es modificada por intercambio con la matrix de la roca, y el gradiente composicional es congelado antes de que una nueva composición puede ser archivada. El resultado es un granate con bajo contenido en Mg, y comúnmente también con borde enriquecido en Mn. Este tipo es encontrado en granates que han experimentado una temperatura mayor a 600°.

De acuerdo a la descripción presentada se pueden establecer 3 grupos texturales de granate en base al tamaño de los cristales, forma, contenido en inclusiones, relación textural con la biotita, contenido en MnO, tipo de zonación y composición (*fig. 5.47*).

El *grupo 1* se caracteriza por ser cristales euhedrales a subhedrales, con un tamaño de 0.18 mm a 0.9 mm, libres de inclusiones, cuya composición principal es almandino-espesartina, de zonación reversa y con un contenido en MnO entre 8-11% en peso. Plutón El Sacrificio (*foto 5.12 al 5.14*) y granito de ETH (*foto 5.15*). Así mismo se incuye dentro de éste grupo a granates que se caracterizan por presentar cristales euhedrales, con un tamaño de 0.27 mm a 0.80 mm, libre de inclusiones, la composición principal es almandino - espesartina, la zonación es normal y el contenido en MnO es de 18-20 % en peso. Granates presentes en los granitos de EDH (*foto 5.24 a la 5.28*).

El grupo 2 se caracteriza por cristales anhedrales a subhedrales, con un tamaño de 1mm a 2.25mm, con inclusiones de apatita – cuarzo - biotita reemplazada por clorita - muscovita reemplazada por clorita, la composición es almandino - espesartina y almandino - piropo, zonación normal y un contenido en MnO de 2-9 % en peso. Granates perteneciente a un granito de EES se observan en las fotos, *foto 5.16 a la 5.20* y granates pertenecientes al plutón granítico biotítico localizado en EES se observa en la foto, *foto 5.21*.

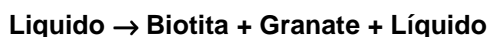
El grupo 3 se caracteriza por cristales anhedrales, con un tamaño de 0.20 mm a 1 mm, con inclusiones de apatita – cuarzo - minerales opacos - diópsido, la composición principal es Grosularia - Andradita, zonación normal y un contenido en MnO de 2-9 % en peso. Granates pertenecientes al esquisto verde de ETH se observan en las fotos, *foto 5.22 - 5.23*.

5.5.4 Origen de los granates

Los granates son minerales minoritarios pero comunes en granitos peraluminosos (Clarke 1981). Su origen ha sido discutido en diversa bibliografía. Estos son interpretados como fase premagmática (Chapell & White, 1974; Green, 1977; Bellieni et al., 1979), como xenocristales o residuos derivados de asimilación parcial de rocas o como producto de cristalización magmática primaria (Miller & Stoddard, 1981; Hentschke, 1987; Du Bray, 1988; Harrison, 1988; Anderson & Rowley 1981, Manning 1983, Hentschke 1987, Bray 1988), o como producto de magmas graníticos a niveles profundos de la corteza (Miller & Stoddard, 1981). Post magmático, con origen hidrotermal o metasomático (Kontay & Corey, 1988; Puziewicz 1990).

5.5.4.1 Granates magmáticos

Los granates correspondientes al Plutón El Sacrificio son pequeños menos de 2 mm generalmente de forma subhedral a euhedral lo que sugiere un equilibrio con el magma granítico. Los granates coexisten con biotita y muscovita y están libres de inclusiones. Estos son soluciones sólidas entre almandino (Fe-Al) y espesartina (Mn-Al). No se observan evidencias texturales que sugieran que el granate se forma por una reacción de consumición de biotita de acuerdo a Allan & Clarke (1981). La siguiente reacción puede haber tomado lugar antes que la temperatura del solidus fuera alcanzada:



El contenido en MnO es moderado, varía entre 8 y 11% en peso. El contenido en espesartina es > al 10 % y para ese rango se considera normalmente magmático según Miller & Stoddard (1978). Presentan una zonación reversa con enriquecimiento de Fe en el núcleo y enriquecimiento de Mn en los bordes. Esta zonación reversa en granates es característica en cristales que crecen bajo condiciones de temperatura decreciente en el magma silíceo o durante un metamorfismo retrógrado, donde el campo de estabilidad del granate es expandido de acuerdo al aumento en el contenido de Mn (Green 1977, Meyer & Vennum 1979).

El pequeño tamaño de los cristales y la pobre forma subhedral presentada en una de las variedades de éste plutón implica una cristalización relativamente tardía en el proceso de solidificación.

De acuerdo a los puntos discutidos en éste texto se considera un origen magmático para los granates presentes en el plutón El Sacrificio y para los granates correspondientes al granito de ETH los cuales corresponden al grupo 1 de acuerdo a la clasificación establecida en éste trabajo para granates.

Respecto a los granates pertenecientes a los granitos 50 y 323 de EDH, no es muy claro a que grupo pertenecerían ya que presentan todas las características texturales y composicionales típicas para granates magmáticos pero el tipo de zonación presente indica que han crecido en condiciones de progrado. Tentativamente se los ubica dentro del grupo 1 como granates magmáticos pero el tipo de zonación presente se la interpreta como zonación por crecimiento.

5.5.4.2 Granates Metamórficos

Los granates metamórficos presentan un tamaño variado de 0.20 mm a 0.8 mm, son anhedral, de composición almandino – espesartina y grosularia – Andradita con núcleo enriquecido en almandino y grosularia y bordes enriquecidos en espesartina y andradita, lo que es considerado una zonación normal (Deer *et al.* 1982). Presentan abundantes inclusiones de cuarzo, apatita, opacos, diópsido y de un 1 a un 3 % en peso de MnO. Se observan evidencias de reacción entre biotita y granate y entre granate y la matrix que lo rodea.

5.5.4.3 Proceso de difusión

La difusión toma lugar en granates de alto grado y elimina la zonación que desarrollaron originalmente los granates durante el crecimiento. El cambio en la zonación de los granates puede ser usada para definir una isógrada, la cual no es muy sensible a la composición o al metamorfismo. Granates de alto grado que han sido homogeneizados por difusión a menudo muestran variaciones composicionales en el borde del cristal que son atribuidas a efectos retrógrados. Los granates homogeneizados por difusión comúnmente tienen un margen rico en Mn y eso es interpretado como un fenómeno retrógrado como en el caso del monzogranito de ETH. De ahí que la composición del núcleo de éstos cristales representa la temperatura mas alta de equilibrio. Este proceso de difusión ocurre a partir de una temperatura de 600°C según Yardley (1977) que coincide con la temperatura obtenida en base al geotermómetro granate-biotita según Ferry & Spear (1978) y Perchuk & Lavrent'eva (1983), ver capítulo 6. Este proceso actuaría en los granates pertenecientes al *grupo 3* y posiblemente en el granate del granito de ETH.

Para los granates pertenecientes al esquistos anfibólico de ETH se observa una zonación no concéntrica, la cual podría ser producto del proceso de difusión pero seguramente no es el producto de un crecimiento normal del cristal, como ya se expuso anteriormente la difusión se activa a una temperatura de 600° C y los datos de geotermometría Granate – Clinopiroxeno según Raheim & Green (1974), indicarían una temperatura de alrededor de 600° C (ver capítulo 6).

5.5.4.4 Xenocristales de Granate

Los granates localizados en diques graníticos que cortan al plutón El Sacrificio y aquellos localizados en el granito biotítico presentan una forma anhedral, la irregularidad de los bordes indicaría una ineficiencia para alcanzar el equilibrio químico. Estos cristales se caracterizan por presentar una textura poiquilítica con abundantes inclusiones, entre ellas: muscovita alterada a clorita, apatita, cuarzo, biotita alterada a clorita y calcita. Algunas de ellas son localizadas en el núcleo del cristal y en otras variedades de granito en el borde del cristal de granate, siendo éstas más características para un crecimiento en el estadio sólido que como crecimiento a partir de un magma silíceo. Presentan un bajo contenido en MnO entre un 2 y 3 % en peso en una variedad de roca y en otra de un 6 a un 9 % en peso, éste contenido no es característico de granates magmáticos según Miller & Stoddard (1978).

Ambas variedades presentan una zonación normal que según Green (1977) sería un rasgo considerado característico de un metamorfismo progresivo. Se observa un borde de reacción en el contacto biotita granate el cual tiene unos 0.20 mm de ancho lo que sugiere que no estuvieron en equilibrio con el magma al tiempo de la intrusión. De acuerdo a lo expuesto se sugiere que éstos granates correspondientes al *grupo 2* se formaron en una aureola termal metamórfica y que fueron incorporados como xenolitos los cuales posteriormente sufrieron una asimilación parcial del magma, durante éste período de asimilación desarrollaron dichas texturas de reacción con la biotita lo que asegura su preservación como xenolito inequilibrium en el magma granítico.

	Tamaño	Forma inclusión	Alteración	Inclusión	Tipo zonac. (Manning 1983)	Composición	Muestra
Grupo 1 Magma	180µ - 900µ	euahedral a subhedral			borde: Mn+ núcleo: Fe+ zonac. reversa	Alm ₆₄₋₆₅ Spes ₂₂₋₂₇ Pyr ₃₋₇ Gr ₃₋₅ MnO 8-11 %	EES-4 EES-5
	200µ - 340µ	anhedral	óxidos	qz - bi (cl)	borde: Mn+ núcleo: Fe+ zonac. reversa	Alm ₆₁₋₆₇ Spes ₂₄₋₂₉ Pyr ₃₋₅ MnO 9 -12 %	ETH-31
	385µ - 800µ	euahedral abundante	cl. reacc. con qz	qz (poco abundante)	borde: Fe+ núcleo: Mn+ zonac. normal	Alm ₄₇₋₅₃ Spes ₄₅₋₄₉ Pyr _{1.1-1.9} MnO 18-20 %	EDH-50 EDH-323
Grupo 2 Metamórf xenocristales	1980µ 2250µ	anhedral a subhedral	cl.	mu(cl)-ap-qz Bi(cl)	borde: Fe+ núcleo: Mn+ zonac. normal	Alm ₈₁₋₈₆ Pyr _{7.1-8.7} Spes _{3.7-7} Gr _{0.5-1.6} Alm ₆₄₋₆₈ Spes ₁₄₋₂₂ Pyr ₉₋₁₃ Gr _{0.9-3.4} MnO 2 - 9 %	EES-400 EES-90
Grupo 3 Metamórf	190µ - 1000µ	anhedral subhedral	venillas de qz y calcita	ap-opacos- qz-epid.-diop	borde: Fe+ núcleo: Ca+ zonac. normal	Gros ₅₄₋₅₈ Andr ₃₆₋₃₉ Spes ₂₋₃ Alm _{1.1-2.8} MnO 1 %	ETH-161

Fig. 5.37 Diagrama de clasificación de granates de acuerdo al tamaño, forma, inclusiones, composición química y tipo de zonación.

5.5.5 Electron Backscatter Diffraction (EBSD) en granates de ETH

En el presente trabajo se han investigado los granates presentes en los esquistos anfibólicos correspondientes a ETH. Este es un trabajo de correlación entre la zonación composicional reconocida en granate a través de la microsonda electrónica y la orientación cristalográfica en las respectivas zonas identificadas anteriormente. El método utilizado es un método de investigación nuevo (1999) que se encuentra en etapa experimental en éste momento en la Ruhr Universidad de Bochum.

En la descripción detallada que se ha realizado anteriormente sobre los granates se ha hecho mención de un tipo de zonación no concéntrica y zonal. Estas zonas presentan una forma irregular con un alto contenido en Mg y bajo contenido en Fe (*fig. 5.30*). El método de EBSD se ha empleado con la finalidad de explicar el porque del tipo de zonación química poco frecuente que presenta el granate constituyente de los esquistos anfibólicos de ETH y ver si ésta zonación química tiene alguna relación con la orientación cristalográfica del granate. Y de ésta manera aproximarnos a la interpretación genética.

De las mediciones realizadas se ha obtenido datos de la orientación individual del cristal, imágenes de contraste de orientaciones (*fig. 5.38*), identificación de límites de grano, posteriormente se han representado las texturas cristalográficas a través de figuras estereográficas.

Primeramente se han realizado 77 mediciones manuales en cada zona definida a través de la microsonda electrónica y de esas zonas se han obtenido valores de orientación cristalográfica. Dentro del cristal se pudo diferenciar límites de grano debido a que la diferencias angulares obtenidas entre cada zona eran inferiores a 5° se interpreta que se tratan de "low angle grain boundary". Pero en ningún caso se encontró ángulos mayores a 15° que indicaran un limite entre dos granos distintos. Posteriormente se realizó un imagen de contraste de orientaciones y las orientaciones obtenidas se representaron en proyecciones estereográficas. Los planos elegidos para su representación fueron el (111) y (100) (*fig. 5.38*). En la imagen de contraste se reconoció dos orientaciones cristalográficas diferentes cada una de ellas representada por un color distinto (azul y verde). En base a éstos resultados se cree que la distribución en la composición química se ve parcialmente reflejada en una distribución de orientaciones cristalográficas. Pero debido a que los ángulos medidos entre las respectivas zonas no superan los 5 ° no se puede hablar de diferentes núcleos de crecimiento del granate sino que se trata de un único cristal con una única orientación cristalográfica y con la presencia de subgranos. Respecto al porqué de la zonación queda descartado que se traten de diferentes núcleos de crecimiento y lo que se considera posible es de que el granate haya crecido a partir de biotita y que ésta biotita haya estado zoneada o quizás con inclusiones de ilmenita y que a partir de éste cristal original inhomogéneo se haya formado el granate y por ese motivo se presenta igualmente inhomogéneo.

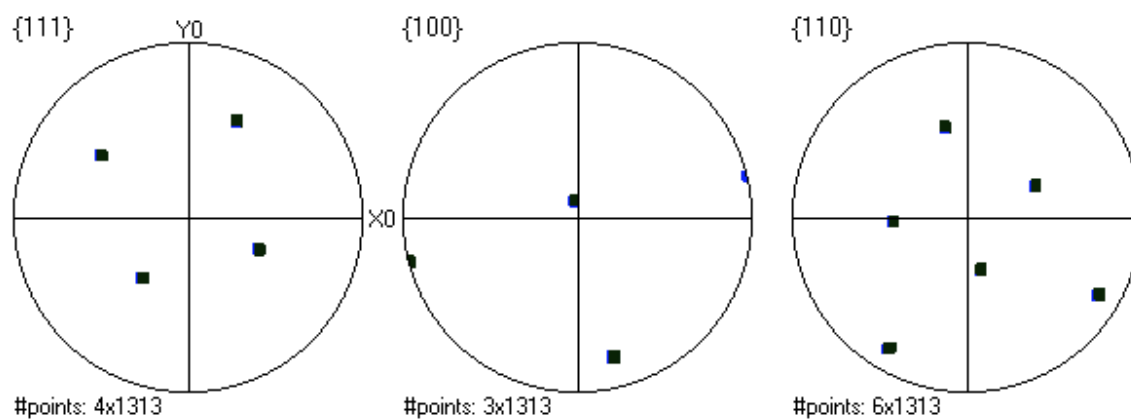


Fig. 5.38 Imagen de contraste de orientaciones representada por dos colores el azul y verde para el granate de ETH. Debajo se ubican los diagramas de polos del eje $\langle c \rangle$ en granate. Los planos elegidos para su representación fueron el (111), (100) y (110).

5.5.6 Resumen

Se pueden reconocer 3 grupos de granates:

El **grupo 1** corresponde a los granates de origen magmático. Se caracteriza por ser cristales euhedrales a subhedrales, con un tamaño de 0.2 mm a 1 mm, libres de inclusiones, cuya composición principal es almandino-espesartina, de zonación reversa y con un alto contenido en MnO. Dentro de éste grupo se incluyen el plutón el Sacrificio y el granito de ETH. Otro tipo de granate que se incluye dentro de éste grupo es aquel que se caracteriza por cristales euhedrales, con un tamaño de 0.30 mm a 0.80 mm, libre de inclusiones, la composición principal es almandino - espesartina, la zonación es normal y el contenido en MnO es de 18-20 % en peso. Corresponden a éste grupo granates presentes en los granitos de EDH. Se interpreta que éstos granates son de origen magmático a igual que los del grupo 1 a pesar de que presentan una zonación normal y un contenido en MnO mucho mayor a los otros granates magmáticos. Pero en cuanto a su distribución en la roca es muy homogénea y la composición es la misma que en los granates magmáticos del grupo 1. El porque de la zonación normal pueda estar relacionado con la composición química de la roca pero el tipo de zonación presente se la interpreta como zonación por crecimiento. Estos granates son de origen magmático.

El **grupo 2** se caracteriza por cristales anhedrales a subhedrales, con un tamaño de 1mm a 2.50 mm, con inclusiones de apatita – cuarzo - biotita reemplazada por clorita - muscovita reemplazada por clorita, la composición es almandino - espesartina y almandino - piropo, zonación normal y un contenido en MnO de 2-9 % en peso. Dentro de éste grupo se incluyen granates perteneciente a un dique granítico de EES y granates pertenecientes al plutón granítico biotítico localizado en EES. Estos granates se interpretan como xenocristales, que fueron asimilados por el magma.

El **grupo 3** se caracteriza por cristales anhedrales, con un tamaño de 0.1 mm a 1 mm, con inclusiones de apatita – cuarzo - minerales opacos - diópsido, la composición principal es grosularia - andradita, zonación normal y un contenido en MnO de 2-9 % en peso. En éste grupo se incluyen los granates pertenecientes a los esquistos anfibólicos de ETH. Este tipo de granates se interpreta como de origen metamórfico y se considera que éstos han crecido a partir de biotita. Debido a la zonación química inhomogénea que presentan se cree que la biotita ha estado zoneada o quizás con inclusiones de ilmenita y que a partir de éste cristal original inhomogéneo se ha formado el granate.

5.6 Piroxeno

Se han realizado 20 análisis de piroxenos, éste aparece solo en esquistos anfibólicos de ETH. Estos aparecen formando paragénesis con (*foto 5.28*):

cuarzo+plagioclasa+hornblenda+biotita+granate+epidoto+titanita+apatita+minerales opacos

Las investigaciones de la química mineral en minerales del basamento metamórfico dan una estimación acerca de las condiciones de presión a la que fueron sometidas dichas rocas. La coexistencia de clinopiroxeno con granate en esquistos de ETH fue también analizada para determinar la temperatura de equilibrio en el momento del intercambio catiónico. Los perfiles realizados a través de los cristales de diópsido muestra que variaciones presenta desde el núcleo al borde del cristal. La normalización fue realizada en base a 4 cationes y 6 oxígenos. Los datos con sumas de óxidos menores a 99 % y mayores a 101 fueron descartados. Los análisis representativos de los piroxenos investigados se presentan en el *Anexo II e*.

La fórmula general de los piroxenos es:



en donde

M2 es la coordinación octaédrica distorsionada

M1 es la coordinación octaédrica regular

T coordinación tetraédrica

Para clasificar piroxenos se ha seguido la nomenclatura de Morimoto 1988. En este procedimiento se clasifica usando el número total de cationes en la posición M (M1+M2) basado en 6 oxígenos. El número de Ca, Mg y Fe^{2+} y Na son plotados en la posición M en el diagrama Q - J (*fig. 5.39*).

$$Q = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$$

$$J = 2\text{Na}$$

Las líneas presentes en el diagrama representan las siguientes ecuaciones:

- 1) $Q+J=2$
- 2) $Q+J=1.5$
- 3) $J/(Q+J)=0.2$

$$4) J/(Q+J)=0.8$$

En el diagrama se observa que todos los piroxenos caen dentro del campo (Quad) "Piroxenos cuadrilaterales" el cual representa los piroxenos ricos en Ca-Mg-Fe. Los piroxenos cuadrilaterales forman un amplio rango de soluciones sólidas y pueden ser expresados a través del sistema:



Los piroxenos ricos en Ca-Mg-Fe son definidos también en base a la simetría y cantidades relativas de CaSi_2O_6 (Wo), MgSi_2O_6 (Enstatita), $\text{Fe}_2^{2+}\text{Si}_2\text{O}_6$ (Ferrosilita). Los rangos composicionales se indican en la (fig. 5.40) donde la composición es normalizada a $\text{Ca} + \text{Mg} + \Sigma\text{Fe} = 100$ con $\Sigma\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+}$.

5.6.1 Conclusiones

De los gráficos se concluye que es un solo tipo de piroxeno presente en los esquistos de ETH y el piroxeno es diópsido.

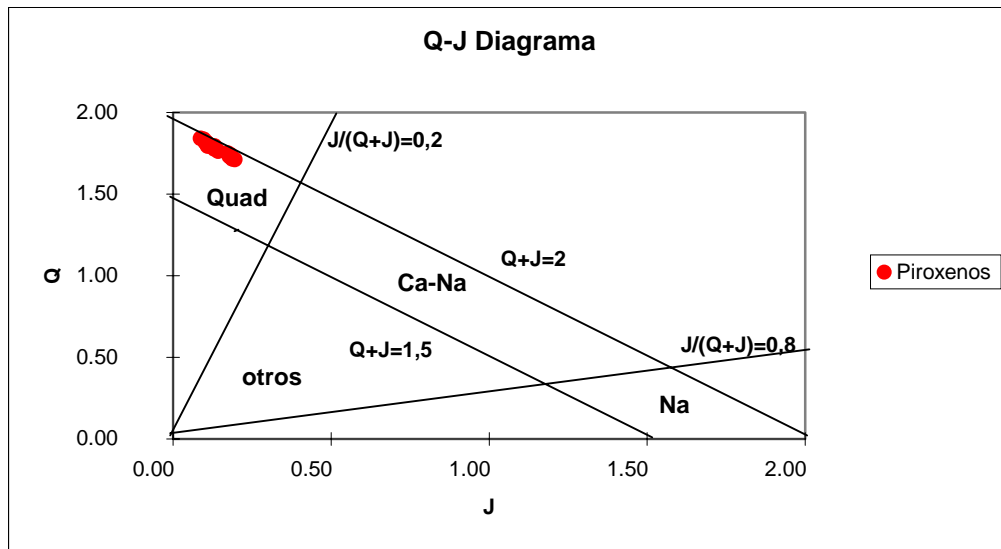


Fig. 5.39 Diagrama Q-J para piroxenos pertenecientes a esquistos anfibólicos que forman paragénesis con Granate. Diagrama según Morimoto et al. 1988
 $Q = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}_2$
 $J = \text{Na}$

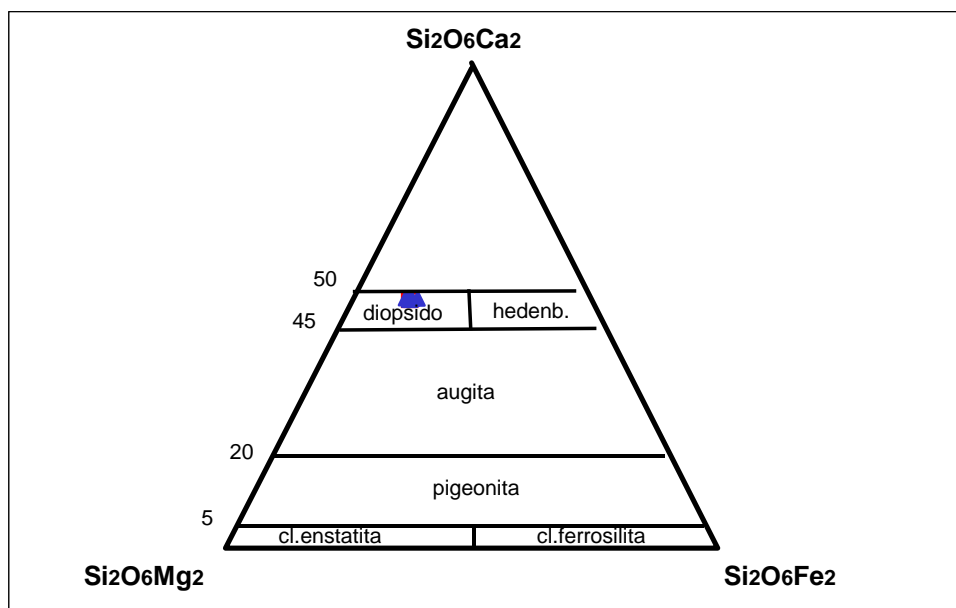


Fig. 5.40 Rangos de composición en Ca-Mg-Fe para clinopiroxenos
 Los triángulos azules representan los piroxenos constituyentes de los esquistos anfibólicos de ETH



Foto 5.1- Mica Blanca perteneciente a Filita de EDH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

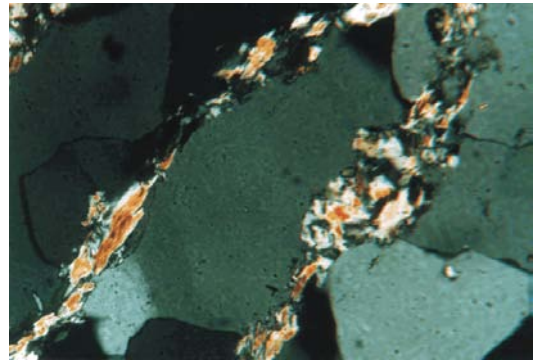


Foto 5.2 - Mica blanca en contacto con granos de cuarzo en cuarcitas de ETH. Foto con polarizadores. Ancho de la foto 1.4 mm

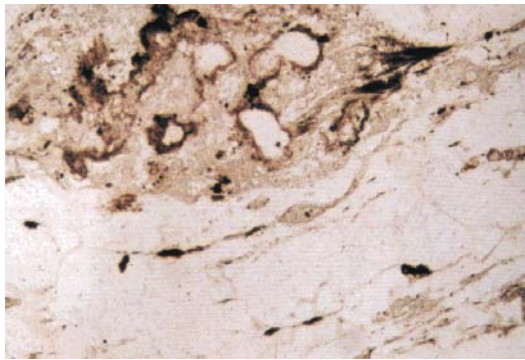


Foto 5.3 - Mica blanca ubicada en los lentes cuarzo feldespáticos en cuarcitas de ETH. Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 1.4 mm.

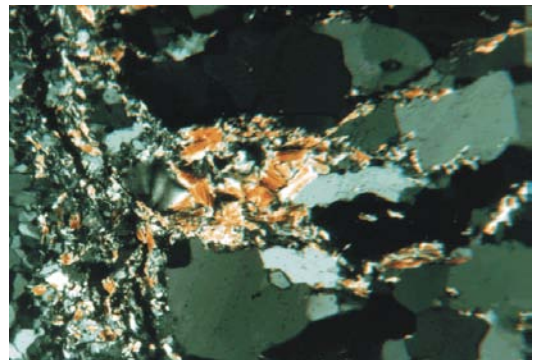


Foto 5.4 - Mica blanca de hábito radial en cuarcitas de ETH. Foto con polarizadores. Ancho de la foto 1.4 mm

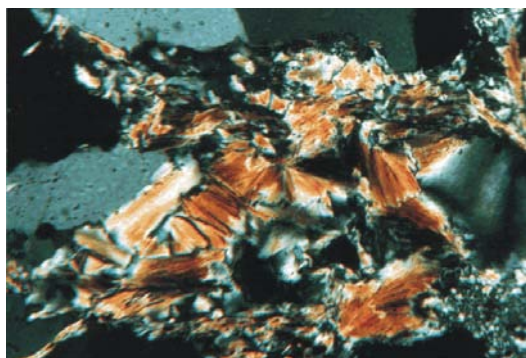


Foto 5.5 - Mica blanca de hábito radial en cuarcitas de ETH. Foto con polarizadores. Ancho de la foto 0.7 mm



Foto 5.6 - Biotita correspondiente al Gabro de EDH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

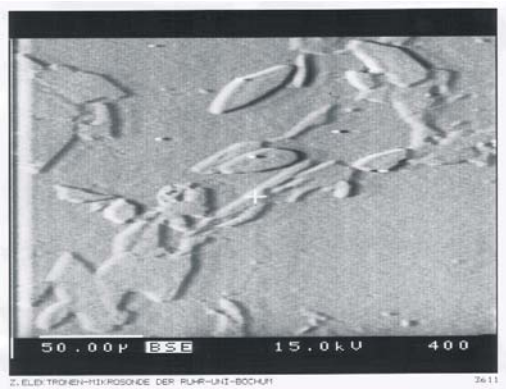


Foto 5.7- Anfíbol correspondiente al granito de ETH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

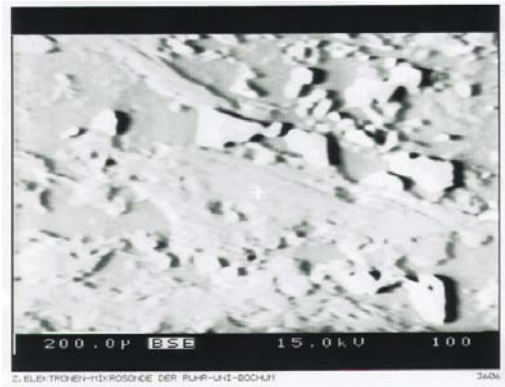


Foto 5.8- Anfíbol en Esquisto ETH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

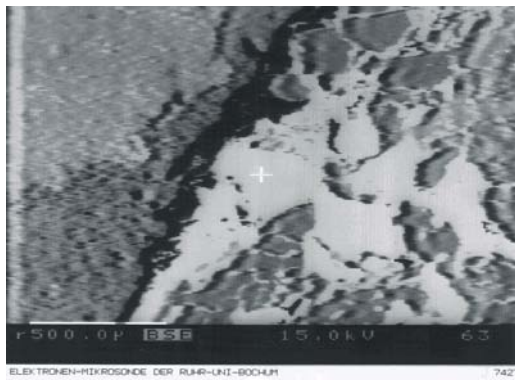


Foto 5.9- Granates en Granito ETH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.



Foto 5.10- Granate en esquisto anfibólico de ETH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

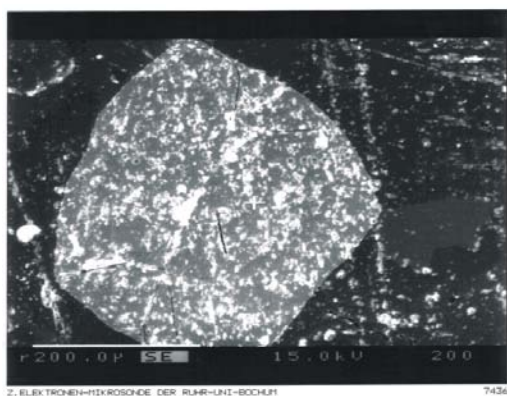


Foto 5.11- Granate del Plutón El Sacrificio. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

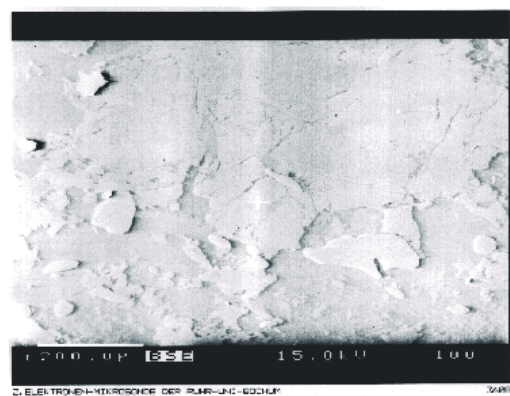


Foto 5.29- Diópsido correspondiente a esquisto anfibólico de ETH. Foto obtenida de la microsonda electrónica.

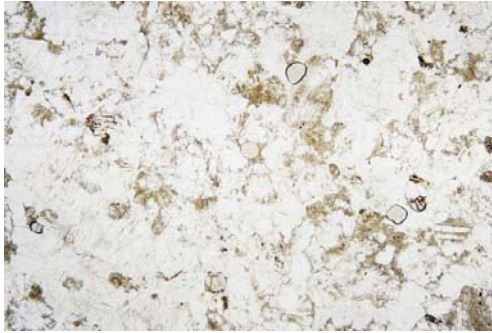


Foto-5.12 Plutón El Sacrificio-EES-4 Foto de la textura general del granito. Estos granates pertenecientes al grupo1. Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 7 mm

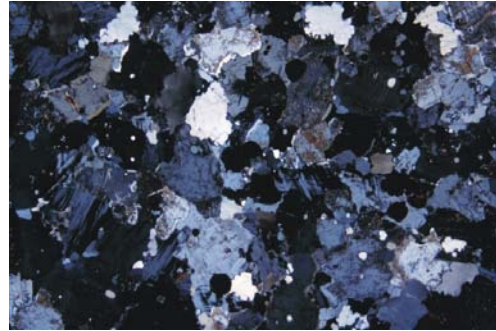


Foto-5.13 Plutón El Sacrificio-EES-4 Foto de la textura general del granito. Granates pertenecientes al grupo1. Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 7 mm

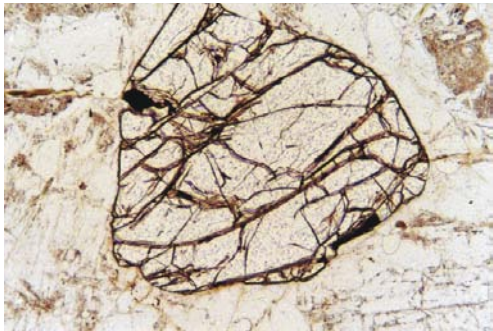


Foto-5.14 Plutón El Sacrificio-EES-4. Foto del granate pertenecientes al grupo 1. Granates de forma subhedral de tamaño máximo 900 μ . Foto sin polarizadores. Ancho del granate 825 μ

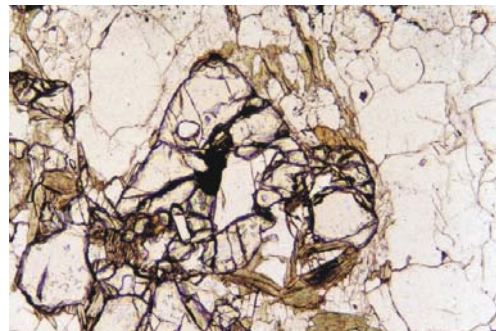


Foto-5.15 Granito de ETH-ETH-31.. Foto del granate pertenecientes al grupo 1. Granate anhedral de origen magmático con presencia de inclusiones de cuarzo y biotita reemplazada por clorita . Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 1.4 mm.

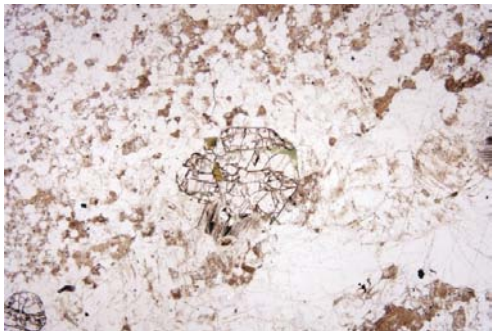


Foto-5.16 Dique granítico de EES -EES-400. Foto de granates correspondientes al grupo 2. Estos granates presentan una distribución inhomogénea el ancho del granate observado en la foto es de 2250 μ . Foto sin polarizadores.

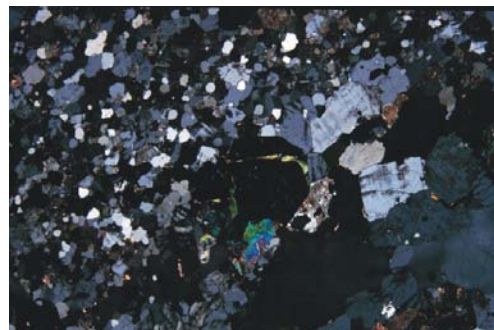


Foto-5.17 Dique granítico de EES -EES-400. Foto de granates correspondientes al grupo 2. Estos granates presentan una distribución inhomogénea el ancho del granate observado en la foto es de 2250 μ . Foto con polarizadores.

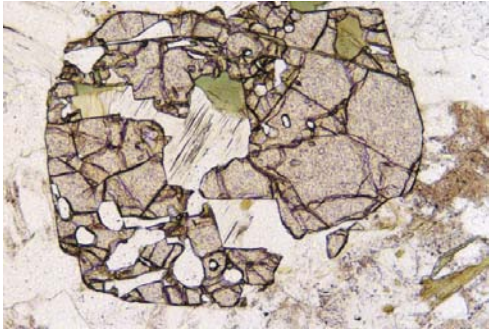


Foto-5.18 Dique granítico de EE, -EES-400. Foto de granates correspondientes al grupo 2. Estos granates presentan abundantes inclusiones como ser muscovita que en parte es reemplazada por clorita, además de apatita. Ancho del granate 2mm. Foto sin polarizadores.

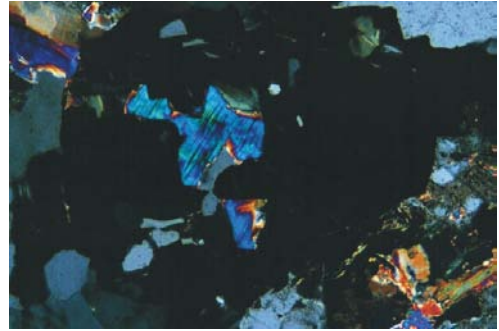


Foto-5.19 Dique granítico de EES, EES-400. Foto de granates correspondientes al grupo 2. Estos granates presentan abundantes inclusiones como ser mucovita que en parte es reemplazada por clorita, además de apatita. Ancho del granate 2mm. Foto sin polarizadores.

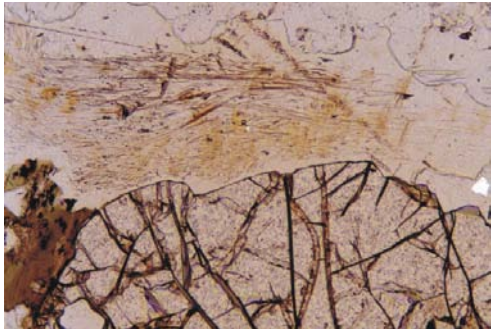


Foto-5.20 Dique granítico de EES, EES-400. Foto de granates correspondientes al grupo 2. Presencia de agujas de sillimanita. Ancho de la foto 1.4 mm. Foto sin polarizadores.

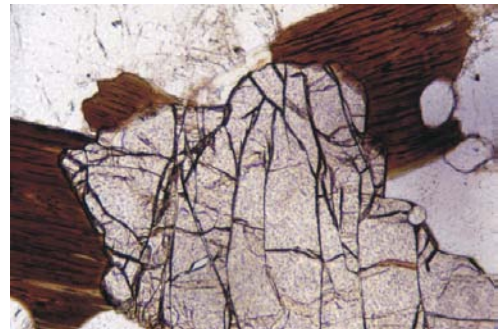


Foto-5.21 Granito biotítico de EES, EES-90. Foto de granates correspondientes al grupo 2. En el contacto granate biotita se ha realizado geotermometría. Ancho de la foto 1.4 mm. Foto sin polarizadores.

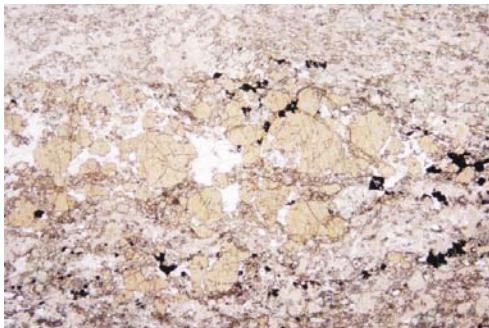


Foto-5.22 Esquisto de ETH, ETH-161 Foto de granates correspondientes al grupo 3. Estos granates presentan una composición grosularia andradita. Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 7mm

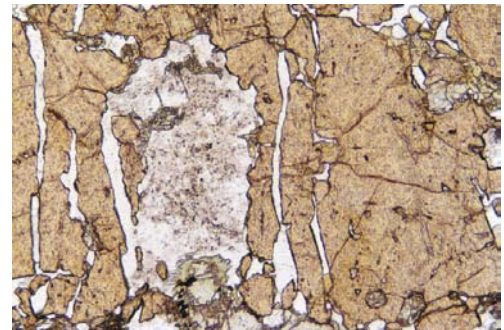


Foto-5.23 Esquisto de ETH, ETH-161 Foto de granates correspondientes al grupo 3. Estos granates presentan una composición Grosularia Andradita. Aquí se observan inter-crecidos con feldespato potásico y cortados por venillas de calcita. Foto sin polarizadores. Ancho de la foto 1.4 mm



Foto-5.24 Granito de EDH, EDH-323. Los granates se encuentran homogéneamente distribuidos en la roca. Ancho de la foto 1.4 cm. Foto sin polarizadores.

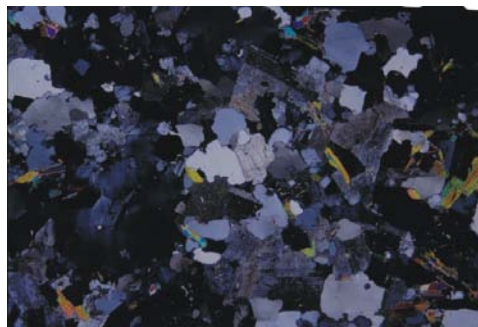


Foto-5.25 Granito de EDH, -EDH-323. Cuerpo granítico localizado en el sector sur de los afloramientos de EDH. Ancho de la foto 1.4 cm. Foto con polarizadores.

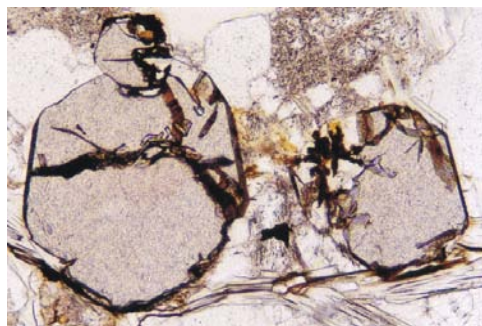


Foto-5.26 Granito de EDH, EDH-323. Presentan forma euédral y el tamaño varía entre 270μ y 380μ . La composición es almandino - espesartina. Ancho de la foto 0.7 cm. Foto sin polarizadores.



Foto-5.27 Granito de EDH, EDH-323. Presentan forma euédral y el tamaño varía entre 270μ y 380μ . La composición es almandino - espesartina. Ancho de la foto 0.7 cm. Foto con polarizadores.

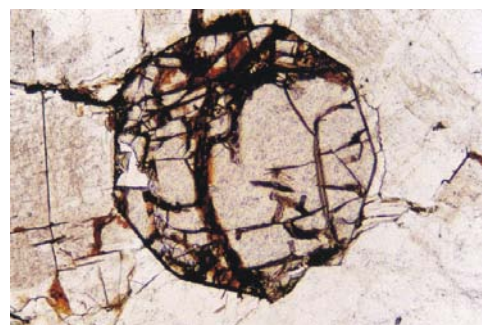


Foto-5.28 Granito de EDH, EDH-50. Los granates presentan forma euédral y el tamaño varía entre 385μ y 800μ . La composición es almandino - espesartina. Ancho de la foto 0.7 cm. Foto sin polarizadores.

6 Estimación de condiciones de Presión y Temperatura

6.1 Introducción

Este es el primer trabajo que se realiza en cuanto a la estimación de condiciones de presión y temperatura utilizando geotermobarómetros en el basamento metamórfico del Macizo del Deseado. Para la determinación de las condiciones de temperatura se ha trabajado con muestras de esquistos anfibólicos de ETH, en las cuales se ha aplicado geotermometría en el par granate piroxeno según Raheim & Green (1974) y se han comparado con los datos obtenidos a partir del par granate anfíbol según Graham & Powell (1984). Además se ha utilizado los anfíboles de dichos esquistos como así también los anfíboles pertenecientes a las anfibolitas de EDH para determinar condiciones de presión según Raase (1974) y Brown (1977).

En la granodiorita de ETH se ha realizado geobarometría en hornblenda según Hammerstrom & Zen (1986), Hollister et al. (1987) y Johnson & Rutherford (1989). En las rocas graníticas de EDH y EES se ha aplicado geotermometría en el par granate biotita según Ferry & Spear (1978) y Perchuk & Lavrenteva (1983) y geobarometría en fengita según Massonne (1991).

6.2 Geotermometría en granate – piroxeno

El granate y el diópsido son fases minerales primarias en los esquistos anfibólicos de Estancia Tres Hermanas. El geotermómetro granate-clinopiroxeno está basado en el intercambio Fe-Mg entre dos fases minerales en equilibrio. Muchas calibraciones fueron propuestas para evaluar los valores de temperatura dependiendo de la composición química en equilibrio del par granate-clinopiroxeno (Raheim & Green, 1974; Ellis & Green 1979; Powell 1985; Krogh, 1988; Ganguly, 1979). La ecuación propuesta por Raheim and Green (1974) para determinar la temperatura de equilibrio para el par granate-diópsido es la siguiente :

$$T^{\circ}C = \frac{3686 + 28.35 * P(Kb)}{\ln Kd + 2.33}$$

$$Kd = \frac{(FeO / MgO)_{gr}}{(FeO / MgO)_{cpx}}$$

donde

T= temperatura en grado centígrados

P= presión en Kbars

Kd = constante de equilibrio

Este geotermómetro fue aplicado para el par granate diópsido correspondiente a esquistos anfibólicos de la facies de esquistos verdes del metamorfismo regional de ETH. Como una tentativa estimación de la presión se ha sugerido 6 Kb como condición de equilibrio barométrico del par (fig. 6.1 – 6.2).

Mg-Fe-Thermometer (Raheim & Green 1974)

**Esquistos
anfibólicos de
ETH**

Fe/Mg (Gt)		2.80	3.50	3.30	3.90	2.20
Fe/Mg (CPx)	centro	0.29	0.30	0.27	0.27	0.27
	borde	0.30	0.32	0.36	0.31	0.31
ln K		2.27	2.46	2.50	2.67	2.10
		2.23	2.39	2.22	2.53	1.96
T°C 6 kbar		565	530	525	520	620
		570	540	570	500	630

$$T (^{\circ}\text{C}) = 3686 + 28.35 \cdot P (\text{Kb}) / \ln Kd + 2.33 - 273$$

Fig. 6.1 Tabla de estimación de temperatura para el par clinopiroxeno – granate de esquistos anfibólicos correspondientes a ETH, según Raheim & Green, 1974

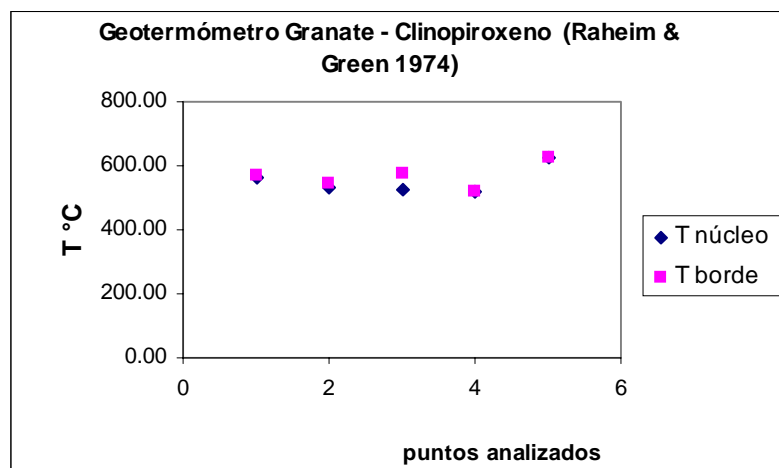


Fig. 6.2 Diagrama que muestra la temperatura estimada para el par granate – clinopiroxeno en esquistos anfibólicos de ETH, según Raheim & Green (1974).

Del análisis realizado para los esquistos anfibólicos de ETH se concluye que la temperatura del núcleo de los granates varía entre 520°C y 620°C mientras que en los bordes varía entre 500° y 630°.

6.3 Geotermometría en granate - anfíbol

El geotermómetro granate – hornblenda propuesto por Graham & Powell (1984) fue utilizado en éste trabajo para conocer la temperatura de equilibrio del intercambio catiónico Fe^{2+}/Mg entre granate y hornblenda. Este fue propuesto por Graham & Powell (1984) y ha sido calibrado en contraste con el geotermómetro granate – clinopiroxeno de Ellis & Green (1979) usando datos de la coexistencia de granate + hornblenda + clinopiroxeno en facies de anfíbolita y granulita.

La ecuación usada para determinar la temperatura de equilibrio del par granate – anfíbol se presenta a continuación:

$$T^{\circ}\text{C} = \frac{2880 + 3280 * (X_{\text{Ca}})_{\text{gte}}}{\ln Kd + 2.426} - 273$$

$$Kd = \frac{(X_{\text{Fe}2})_{\text{Gte}}}{(X_{\text{Mg}2})_{\text{Gte}}} * \frac{(X_{\text{Mg}2})_{\text{Hbl}}}{(X_{\text{Fe}2})_{\text{Hbl}}}$$

donde

T= temperatura en grado centígrados

Kd = constante de equilibrio

$X_{\text{Ca}}^{\text{gte}}$ = componente grosularia en el granate

Del análisis realizado para los esquistos anfibólicos de ETH se concluye que la temperatura varía entre 560°C y 680°C (fig. 6.3).

Intercambio Mg-Fe (Graham & Powell 1984)										
Esquisto Anfibólico de ETH										
Fe/Mg (Gt)	8.12	10.63	5.71	6.40	7.17	6.16	8.89	5.05	8.00	8.82
Fe/Mg (Hbl)	1.61	1.49	3.01	2.48	1.99	1.82	2.37	3.81	3.08	2.72
XCa Gros	0.56	0.56	0.57	0.56	0.57	0.57	0.55	0.55	0.56	0.57
Kd	13.09	15.81	17.20	15.88	14.25	11.18	21.08	19.24	24.63	24.03
T°C	670.00	630.00	625.00	635.00	660.00	680.00	580.00	590.00	560.00	570.00
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> $T (^{\circ}\text{C}) = 2880 + 3280 \cdot X_{\text{Ca}} / 2.426 + \ln Kd - 273$ </div>										

Fig. 6.3 Tabla de cálculo de temperatura según Graham & Powell (1984) para el par granate-anfíbol. ETH - 161

6.4 Geotermometría en granate – biotita

El geotermómetro experimental granate –biotita, de intercambio Mg-Fe según Ferry & Spear (1978) y Perchuk & Lavrentéva (1983) fue aplicado a biotitas y granates correspondientes al granito de ETH, granito muscovítico y al granito biotítico de Estancia El Sacrificio. El primer método se basa solo en la mezcla de Fe y Mg entre granate y biotita.

La ecuación propuesta por Ferry & Spear (1978) es la siguiente:

$$T^{\circ}\text{C} = \frac{2109}{\ln Kd - 0.782} - 273$$

$$Kd = \frac{(XMg^2)_{Gte} * (XMg^2)_{Bt}}{(XFe^2)_{Gte} (XFe^2)_{Bt}}$$

donde

T= temperatura en grado centígrados

Kd = constante de equilibrio

La otra ecuación utilizada incluye una corrección para el componente Ca en granate, el cual es conocido como una mezcla no ideal con Piropo.

La ecuación propuesta por Perchuk & Lavrentéva (1983) es la siguiente:

$$T^{\circ}\text{C} = \frac{-3947.5}{\ln Kd + 2.868} - 273$$

$$Kd = \frac{(XMg_2)_{Bt}}{(1 - XMg_2)_{Bt}} * \frac{(1 - XMg_2)_{Gte}}{(XMg_2)_{Gte}}$$

donde

T= temperatura en grado centígrados

Kd = constante de equilibrio

X_{Mg}^{Bt} = Contenido de Mg en biotita

En comparación con el termómetro granate - biotita según Spear (1983) la calibración según Ferry & Spear (1978) da temperaturas que son inferiores a todas las dadas por calibración inclusive aquellas que presentan corrección para el componente Ca en los granates. La calibración publicada por Perchuk & Lavrentéva (1983) da la temperatura más alta. Estos dos termómetros definen una gran área de posibles temperaturas.

Para el granito deformado de ETH la temperatura del núcleo del granate varía entre 510°C y 630°C, mientras que en el borde varía entre 500°C y 550 °C según Ferry & Spear (1978), mientras que según Perchuk & Lavrentéva (1983) en el núcleo se determinó una temperatura entre 560 °C y 620°C y en el borde entre 540°C y 570°C (*fig. 6.4*).

Muestra ETH-31						
Ferry & Spear (1978)						
Mg/Fe(Bt)	0.40	0.48	0.40	0.39	0.41	0.40
Mg/Fe(Gt)	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07
Mg/Fe(Gt)/Biotit	0.18	0.15	0.20	0.21	0.19	0.20
	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16
T [°C] Núcleo	580	510	600	630	580	600
T [°C] Borde	500	500	520	540	550	540
Perchuk & Lavrent'eva (1983)						
XMG Bt	0.29	0.32	0.29	0.28	0.29	0.29
XMg Gt Núcleo	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07
XMg Gt Borde	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
lnK	1.70	1.89	1.63	1.56	1.69	1.63
	1.95	1.99	1.88	1.82	1.78	1.82
T Núcleo [°C]	590	560	600	620	590	600
T Borde [°C]	550	540	560	570	570	570

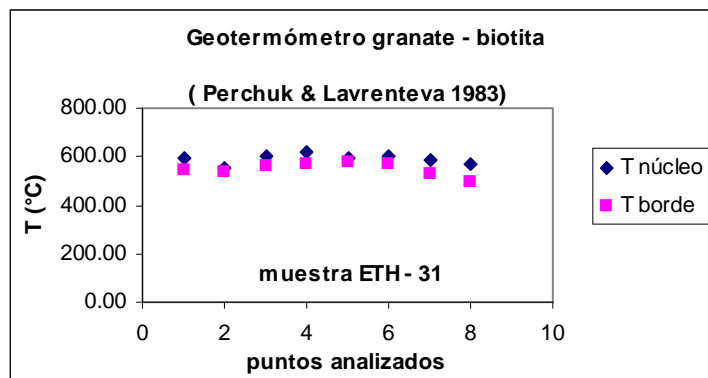
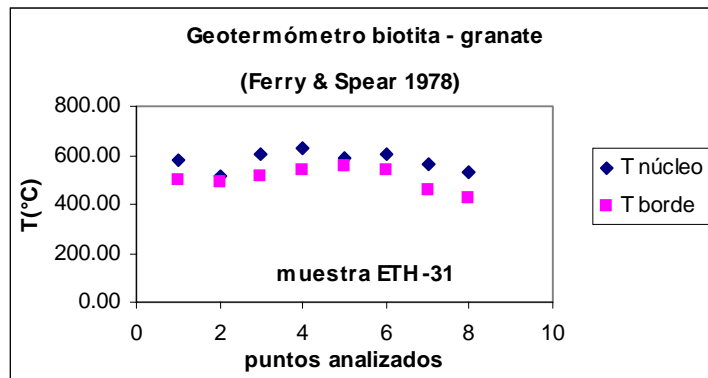


Fig. 6.4 Tabla de cálculo de temperatura y gráficos correspondientes a granito ETH-31.

Para los granitos que constituyen el plutón El Sacrificio se determinó una temperatura del núcleo del granate entre 550°C y 570°C, mientras que en el borde varía entre 510°C y 560°C, según Ferry & Spear (1978). Según Perchuk & Lavrentéva (1983) la temperatura del núcleo es de 580°C mientras que en el borde varía entre 550 °C y 580°C (fig. 6.5).

Muestra EES-4						
Ferry & Spear (1978)						
Mg/Fe(Bt)	0.81	0.81	0.81	0.79	0.80	0.80
Mg/Fe(Gt)nucleo	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Mg/Fe(Gt)borde	0.12	0.13	0.14	0.13	0.14	0.12
Mg/Fe(Gt/Bt)	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.18
	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.15
T Núcleo [°C]	550.00	550.00	550.00	570.00	560.00	560.00
T Borde [°C]	510.00	530.00	560.00	540.00	550.00	500.00
Perchuk & Lavrent'eva (1983)						
XMg (Bt)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
XMg (Gt) nucleo	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
XMg (Gt) borde	0.10	0.11	0.12	0.11	0.12	0.10
lnK	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
	1.96	1.85	1.75	1.85	1.75	1.96
T Núcleo [°C]	580.00	580.00	580.00	580.00	580.00	580.00
T Borde [°C]	550.00	560.00	580.00	560.00	580.00	550.00

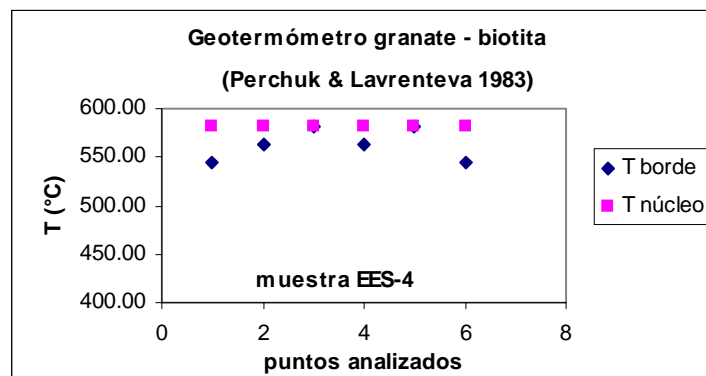
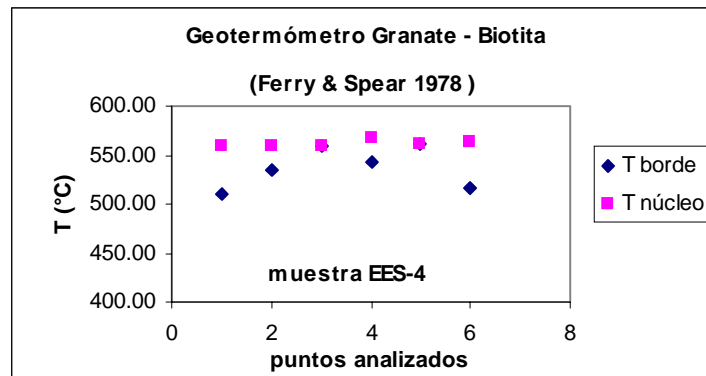


Fig. 6.5 Tabla de calculación de temperatura y gráficos correspondientes a granito EES-4.

Para el granito biotítico de EES se determinaron temperaturas por distintos métodos, comparando entre ocho calibraciones termométricas basadas en el intercambio Fe-Mg en granate – biotita. Ellas son: Bhattacharya HW (1992), Bhattacharya Gs (1992), Dasguta (1991), Ferry & Spear (1978), Hodges & Spear (1978), Perchuk & Lavrentéva (1983), Thompson (1976) y Holdaway & Lee (1977). A continuación se presenta una tabla de temperaturas obtenidas a partir de una presión de 2.5 Kb. La zona de color gris indica la temperatura en el núcleo y la zona blanca la temperatura de los bordes.

La temperatura en el núcleo varía entre 630°C y 800°C mientras que en el borde varía entre 570°C y 690°C (*fig. 6.6*).

Análisis	Pr min	P kbar	Granate				Biotita			
			Fe	Mn	Mg	Ca	Ti	Al VI	Fe	Mg
EES-90/25	-	2.5	4.01	1.09	0.68	0.21	0.25	0.89	2.61	1.86
EES-90/26	-	2.5	3.89	1.36	0.55	0.21	0.27	1.14	2.81	1.87
EES-90/29	-	2.5	4.13	0.86	0.78	0.22	0.21	0.78	2.74	1.97
EES-90/27	-	2.5	4.06	1.02	0.77	0.25	0.24	0.83	2.77	1.86
EES-90/28	-	2.5	3.96	1.02	0.76	0.23	0.23	0.78	2.79	1.86
EES-90/30	-	2.5	3.94	1.09	0.75	0.21	0.24	0.80	2.76	1.87
EES-90/33	-	2.5	3.95	1.03	0.81	0.20	0.24	0.77	2.75	1.91
EES-90/31	-	2.5	3.90	1.22	0.64	0.22	0.24	0.81	2.72	1.87
EES-90/32	-	2.5	3.96	1.16	0.66	0.20	0.25	0.79	2.70	1.93
EES-90/34	-	2.5	4.04	1.09	0.65	0.20	0.23	0.79	2.71	1.93

Recalculación de los datos composicionales

Análisis	Mg/(Mg+Fe)		KD	Miembro final Granate				Biotita	
	Grt	Bt		Alm	Sps	Prp	Grs	X(Ti)	X(AlVI)
EES-90/25	0.146	0.416	4.179	66.8%	18.2%	11.4%	3.6%	0.045	0.159
EES-90/26	0.123	0.400	4.732	64.7%	22.6%	9.1%	3.6%	0.044	0.187
EES-90/27	0.159	0.402	3.551	66.6%	16.8%	12.6%	4.1%	0.042	0.146
EES-90/28	0.161	0.400	3.474	66.3%	17.1%	12.7%	3.9%	0.041	0.138
EES-90/29	0.159	0.418	3.807	68.9%	14.4%	13.0%	3.7%	0.037	0.137
EES-90/30	0.160	0.404	3.559	65.8%	18.2%	12.5%	3.5%	0.042	0.141
EES-90/31	0.141	0.407	4.189	65.2%	20.4%	10.7%	3.7%	0.043	0.144
EES-90/32	0.143	0.417	4.289	66.2%	19.4%	11.0%	3.3%	0.044	0.139
EES-90/33	0.170	0.410	3.387	65.9%	17.2%	13.5%	3.3%	0.042	0.136
EES-90/34	0.139	0.416	4.426	67.6%	18.2%	10.9%	3.3%	0.041	0.140

Análisis	B-HW 92	B-GS 92	Das 91	FS 78	HS 82	PL 83	T 76	HL 77
1-EES-90/25	614	588	594	682	697	635	663	644
2-EES-90/26	572	531	538	631	646	610	626	612
3-EES-90/29	645	629	645	724	740	655	693	670
4-EES-90/27	657	634	663	758	775	671	717	690
5-EES-90/28	661	640	678	769	786	676	725	697
6-EES-90/30	652	628	666	757	772	671	716	690
6-EES-90/33	668	648	689	783	797	682	734	705
8-EES-90/31	607	575	609	681	697	635	662	644
9-EES-90/32	605	576	601	671	685	630	655	637
10-EES-90/34	600	573	591	658	672	623	645	629

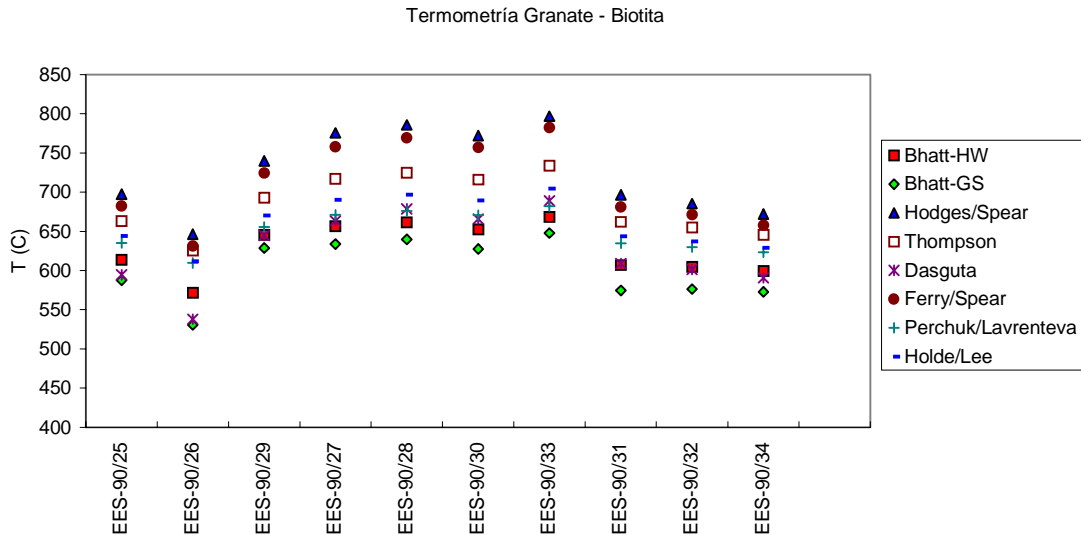


Fig. 6.6 Tabla de temperaturas calculada a partir de distintos métodos, comparando entre ocho calibraciones termométricas basadas en el intercambio Fe-Mg en granate – biotita. Ellas son: Bhattacharya HW (1992)(Bhatt-HW), Bhattacharya Gs (1992) (Bhatt-GS), Dasguta (1991)(Dasguta), Ferry & Spear (1978)(Ferry/Spear-78), Hodges & Spear (1978)(Hodges/Spear), Perchuk & Lavrentéva (1983) (Perchuk/Lavrentéva), Thompson (1976) (Thompson) y Holdaway & Lee (1977) (Hold/Lee). Granito EES-90.

La estabilidad del granate en magmas graníticos fue estudiada por Green (1977), quien concluye que un incremento en el contenido en Mn en el granate incrementa su estabilidad a bajas presiones. Es decir que granates que contengan entre 20 y 25 mol % de espesartina deben cristalizar en equilibrio con un magma granítico a una presión de cerca 3 Kbar, y a medida que aumente el contenido en espesartina irá disminuyendo la presión.

6.5 Geotermobarometría en Anfíbol

La relación entre las condiciones de formación en cuanto a P-T y el contenido en Al en anfíboles cálcicos de la serie $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{SiO}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 - \text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, es usado como indicador geobarotermométrico. Es reconocido que anfíboles con alto contenido en al están comúnmente vinculados a rocas metamórficas de alta presión. Contrariamente el miembro Tremolita – Actinolita ocurre primariamente a bajo grado metamórfico en la facie de esquistos verdes y como producto de metamorfismo retrógrado.

6.5.1 Contenido en Ti en Anfíbol

Otro método para estimar la temperatura en anfíboles fue propuesto por Colombi (1989). Se propone una correlación entre el contenido en Ti en el anfíbol y la temperatura. Hay dos ecuaciones diferentes, dependiendo del contenido en Ti, la ecuación empleada fue:

$$Ti \leq 0.08T(^{\circ}C) = 2816 * Ti + 445$$

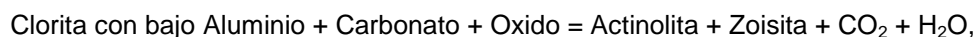
El contenido en Ti (expresado en fórmula proporcional) de los anfíboles investigados se presenta en la siguiente tabla (fig. 6.7).

Localidades	Roca	Ti (fla prop.)	T(°C)
ETH	Esquisto Anfibólico	0.065	630\pm 10
EDH	Anfibolita	0.06	610\pm 10

Fig. 6.7 Tabla que representa las temperaturas estimadas a partir del contenido en Ti en anfíbol según Colombi (1989)

6.5.2 Condiciones para la formación de actinolita en ETH

Muchas contribuciones son útiles para las determinaciones geobarométricas de los anfíboles (Raase 1974, Colombi 1989, Spear 1983). La mayoría de los estudios están basados en la composición química de los anfíboles y en su zonación química (Holland & Richardson 1979, Ungaretti et al. 1983, Sperlich 1988). Desafortunadamente la mayoría de los estudios representan resultados dudosos debido a la fuerte variación química, complejas sustituciones posibles y variaciones composicionales de los anfíboles (Ernst 1979). Los resultados preliminares de presión y temperatura de los anfíboles cálcicos deben ser interpretados cuidadosamente. El límite de temperatura superior de las actinolitas ha sido definido por Spear (1981, 1983). La transición actinolita - hornblenda está situada en 500 °C. El límite inferior viene dado por la siguiente reacción (Spear 1993)



la cual es localizada entre 200°C y 300°C dependiendo de la presión. La primera estimación de temperatura puede ser obtenida del diagrama Si - Al^{VI} de Raase (1974). El autor establece la dependencia de la razón Si/ Al con la presión. Para el presente estudio se establece una presión inferior a 4 Kb, a los mismos valores se arriba utilizando el diagrama de Brown (1977) donde se plotea Na_{M4} - Al^{VI}. El contenido en Na_{M4} presente en los anfíboles cálcicos es dependiente de la presión solo en paragénesis minerales donde el anfíbol está asociado a albita, clorita y óxidos de Fe.

Es razonable postular que la actinolita fue formada en facies de esquistos verdes a una presión inferior a 4 Kb de acuerdo a Raase (1974) y Brown (1977) y a una temperatura estimada entre 300 y 600°C (Spear 1993).

6.5.3 Relación entre el Al y el Si contenido en hornblenda

Es posible establecer una relación entre el contenido en Al^{VI} y Si en hornblenda en el campo del metamorfismo regional. En la *fig. 6.8* se han planteado análisis de anfíboles pertenecientes a esquistos anfibólicos, y anfibolitas correspondientes a Estancia Dos Hermanos. La línea de sólidos de posición diagonal observada en dicha figura fue tomada de Leake (1965) e indica el máximo posible de Al^{VI} en la hornblenda. Para las muestras en estudio los datos se localizan debajo de la línea de 5 Kb. de presión y bajo el máximo posible de Al^{VI} . Este tipo de gráfico permite diferenciar claramente entre hornblendas del tipo de baja presión y del tipo alta presión del metamorfismo regional (Raase 1974). Para el caso de las hornblendas de ETH y EDH, éstas se ubican debajo de dicha línea de probabilidad por lo que fueron formadas a una presión inferior a 5 Kb (*fig. 6.8*). El gráfico de Brown (1977) establece la relación entre la cantidad de Na en posición M4, el contenido en Al tetraédrico y la presión. Como se observa en el gráfico de la *fig. 6.9* la presión a la que estuvieron sometidas éstas rocas no sobrepasa los 4 kb.

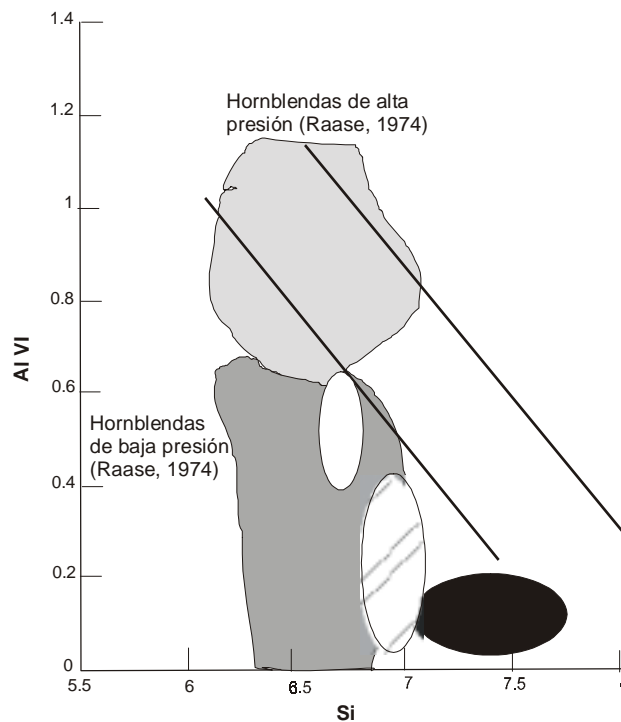


Fig. 6.8 Relación entre el Al IV y el Si en anfíboles(en base a 23 O) para metamorfismo regional de baja presión (Rasse 1974).

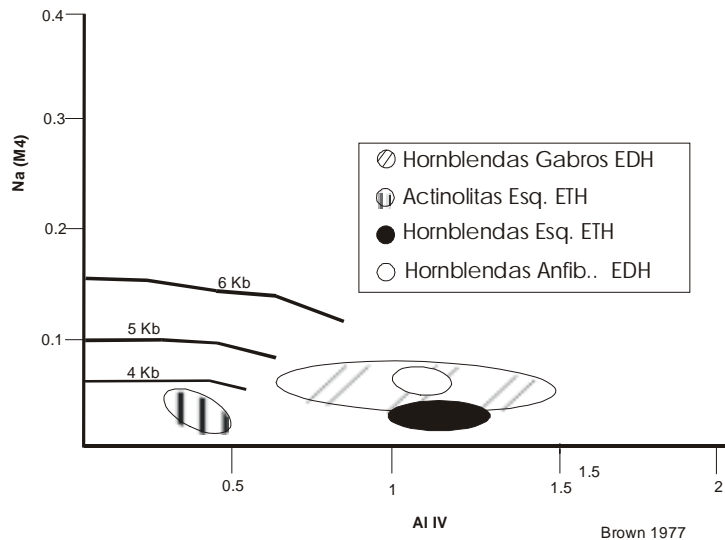


Fig. 6.9 Diagrama de Raase 1974 y Brown 1977. Estos diagramas permiten estimar las condiciones de presión en la que se formaron los anfíboles cálcicos que constituyen las rocas del basamento metamórfico en el Macizo del Deseado. En ambos diagramas se indica que el rango de formación de los anfíboles cálcicos se encuentra por debajo de los 5 Kb anfíboles

6.5.4 Anfíboles como indicadores de presión

Muchos trabajos como el de Leake (1965), Raase (1974), Graham (1974) y Brown (1977), han argumentado que la composición de los anfíboles, en particular el contenido en Na y Al, puede ser usada como un indicador de presión. Es importante para ello conocer que tipo de sustitución ha ocurrido en los anfíboles, ya que sustituciones de tipo edeníticas y tschermakíticas son dominantes durante las facies de baja presión del metamorfismo (Laird *et al.* 1981).

En la fig. 6.10 son plotados anfíboles de 5 regiones diferentes con la finalidad de compararlos con los anfíboles de ETH y EDH. Dos de esas regiones corresponden a anfíboles de alta presión Sanbagawa en Japón y Franciscan en California, otras dos corresponden a presiones intermedias en Dalradian en Escocia y Haast River de Nueva Zelanda y el último de baja presión, correspondiente a Abukuma en Japón.

En los diagramas Na_B vs $(Na + K)_A$ (lugar de ocupancia de los alcalis) (fig. 6.10 a), $Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti$ vs Al^{IV} (fig.6.10 b), y $Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti$ vs Na_B (refleja la cantidad de glaucofano contenido en los anfíboles) (fig. 6.10 d) y $100 \cdot Na/Ca + Na$ vs $100 \cdot Al/Si + Al$ (fig.6.10 b) es posible observar una dependencia entre la composición del anfíbol y las facies metamórficas. A través del diagrama $Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti$ versus Al^{IV} (fig. 6.10 d) los análisis ubicados bajo la línea actinolita.- tschermakita indican una sustitución de tipo edenítica. $(Na + K)_A$ refleja la temperatura relativa del metamorfismo ya que el intercambio edenítico en anfíboles es altamente sensible a los cambios de temperatura.

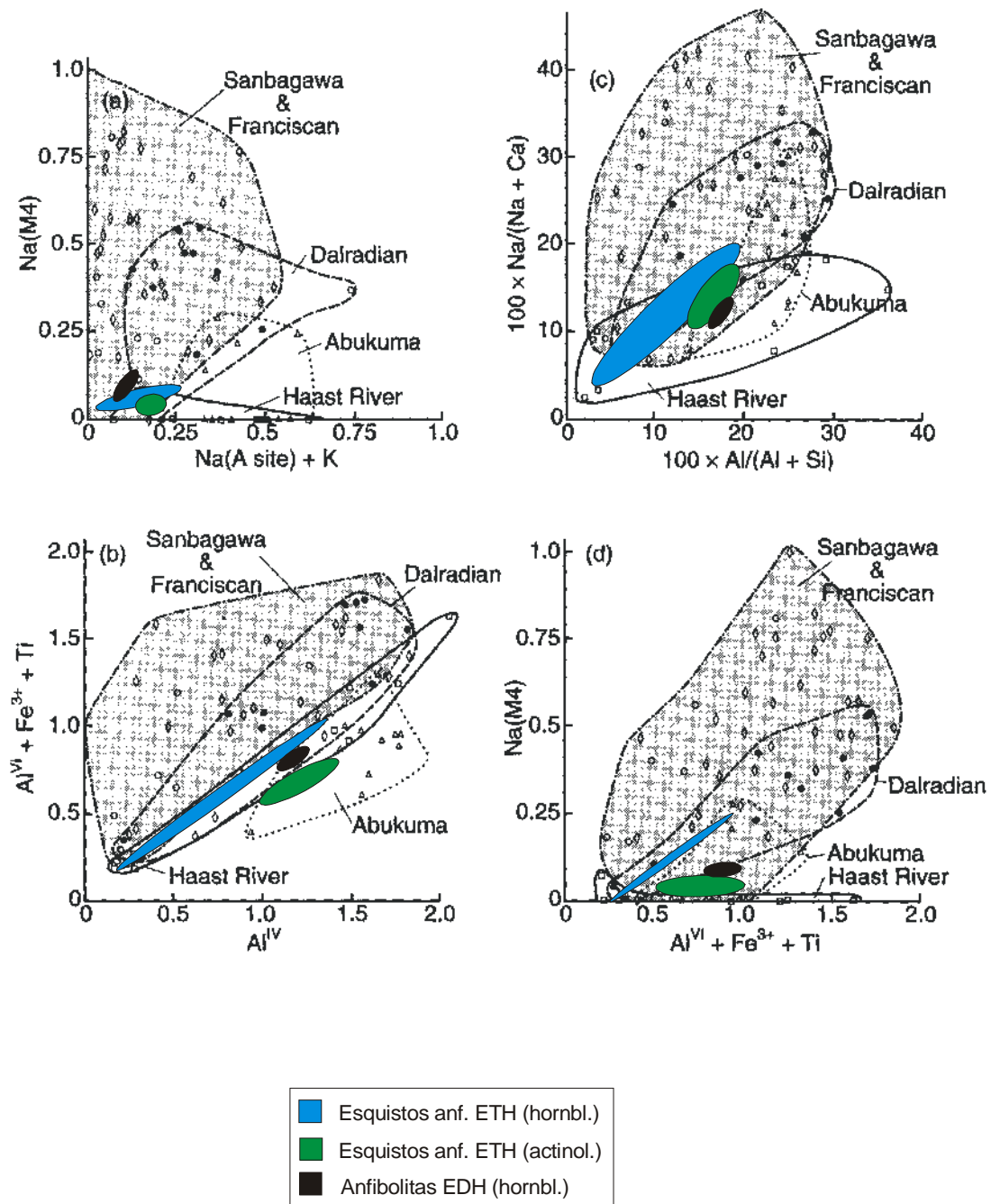


Fig. 6.10 En éste diagrama se plotean anfíboles de 5 facies metamórficas diferentes. Sanbagawa y Franciscan corresponden a la serie de alta presión, Dalradian y Haast River corresponden a facies de presión intermedia y Abukuma corresponde a facies de baja presión.

El aluminio de baja presión se localiza en posición tetraédrica mientras que el Al de alta presión en posición octaédrica, de lo que se interpreta que alto contenido en $Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti$ estaría relacionado con altas presiones como en el caso de Sanbagawa en Japón y Franciscan en California. De acuerdo a éstos diagramas se puede concluir que los anfíboles del set de muestras seleccionadas de ETH y EDH presenta:

$$(Na + K)_A < 0,25$$

$$Na_B < 0,25$$

$$0,1 < Al_{IV} < 1,5$$

$$0,2 < Al_{VI} + Fe^{3+} + Ti < 1,2$$

Se concluye que la sustitución que actuó fue de tipo edenítica por lo tanto se trata de anfíboles que pertenecen a facies de presión intermedia tipo Dalradian y las actinolitas presentes en los esquistos anfibólicos pertenecen a facies de baja presión del metamorfismo, de tipo Abukuma.

6.5.5 Contenido en Al en hornblendas en Rocas Plutónicas

Para cuantificar las condiciones de presión y temperatura de la granodiorita localizada en ETH usaremos la hornblenda como geobarómetro. Varios autores han aplicado éste método tales como Zen (1989), Hammarstrom & Zen (1986), Hollister et al. (1987) y Johnson & Rutherford (1989).

Hammarstrom y Zen (1982, 1984, 1986) proponen una correlación empírica entre la presión de cristalización de un plutón calco – alcalino y el total de Al contenido en hornblenda. Estudios sobre el contenido de Al en anfíboles cálcicos en plutones calcoalcalinos ha indicado que hay una relación lineal con la presión de cristalización. De ésta manera se pueden obtener datos sobre la presión de emplazamiento de los plutones (Hammarstrom & Zen 1986).

Los datos fueron aplicados a rocas con la siguiente paragénesis:

hornblenda + biotita + plagioclasa + cuarzo + feldespato K + esfena + ilmenita + magnetita + epidoto

La relación entre el Al total y la presión es :

$$P = -3.92 + 5.03Al_T$$

En donde

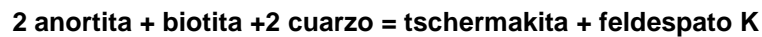
P es presión en kilobars

Al_T es el número total de cationes de Al por fórmula unidad basada en 23 oxígenos.

De ésta forma se obtiene la presión de cristalización mínima de dicho plutón. El máximo contenido en Al total en hornblenda tiende a incrementarse con el aumento en la presión de emplazamiento de los plutones (Hollister *et al.* 1987). Dicho autor realiza una nueva calibración para presiones entre 2 y 8 kbs, y en la fórmula propone la siguiente ecuación para calcular la presión de cristalización del plutón:

$$P(\pm 1Kb) = -4.76 + 5.643Al_T$$

Esta fórmula fue realizada usando datos adicionales basados en la composición del borde de la hornblenda constituyente de plutones calco – alcalinos. La reacción que ocurre es la siguiente:



Johnson & Rutherford (1989) desarrollan otro geobarómetro a partir de muestras de rocas volcánicas y plutónicas. La relación lineal obtenida fue:

$$P = -3.46(\pm 0.24) + 4.23(\pm 0.13)Al_T$$

De acuerdo a éstos tres autores la presión mínima promedio de cristalización para dicha granodiorita rondaría los 1.5 Kb (*fig. 6. 11*).

Autores	Presión en Kb				
Hammarstrom & Zen 1986	1.68	1.28	0.65	0.73	0.76
Hollister et al. 1987	1.52	0.90	0.36	0.45	0.49
Johnson & Rutherford 1989	1.25	0.79	0.38	0.45	0.48

Autores	Presión en Kb				
Hammarstrom & Zen 1986	0.79	1.04	1.01	1.71	1.35
Hollister et al. 1987	0.52	0.80	0.77	1.55	1.15
Johnson & Rutherford 1989	0.50	0.71	0.69	1.27	0.97

Fig. 6.11 En ésta figura se presentan los datos de presión estimados a partir del contenido de Al total en hornblenda en la granodiorita de ETH.

6.6 Geobarometría en fengita

La mica blanca K con un contenido en Si mayor a 6.0 Si (p.f.u) corresponde a una mezcla de cristales de composición variable cuyos extremos están comprendidos por Muscovita $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ y Al-Celadonita $KMgAl(Si_4O_{10})(OH)_2$. En el sentido de la definición de Bayley *et al.* (1979) aquellas micas blancas potásicas que posean un contenido en Si > 6.2 Si (p.f.u) serán denominadas fengitas.

La dependencia entre el contenido de Si y las condiciones de formación fueron ya observadas por Ernst (1965) e investigadas experimentalmente por Velde (1965). Los estudios realizados por Massonne (1981) están basados en la barometría sobre el contenido en Si en mica blanca potásica. El estudio de Massonne(1981) consiste en la calibración experimental de la dependencia del contenido de Si en mica blanca K en sistemas KMASH para presiones entre 3 kb y 35 kb y temperaturas entre 400°C y 900°C para una actividad del agua de 1. El barómetro de fengita calibrado por Massonne & Schreyer (1987) representa la composición de la fengita coexistiendo con biotita, feldespato-K y cuarzo, como función de P y T. La muscovita coexiste con cuarzo y biotita como fenocristales y feldespato-K en el magma. La representación de la dependencia del contenido en Si respecto a la presión y a la temperatura se indica como líneas constantes en el contenido en Si en un diagrama P-T. Conociendo la temperatura de formación de la mica blanca potásica es posible determinar a que presión fue formada.

En éste trabajo se utiliza la última calibración realizada por Massonne (1991). Siguiendo con la clasificación realizada en el capítulo anterior nos vamos a referir en primer lugar a las rocas cuarzo feldespáticas, dentro de éste grupo se diferencian las filitas de EDH y las cuarcitas de ETH. De las primeras se ha obtenido una presión mínima que varía entre 2 y 3 Kbars, mientras que de la segunda se han obtenido valores entre 3,5 y 4 Kbars.

En cuanto a las rocas magmáticas se pueden diferenciar 2 grupos uno lo constituyen los granitos localizados en el sector norte de EDH y otro grupo son los granitos localizados en el sector sur de EDH y los granitos de EES. Del primer grupo se reconoce que la presión mínima de cristalización de los plutones varía entre 3.5 y 4 Kbars, mientras que para los segundos varía entre 3 y 3.5 Kbars.

6.7 Contenido en Circón en Granitos

6.7.1 Termometría en circón

Las calibraciones experimentales de Watson & Harrison (1983) han dado estimaciones de temperatura de la corteza fundida (anatexis) en base a la saturación en circón. La saturación en circón está en función de la temperatura y composición del magma como lo representa la siguiente ecuación:

$$\ln D_{Zr}^{Zircon/Melt} = (-3.8 - (0.85(M-1))) + 12900/T$$

donde T es la temperatura absoluta en ° K y M es la relación catiónica

$$M = (Na + K + 2Ca) / (Si + Al)$$

El Zr contenido en el magma es considerado con el valor $D_{Zr}^{Zircon/Melt}$. La calibración es aplicada a granitos correspondientes al Complejo Río Deseado. La temperatura máxima estimada es de 750 °C (fig. 6.12- 6.13).

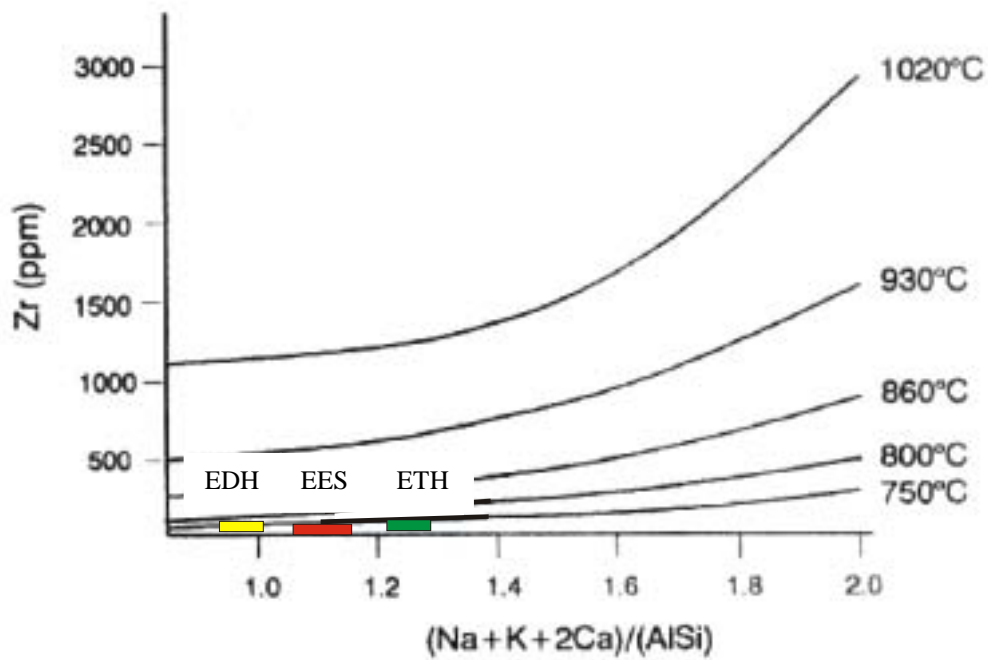


Fig. 6.12 Solubilidad del Zr (ppm) para presiones entre 1.7 y 6 kb en función de la temperatura y del contenido en $(Na+K+2Ca)/(AlSi)$, según los datos experimentales de Watson & Harrison 1983.

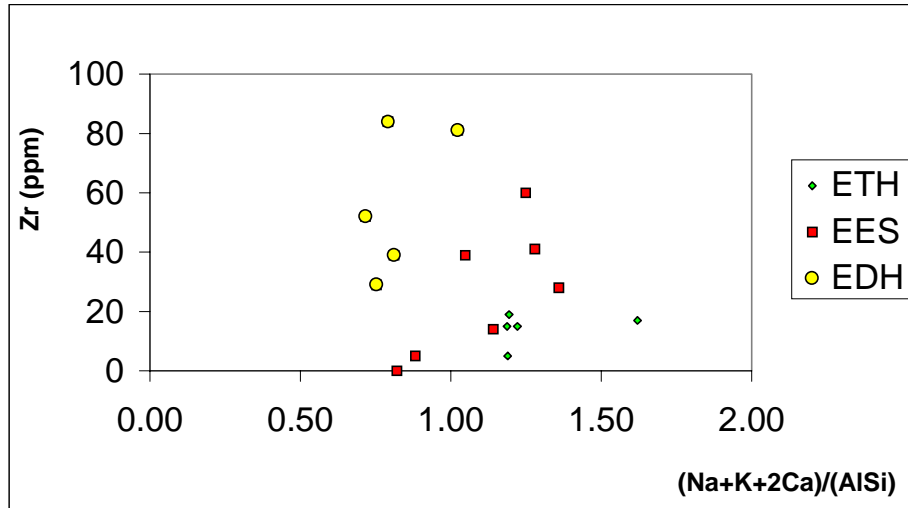


Fig. 6.13 Solubilidad del Zr (ppm) para presiones entre 1.7 y 6 kb en función de la temperatura y del contenido en $(\text{Na}+\text{K}+2\text{Ca})/(\text{AlSi})$, según los datos experimentales de Watson & Harrison 1983. En el diagrama se representan los datos correspondientes a las plutonitas del Macizo del Deseado

6.8 Resumen

A continuación se presenta una tabla de los geotermómetros aplicados para las rocas del Complejo Río Deseado como así también las localidades investigadas y las temperaturas obtenidas en los distintos tipos de rocas estudiadas.

Métodos aplicados	Localidades			Rocas
	ETH	EDH	EES	
Cont. En Ti en Hornblenda (Colombi 1989)	500-600°C	-	-	esquistos
Actinolita (Spear 1992)	200-300°C	-	-	esquistos
Cont. En Zr (Watson & Harrison 1983)	< 750°C	< 750°C	< 750°C	granitos
Biotita-Granate (Ferry & Spear 1978) Composición núcleo Gte	T núcleo: 490-620°C Alm ₆₅₋₆₇ Espes ₂₂₋₂₄ Pyr ₅₋₆	-	T núcleo: 550-570°C Alm ₆₃₋₆₅ Espes ₂₂₋₂₄ Pyr ₉₋₁₀ (Granito) T núcleo: 630-790°C Alm ₆₄₋₆₆ Espes ₂₀₋₂₂ Pyr ₁₀₋₁₁ (Granito biot)	granitos
Biotita-Granate (Perchuk & Lavrentéva 1983) Composición núcleo Gte	-	-	T núcleo: 580°C Alm ₆₃₋₆₅ Espes ₂₂₋₂₄ Pyr ₉₋₁₀ (Granito) T núcleo: 650-680°C Alm ₆₄₋₆₆ Espes ₂₀₋₂₂ Pyr ₁₀₋₁₁ (Granito biot)	granitos
Granate-Px (Raheim & Green 1974) Composición núcleo Gte	T núcleo: 520-620°C Gros ₅₆₋₅₈ Andr ₃₆₋₃₈ Esp _{2.3-3}			esq.anf
Granate-Anfíbol (Graham - Powell 1984)	560° -680°C Gros ₅₆₋₅₈ Andr ₃₆₋₃₈ Esp _{2.3-3 (núcleo)}			esq.anf

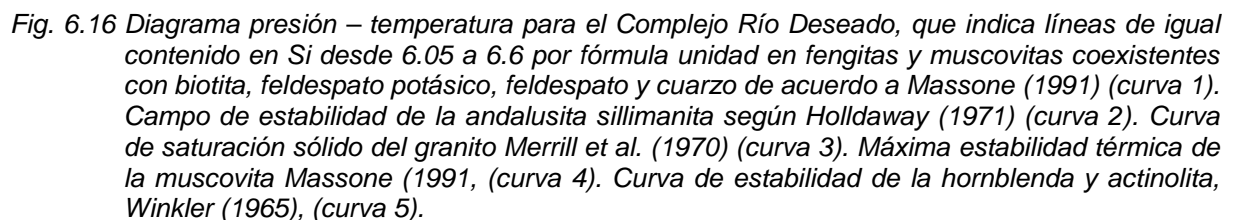
Fig. 6.14 Tabla que muestra los geotermómetros aplicados para las diferentes rocas constituyentes del Complejo Rio Deseado y los resultados obtenidos.

Métodos aplicados	Localidades			Rocas
	ETH	EDH	EES	
Fengita Barometría (Massone 1991) **	-	3.5 kb 4 kb	3 kb 3.5 kb	granitos
Hornblenda barometria				
1-Relación Si, Al IV (Raase 1974)	<5 kb	<5 kb	-	esquistos anfibolita
2-Relación Na (M4), Al IV (Brown 1977)	< 4 kb	< 4 kb	-	esquistos anfibolita
3- Hammarstrom & Zen (1986)	1,5 kb			granodiorita
4- Hollister et al. (1987)*	1,5 kb			granodiorita
5- Johnson & Rutherford (1989)	1,5 kb			granodiorita

* Pr de cristalización de plutones

** Pr de emplazamiento

Fig. 6.15 Tabla que muestra los geobarómetros aplicados para las diferentes rocas constituyentes del Complejo Rio Deseado y los resultados obtenidos.



6.9 Conclusiones

La historia del metamorfismo comienza con un camino PT del metamorfismo progresivo regional. Las condiciones de presión y temperaturas máximas para el metamorfismo son 5 Kb y temperaturas entre 520 y 680°C que ocurren dentro del campo de estabilidad de la sillimanita. Mientras que las facies de retrogrado ocurren dentro del campo de estabilidad de la andalusita.

El grado de metamorfismo es mayor en ETH donde alcanza facies de anfibolita con epidoto, mientras que en EDH corresponde a facies de esquistos verdes.

Los eventos plutónicos presentes intruyen a distintos niveles durante el proceso de exhumación del basamento metamórfico. Es posible establecer tres niveles de intrusión uno que ocurre entre 15 y 20 km de profundidad asociado al plutonismo emplazado sincinemáticamente durante la fase de deformación D1, el segundo ocurre a una profundidad de 15 km y el tercer evento emplazado pos - D2, intruye entre 5 y 10 km de profundidad. Se podría también correlacionar la profundidad de intrusión de estos cuerpos con la edad de cristalización, es decir que los cuerpos que intruyen a mayor profundidad serían los más antiguos.

Los anfíboles (esquistos y anfibolitas) pertenecen a facies de presión intermedia tipo Dalradian y las actinolitas presentes en los esquistos anfibólicos pertenecen a facies de baja presión del metamorfismo, de tipo Abukuma.

La zonación interna en los granates dan indicaciones muy importantes sobre el avance del metamorfismo. Los granates se presentan zoneados y con núcleos formados a mayor temperatura que los bordes lo que conlleva a pensar que el proceso de exhumación ocurrió lentamente.

La última fase retrógrada es responsable para la cloritización de biotita, granate y hornblenda en todo el área de estudio como para la cristalización de muscovita, clorita y cuarzo. Los granates fueron influidos en sus borde. Con éste último evento finalizó el acontecimiento metamórfico ocurrido en el Paleozoico medio en el Macizo del Deseado.

7. Análisis químico de plutonitas localizadas en el Nordeste del Macizo del Deseado

Las investigaciones de campo y microscópicas presentadas en los capítulos anteriores han sido integradas con 54 análisis químicos de roca total, en los cuales se han analizado elementos mayoritarios y trazas. Las muestras estudiadas corresponden a granitos de Estancia Tres Hermanas, granitos, gabros y filones capa de Estancia Dos Hermanos, granitos de Estancia El Sacrificio, granodioritas del Plutón El Laurel, gabros de Laguna Gregorio, granitos de Laguna Jorge, y diques que intruyen dichas plutonitas. La tabla de análisis químicos se encuentra en el *Anexo III a y b*.

La finalidad de éste trabajo es:

- a) conocer la composición química de las plutonitas que conforman el basamento metamórfico pre – pérmico en Estancia Tres Hermanas, Dos Hermanos y El Sacrificio para luego clasificarlas y compararlas con las plutonitas mesozoicas que afloran en Estancia El Sacrificio.
- b) determinar el ambiente tectónico en el que se desarrollaron los granitos y la afinidad geotectónica de los gabros.
- c) determinar el origen de los magmas.

7.1 Rocas leucocráticas

En esta parte del trabajo se realiza una división entre rocas leucocráticas y rocas melanocráticas. Dentro del primer grupo se incluyen las plutonitas de Estancia Tres Hermanas, las plutonitas de Estancia Dos Hermanos, los granitos del Plutón El Sacrificio y las granodioritas tonalitas de Plutón el Laurel. Todas estas rocas se incluyen dentro del Complejo Río Deseado de edad siluro-devónico y serán comparadas con los granitos mesozoicos correspondientes al Plutón Laguna Jorge.

7.1.1 Clasificación

Se ha realizado el cálculo según las normas CIPW para clasificar las rocas en base a la propuesta de Streckeisen (1976) y Baker (1979). Las relaciones entre los óxidos de los elementos mayoritarios Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , MnO , TiO_2 y Fe_2O_3 como así también los elementos trazas Ba, Sr y Rb respecto al contenido en SiO_2 es representado en los diagramas de variación de Harker.

La composición mineral de las plutonitas paleozoicas y mesozoicas del Macizo del Deseado son ploteadas en diagramas Q-A-P (Cuarzo – Feldespato alcalino – Plagioclasa-) según las normas CIPW en la *fig. 7.1a*. Las rocas correspondientes a Estancia Dos Hermanos se clasifican según Streckeisen (1976), principalmente como granodioritas con tendencia a tonalitas, mientras que según Backer (1979), serían exclusivamente trondhjemitita *fig 7.1b*. Las plutonitas de Estancia Tres Hermanas se clasifican como monzogranitos a granodioritas, mientras que según Backer (1979) serían trondhjemitita - granitos.

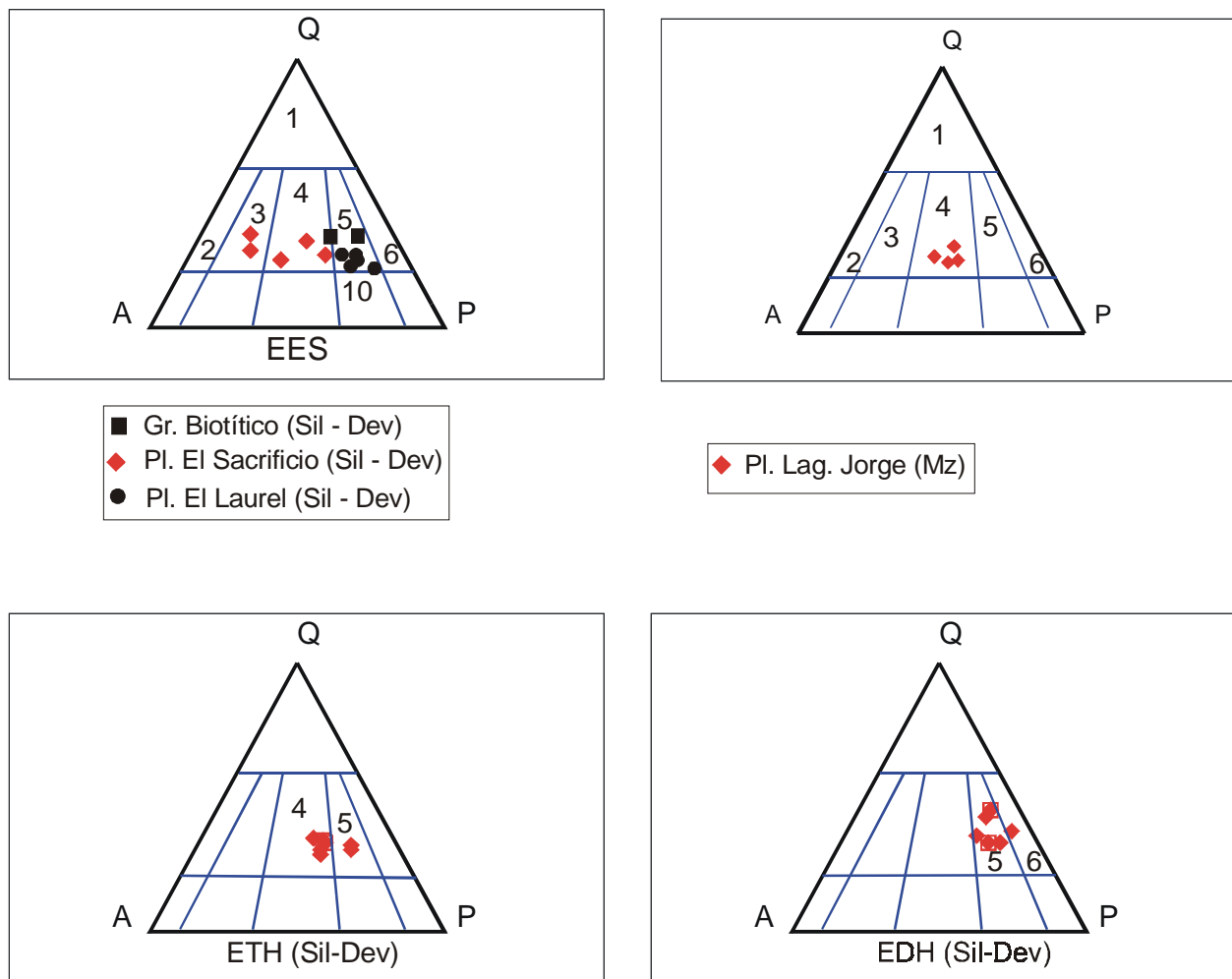


Fig. 7.1a Contenido mineral según la norma CIPW en el diagrama Q-A-P (Cuarzo-Feldestato alcalino-Plagioclasa) en plutonitas del Complejo Río Deseado y plutonitas mesozoicas. La clasificación es según Streckeisen (1976). 1- granitoide rico en cuarzo, 2- granito alcalifeldespático, 3- sienogranito, 4- monzogranito, 5- granodiorita, 6- tonalita.

Según la clasificación de Streckeisen (1976), las plutonitas correspondientes al Plutón El Sacrificio son de sieno- a monzogranitos y principalmente granodioritas, las rocas correspondientes al granito biotítico. Según Backer (1979) se clasifican como granitos los primeros y granodioritas los segundos.

Las tonalitas - granodioritas correspondientes al Plutón El Laurel de acuerdo a la clasificación de Streckeisen (1976), se trataría de granodioritas a cuarzo monzodioritas. Las muestras correspondientes al Plutón Laguna Jorge (Mesozoico) indican que se trata de un monzogranito de acuerdo a la clasificación de Streckeisen (1976) mientras que según Backer (1979) se trataría de un granito.

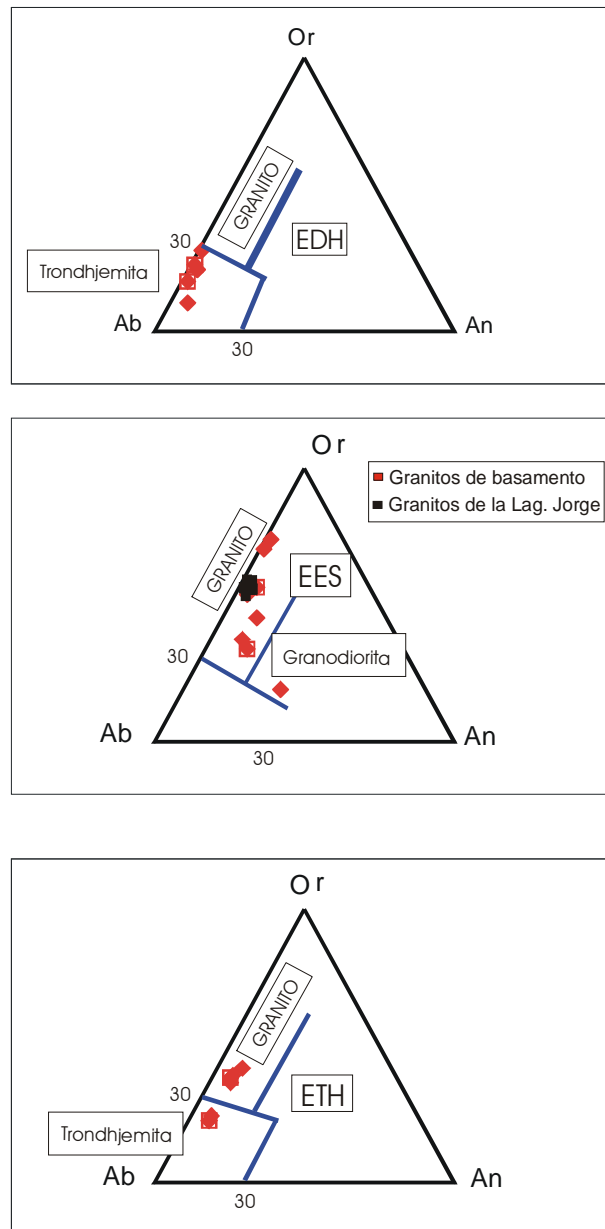
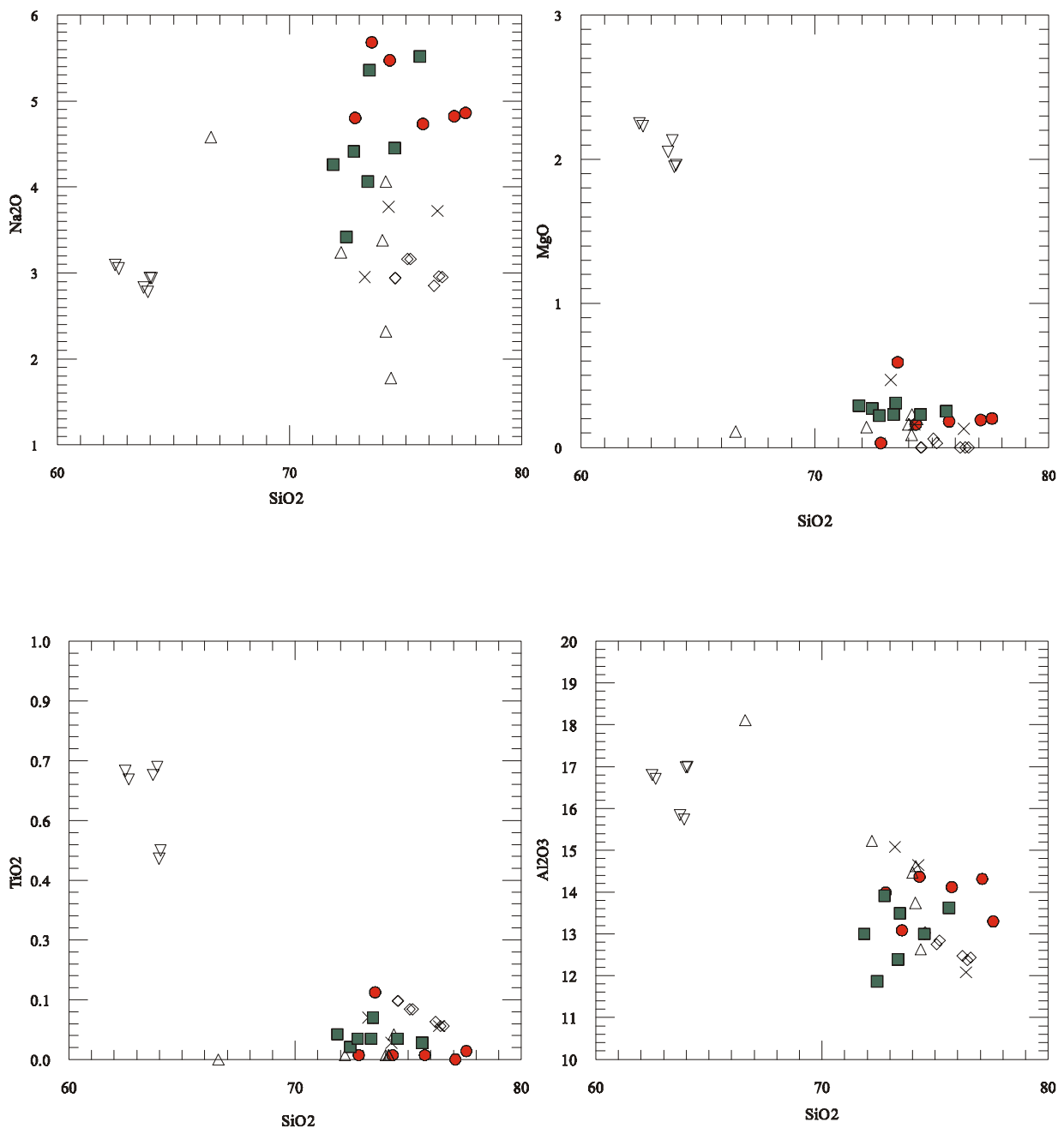


Fig. 7.1b Ploteo de anortita normativa (An) – albita normativa (Ab) y ortosa normativa (Or) según el diagrama de Backer (1979), para plutonitas del Complejo Río Deseado y plutonitas mesozoicas (Pl.Lag. Jorge). Los valores indicados a lo largo de los ejes están expresados en mol %

7.1.2 Análisis de los Elementos Mayoritarios

Dentro de los granitos del basamento se puede diferenciar de acuerdo al contenido en SiO_2 el Plutón el Laurel, que presenta un contenido en SiO_2 que varía entre 62 y 65%, mientras que para el resto de los granitos varía entre 72 y 78% en peso. Los granitos mesozoicos presentan un contenido en SiO_2 que varía entre 73 y 77 % en peso.

A través de los diagramas de Harker se puede observar para todo el grupo de plutonitas analizadas, como los elementos compatibles tales como Mg, Ca y Ti disminuyen con el aumento en el contenido en SiO_2 (fig. 7.2).



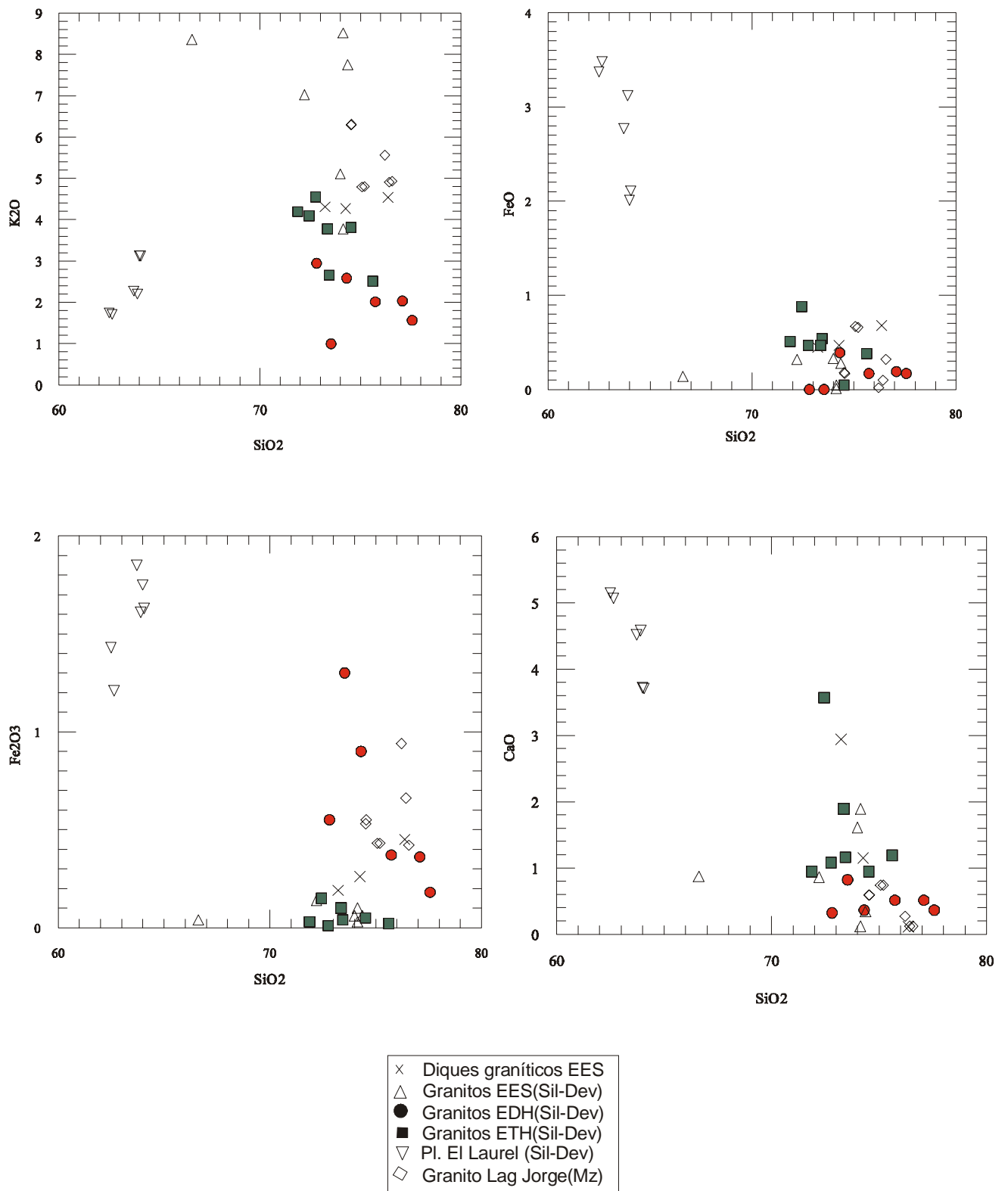


Fig. 7.2 Diagrama de Harker para los granitos que constituyen el basamento metamórfico "Complejo Río Deseado" y para granitos mesozoicos.

El contenido en K_2O disminuye con el aumento en el contenido en SiO_2 mostrando una diferencia en la composición del feldespato, con excepción de el Plutón El Laurel el cual muestra una tendencia contraria.

En el diagrama $CaO/(Na_2O+K_2O)$ vs SiO_2 (fig. 7.3) se observa que los granitos de ETH presentan una variación de $CaO/(Na_2O+K_2O)$ entre 0.1 y 0.5 para un contenido en SiO_2 entre 72 y 76% mientras que para los granitos de EDH la concentración en $CaO/(Na_2O+K_2O)$ es menor y varía entre 0.05 y 0.11 para un contenido en SiO_2 entre 73 y 79 %, para el Plutón El Sacrificio y el granito biotítico no hay una tendencia clara ya que los puntos varían desde 0.01 hasta 0.2 para un contenido en SiO_2 entre 67 y 74%. El plutón El Laurel muestra una tendencia negativa claramente marcada a igual que los granitos mesozoicos.

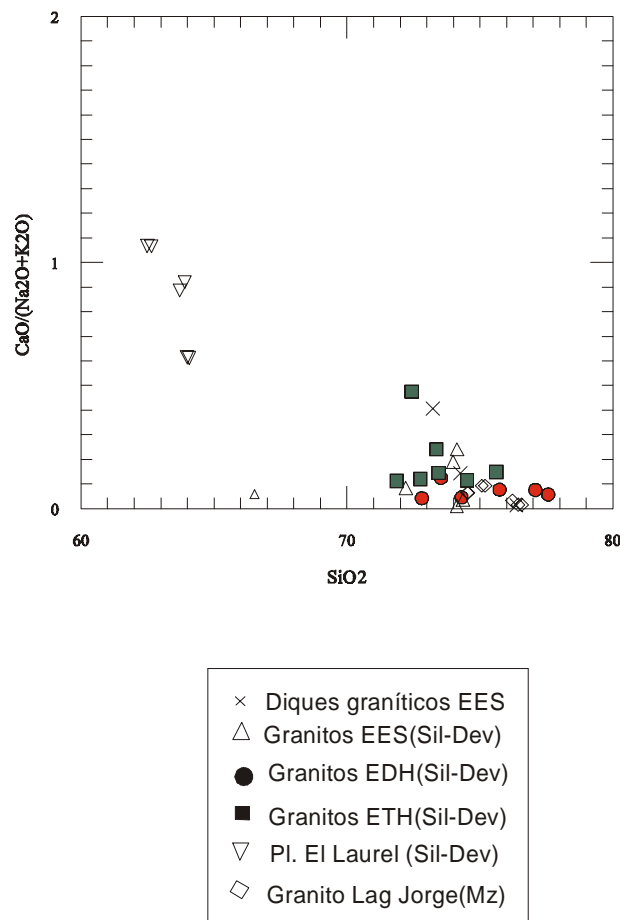


Fig. 7.3 Diagrama $CaO/(Na_2O+K_2O)$ vs SiO_2 para plutonitas siluro –devónicas y mesozoicas del Macizo del Deseado.

Todas las plutonitas son ploteadas en la *fig. 7.4a* según la relación $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (A/NK) versus $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ (A/CNK). En éste diagrama se observa una tendencia marcada en la que es posible diferenciar los granitos con plagioclasa de aquellos mas ricos en ortosa.

En la *fig. 7.4b* se observa que los datos analizados se ubican en el campo de los granitos peraluminosos de tipo colisión continental (CCG= *continental collision granites*) de acuerdo al diagrama de Maniar & Piccoli (1989).

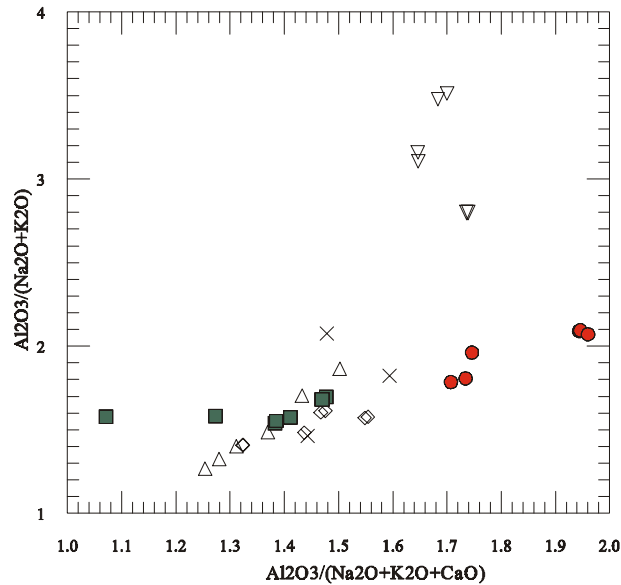


Fig. 7.4a Diagrama que muestra la relación $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (A/NK) versus $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ (A/CNK) para plutonitas siluro –devónicas y mesozoicas del Macizo del Deseado. Las referencias son las mismas que en el gráfico anterior.

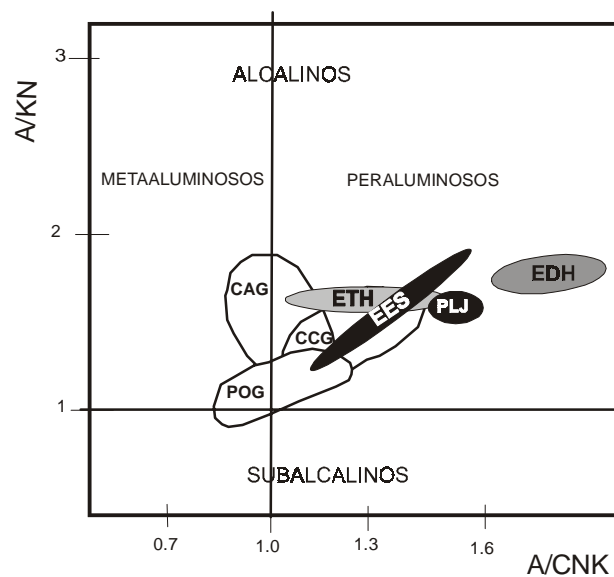


Fig. 7.4b Diagrama de discriminación según Maniar & Piccoli (1989), donde se plotea A/CNK versus A/KN. A: Al_2O_3 , C: CaO, N: Na_2O , K: K_2O . CCG: “granitos de colisión continental”, CAG: “granitos de arco continental”, POG: “granitos post- orogénicos”.

Además se ha determinado la relación molar entre el Al_2O_3 y la suma de CaO , K_2O y Na_2O índice de saturación del Aluminio, o ASI según Zen (1986); a menudo referido como A/CNK (Clarke 1981b), para rocas graníticas peraluminosas esta relación es mayor a la unidad, como se expresa a continuación

$$\text{ASI} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) > 1$$

(Shand 1949, Chapell & White 1974, Miller & Bradfish 1980, Clarke 1981a, Speer 1984).

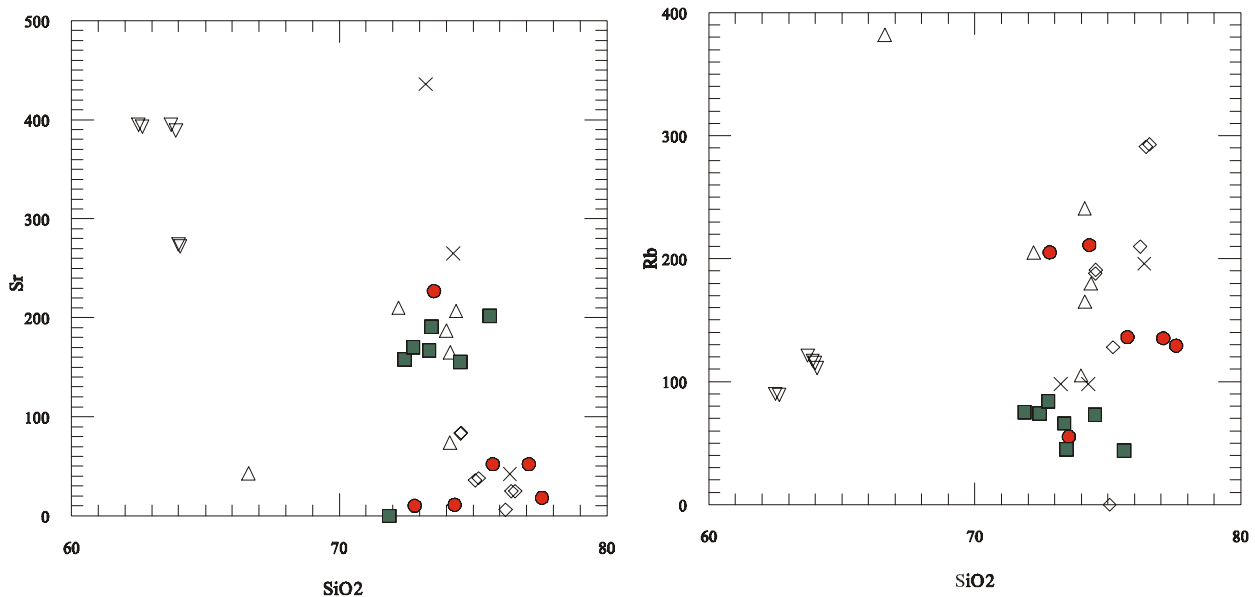
En la *fig 7.5* se presenta un cuadro demostrativo con los valores ASI para el set de granitos analizados.

Localidad	Roca	ASI
		(Zen 1986)
ETH	granito foliado	1.38 - 1.48
	granito no foliado	1.71-1.75
EDH	granito muscov.	1.93 - 1.96
	granito biot.	1.25 - 1.50
EES	granito muscov.	1.55 - 1.78
	granito biot.	1.25 - 1.50
	granito Lag. Jorge	1.32 - 1.55
	Plutón El Laurel	1.6 - 1.78

Fig. 7.5 Cuadro demostrativo con los valores ASI para el set de granitos pre-pérmicos y para el granito Laguna Jorge de edad mesozoica.

7.1.3 Análisis de elementos trazas

En cuanto al contenido en Rb, los valores mas altos corresponden a los granitos biotíticos de el Sacrificio, a los granitos no foliados de EDH y a las plutonitas mesozoicas. El enriquecimiento que presentan en Rb puede ser consecuencia de una alteración de tipo silicato K y/o sericitica, debido al crecimiento de biotita secundaria y muscovita. La relación Rb/ Sr disminuye al incrementarse el contenido en ppm de Sr. Los radios Rb/ Sr indican un fraccionamiento de feldespatos. La concentración en elementos trazas Nb, Y, Rb y Sr según las relaciones Nb vs Y, Rb vs (Y+Nb) y Rb vs SiO₂ son representados en diagramas de discriminación según Pearce *et al.* (1984) (fig. 7.6). De acuerdo al contenido en Rb respecto a SiO₂ éstos granitos se localizan en el campo de los granitos sincolisionales, al analizar el contenido de Y y Nb éste es bajo y los granitos se alojan en el campo de arco volcánico + sincolisional. La relación Y vs SiO₂ muestra que los puntos se concentran en el campo de arco volcánico + granitos colisionales según el gráfico de Pearce (1984).



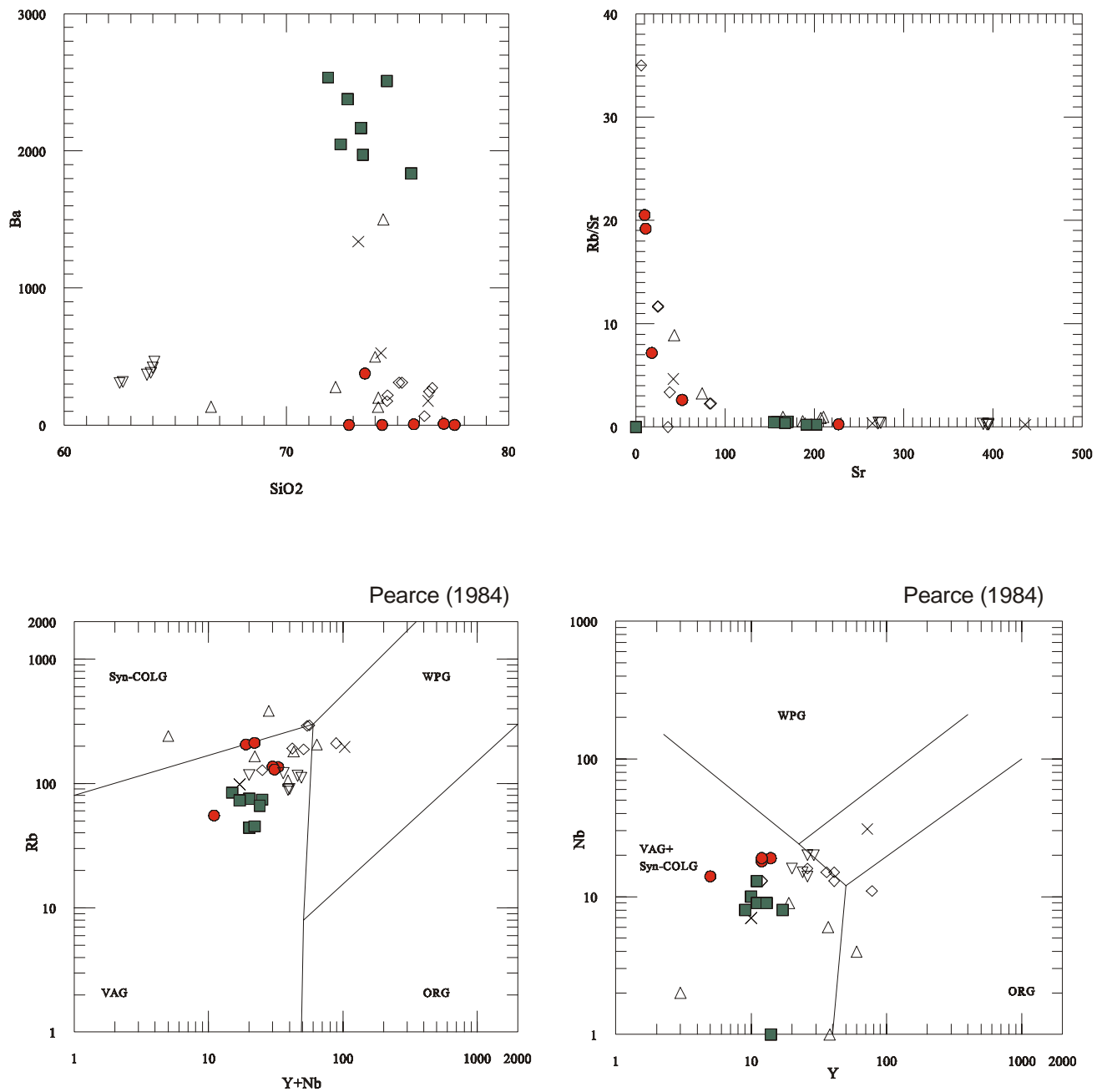


Fig. 7.6 Diagramas de variación de elementos trazas y de discriminación para los granitos de basamento y los granitos mesozoicos.

De acuerdo a los parámetros R1-R2 propuestos por Batchelor & Bowden (1985) estos granitos se ubicarían en el campo 6 correspondientes a granitos sincolisionales (*fig. 7.7*). Para concluir con los diagramas de discriminación para granitoides en la *tabla 7.1* se presenta un sumario de los resultados obtenidos para los tres afloramientos analizados. En la *fig. 7.8* se representa la variación del corundum respecto al cuarzo. La presencia de la norma de corundum (C) es el resultado del exceso molecular de Al_2O_3 respecto al contenido en Na, Ca y K, necesario para producir feldespato; esto es

$$\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$$

El CaO es reducido y combinado con P_2O_5 para formar apatita. Los granitos peraluminosos presentan un % normativo en C que es inferior a 4. (Clemens & Wall 1981). Para los granitos de ETH se observa que presentan bajo C menos que 1, los granitos biotíticos de EES presentan entre 1 y 2 % en peso y el Plutón El Sacrificio presentan entre 0.5 y 1 % en C. En los granitos de EDH se puede diferenciar entre los tipos foliados y no foliados presentando éste último mayor contenido en C entre 3 y 4 % en peso mientras que los granitos foliados entre 2 y 3 %. Rocas con alto contenido en C indican que tienen alto contenido en Biotita sin presencia de algún aluminosilicato. En base al contenido en C es posible diferenciar granitos de tipo I de los de tipo S, los granitos con un contenido en C mayor a 1% serían de tipo S. Por lo que se plantearía que solo los granitos de EDH y los granitos biotíticos de EES serían de tipo S.

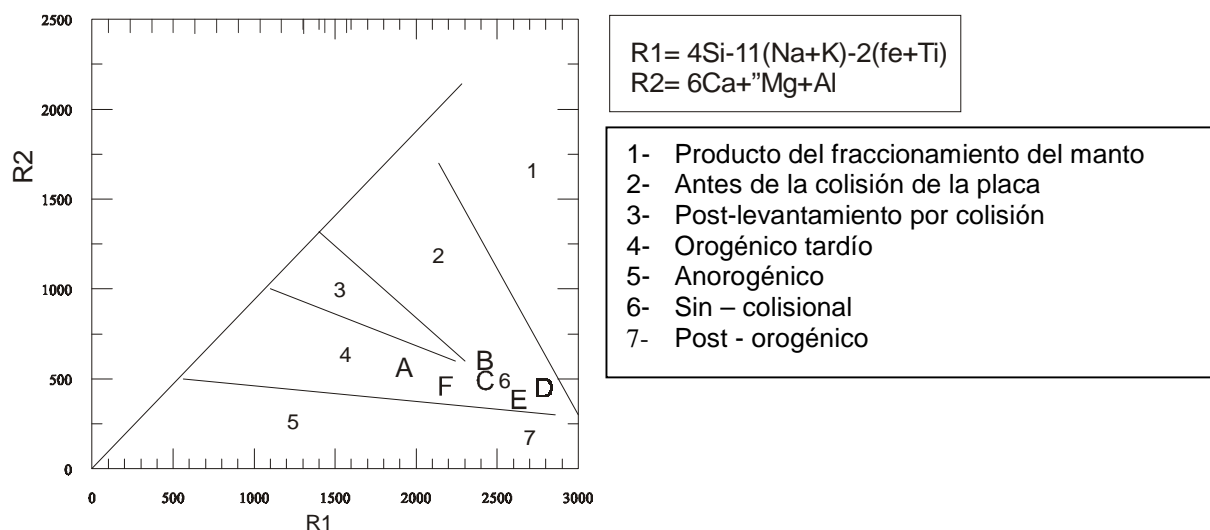


Fig. 7.7 Diagrama multicatiónico R1-R2 según De la Roche (1980), modificado por Batchelor & Bowden (1985). A: Pl. El Sacrificio, B: Granito biotítico EES, C: Granito fol EDH, D: Granito no fol EDH, E: Pl. Lag. Jorge, F: Pl. El Laurel.

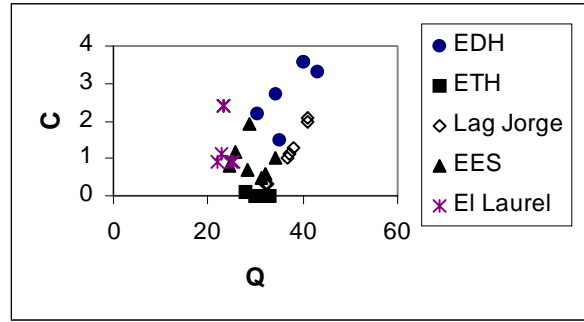


Fig. 7.8 Diagrama corundum versus cuarzo, calculado a partir de la norma CIPW. La marcada tendencia del diagrama indica variación en el enriquecimiento cortical.

En la fig. 7.9 se observa que todos los granitos presentan una tendencia cálcica mientras que los gabros de EDH y del Plutón Lag. Gregorio presentan una tendencia alcalina a calcoalcalina. En base a los gráficos realizados se los interpreta como granitos sincolisionales, los cuales presentan una relación $A/CNK > 1$ según Chappell & White (1974, 1983) y Pitcher (1982); éstos granitos presentan todas las características de un granito peraluminoso de tipo S. El bajo contenido en K con respecto al contenido en Na, puede ser explicado a través de la presencia de mirmequitas y/o pertitas en la textura de los granitos, características identificadas con la petrografía. Corresponderían a un estadio temprano de evolución del continente. Estos granitos son enteramente producto anatéticos de la corteza, especialmente de metasedimentos como grauvacas. A continuación se presenta una tabla de criterios para identificar granitos S (tabla 7.2).

Los granitos de tipo S muestran una mayor irregularidad composicional en relación a los otros tipos de granitos debido a que el origen meta - sedimentario es mas heterogéneo.

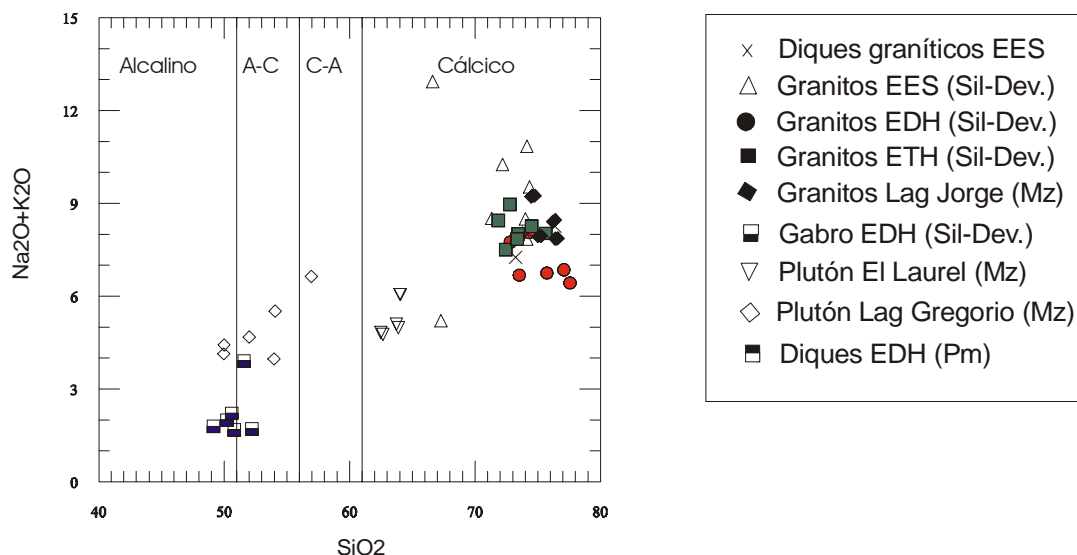


Fig. 7.9 Diagrama que muestra la variación del K_2O+Na_2O versus SiO_2 , para todas las plutonitas (paleozoicas y mesozoicas) presentes en el Macizo del Deseado.

7.1.4 Discusión acerca mineralogía y paragénesis mineral

En el capítulo 4 se presentan los cuadros de mineralogía y paragénesis mineral para los tres afloramientos estudiados. En la *fig. 7.10* se realiza la comparación del índice de saturación en Aluminio (ASI) en paragénesis libre de cordierita como son las plutonitas del Macizo del Deseado y paragénesis con cordierita como los granitos de Carnmenellis en el Batolito Cornubiano (Charoy 1986), Batolito South Mountain (McKenzie & Clarke 1975), Plutón Strathbogie (Clemens & Wall 1981). De la comparación surge que las rocas que contienen cordierita no son mas peraluminosas que aquellas otras que no la contienen. El amplio rango en los valore ASI observados para granitos con dos micas podría reflejar una importante alteración de las fases fluidas. Los minerales que indican magmas fuertemente peraluminosos serían muscovita y granate, para las plutonitas del Macizo del Deseado.

Los granates presentes en rocas graníticas peraluminosas de poca profundidad presentan una composición predominantemente almandino-espesartina, las soluciones sólidas presentan menor proporción del componente piropo (Clarke 1981 b), (ver capítulo 5).

En cuanto a la muscovita es importante reconocer si ella es magmática o bien aparece como producto de una reacción subsólida, por lo que es importante establecer criterios texturales para muscovita magmática, como son cristales grandes, buena terminación del cristal, presentar formas euhedrales a subhedrales, y principalmente no estar incluida en otros minerales como ser feldespatos, ya que pudo haber sido formada a través de una alteración subsólida a partir de él (Miller *et al.* 1981), (ver capítulo 5). Como mineral que no indica magmas peraluminosos encontramos biotita, el valor ASI para biotitas en contacto con muscovita y granate es > 1.4 para las plutonitas del Macizo del Deseado varía desde 1.58 a 1.90, esto refleja un incremento de la actividad de la alúmina en el magma. El valor ASI en biotitas determinado a partir de los análisis de microsonda es una buena guía de la peraluminosidad de las rocas. Las hornblendas ígneas, como las observadas en la granodiorita de ETH presentan un valor ASI de 0.30 a 0.50 y la presencia de biotita en la muestra es muy restringida, ya que para que haya coexistido con un magma peraluminoso debe presentar valores como 1.1 y 1.2.

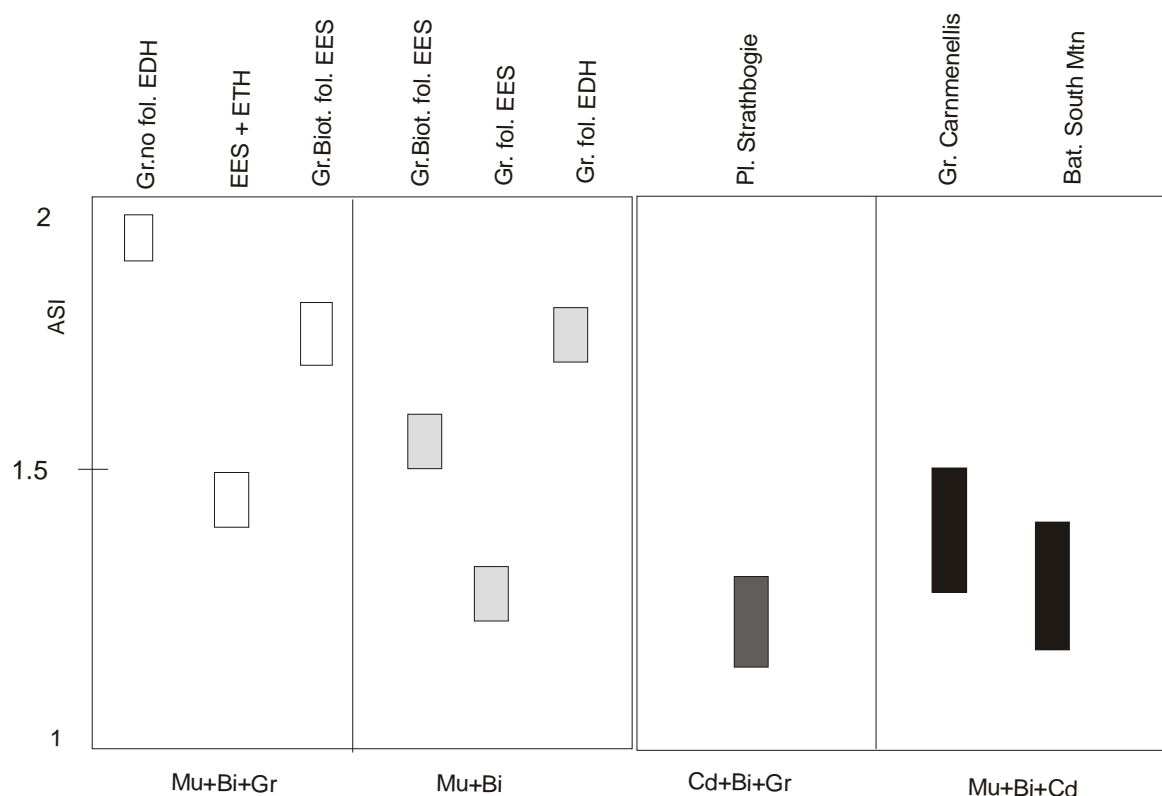


Fig. 7.10 Comparación del índice de saturación en Aluminio (ASI) en paragénesis libres de cordierita en rocas plutónicas correspondientes al macizo del Deseado y paragénesis con cordierita como el plutón Strathbogie (Phillips *et al.* 1981, Clemens & Wall 1981), Granito Carmenellis en el Batolito Cornubiano (Charoy 1986), Batolito South Mountain (Mc Kenzie & Clarke 1975).

7.1.5 Origen de los magmas

Una primera apreciación de la temperatura inicial de los magmas es sobre la dependencia de la temperatura y la solubilidad del Zr en magmas silíceos (Cullers *et al.* 1992). La solubilidad del Zr en magmas silíceos (Sistema SiO_2 - TiO_2 - Al_2O_3 - FeO - MgO - CaO - K_2O - Na_2O - ZrO_2) como función de la temperatura, de la presión y de la composición química del magma, para temperaturas entre 750°C y 1020°C y presiones entre 1.7 y 6 Kb determinadas experimentalmente, fue estudiado por Watson & Harrison (1983) (ver capítulo 6).

La solubilidad del Zr es según Watson & Harrison (1983) dentro de las condiciones del experimento, es en primer lugar una función de la temperatura y de la relación $(\text{Na}+\text{K}+2\text{Ca})/(\text{AlSi})$ del magma (Watson & Harrison 1983).

El contenido en circón para ETH varía entre 5 y 20 ppm y la relación $(\text{Na}+\text{K}+2\text{Ca})/(\text{AlSi})$ llamada M varía entre 0.82 y 1.36, para EDH el contenido en zircón varía entre 29 y 84 ppm y M entre 0.72-1.02 y para EES el circón se presenta entre 5 y 60 ppm mientras M varía entre 0.82 y 1.36.

De acuerdo al diagrama de la *fig 6.12* se observa que para bajas temperaturas los datos son menos precisos que para alta temperatura, ya que a partir de la isoterma de 860°C hasta la de 1020°C se pueden extrapolar claramente los datos.

Comparando con los datos experimentales de Watson & Harrison (1983) se sugiere que la temperatura máxima estimada para los magmas que produjeron los leucogranitos de basamento fue de 750°C.

7.2 Rocas melanocráticas

7.2.1 Clasificación

A continuación se presentan los datos obtenidos de los análisis químicos realizados en gabros correspondientes a EDH, los cuales son comparados con los datos del Plutón Laguna Gregorio (Mesozoico). Las rocas máficas localizadas en Estancia Dos Hermanos se clasifican como monzodioritas a gabro-diorita según la clasificación de Streckeisen (1976) y como monzodiorita a diorita – gabro constituyen el Plutón Laguna Gregorio (Mz). Esta clasificación tiene en cuenta el contenido mineral según la norma CIPW, el diagrama es de tipo Q-A-P (cuarzo - feldespato alcalino – plagioclasa), (*fig.7.11*).

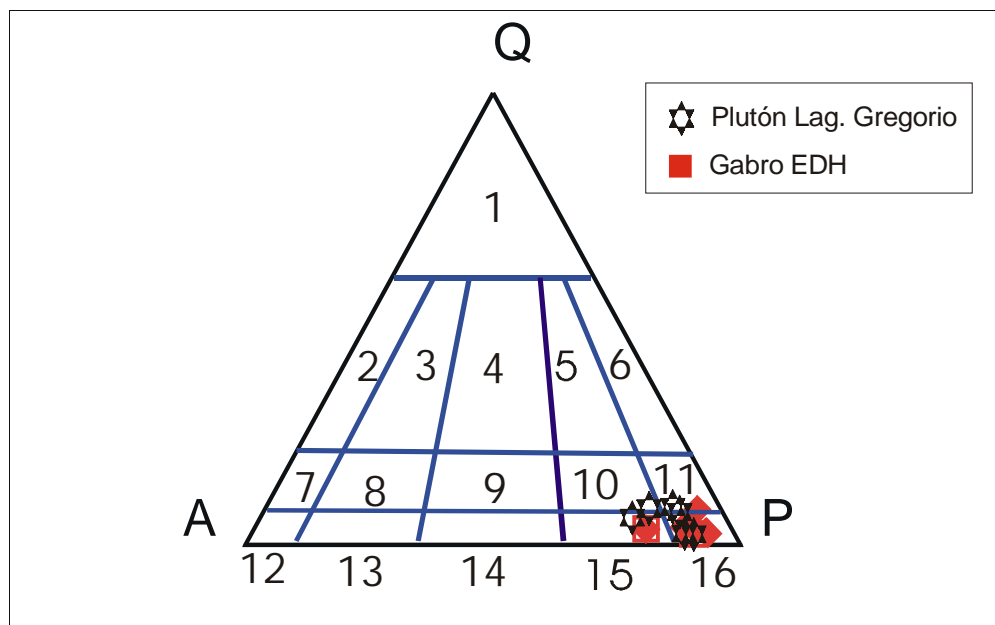
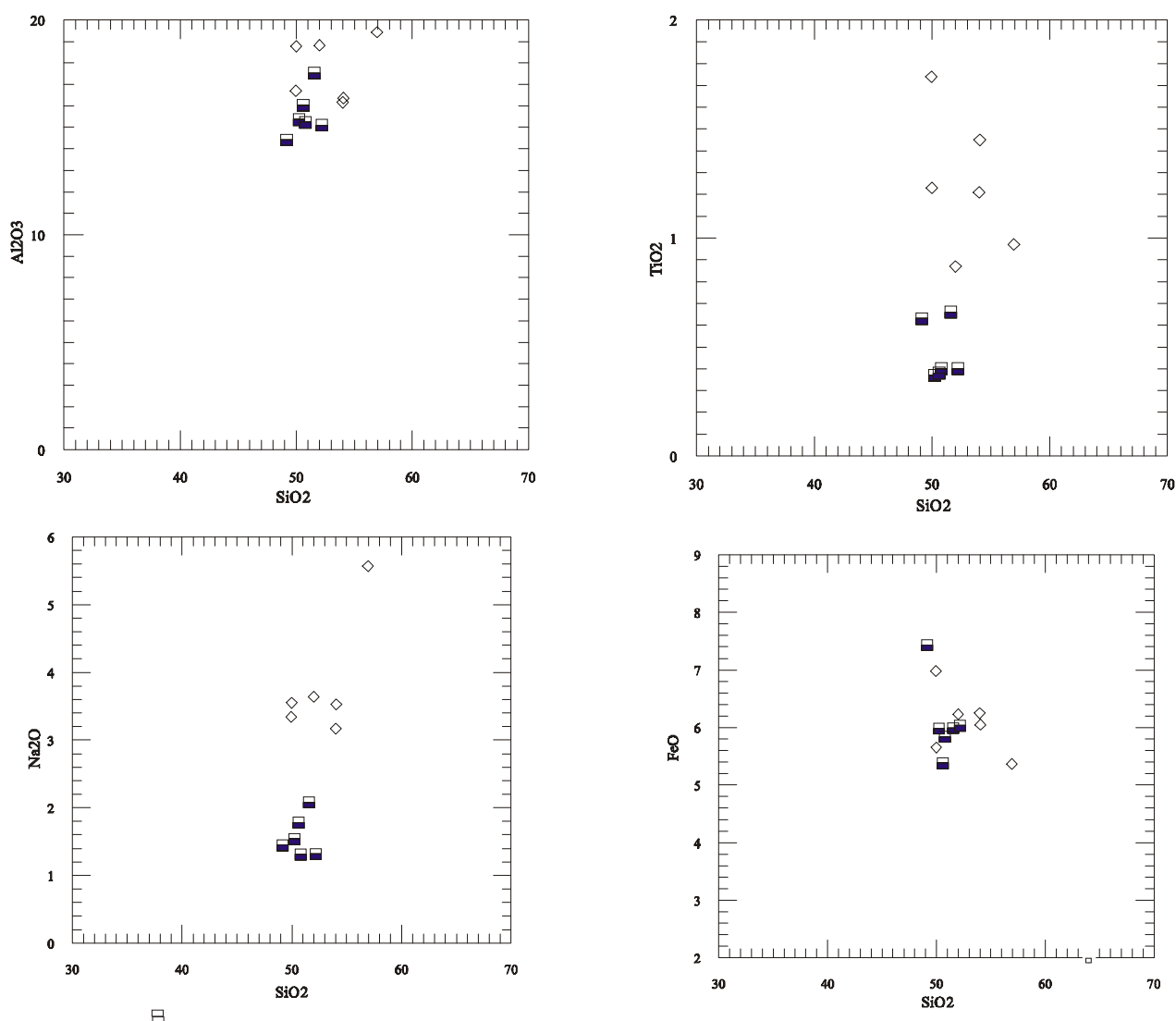
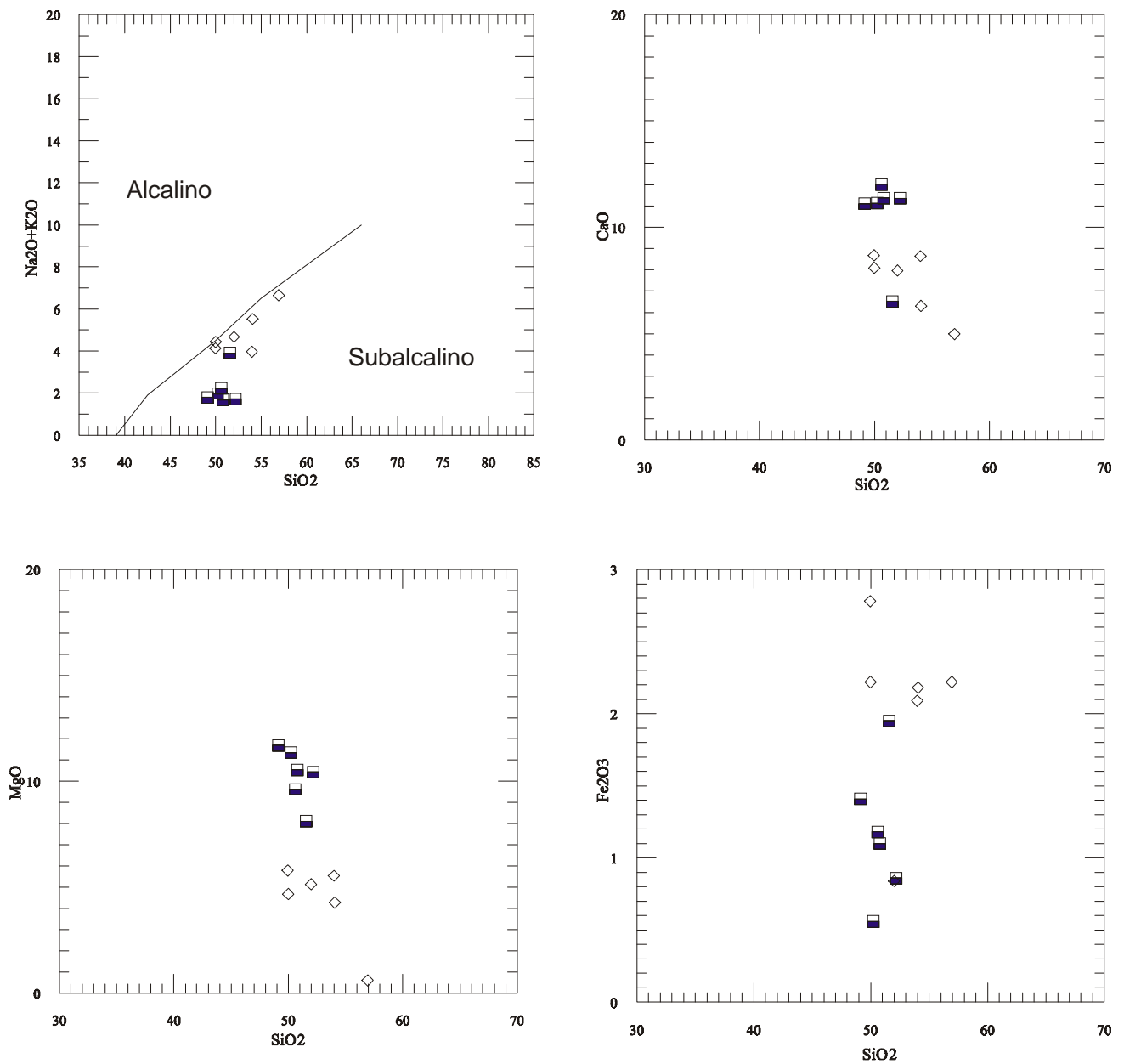


Fig. 7.11 Contenido mineral según la norma CIPW en el diagrama Q-A-P (cuarzo – feldespato alcalino- plagioclasa) en gabros de EDH, Plutón Lag. Gregorio y Plutón El Laurel. La clasificación corresponde a Streckeisen (1976). 1- granitoide rico en cuarzo, 2- granito alcalifeldespático, 3- sienogranito, 4- monzogranito, 5- granodiorita, 6- tonalita, 7- cuarzo sienita alcalifeldespática, 8- cuarzo sienita, 9- cuarzo monzonita, 10- cuarzo monzodiorita, 11- cuarzo diorita, 12- sienita alcalifeldespática, 13- sienita, 14- monzonita, 15- monzodiorita, 16- diorita gabro.

7.2.2 Diagramas de discriminación

Los diagramas de Harker muestran que los elementos compatibles Fe, Mg y Ca disminuyen al aumentar el contenido en Si, lo que sugiere un fraccionamiento de los minerales máficos, Fe y Mg para formar anfíboles (posiblemente hornblenda). Los elementos incompatibles siguen un comportamiento distinto, el K se enriquece con el Si y el Na también, lo que sumado a la pérdida en Al, se interpreta como un fraccionamiento de plagioclasa sódica. De acuerdo a los diagramas presentados se interpreta el proceso como una cristalización fraccionada a partir de un magma original (fig. 7.12).





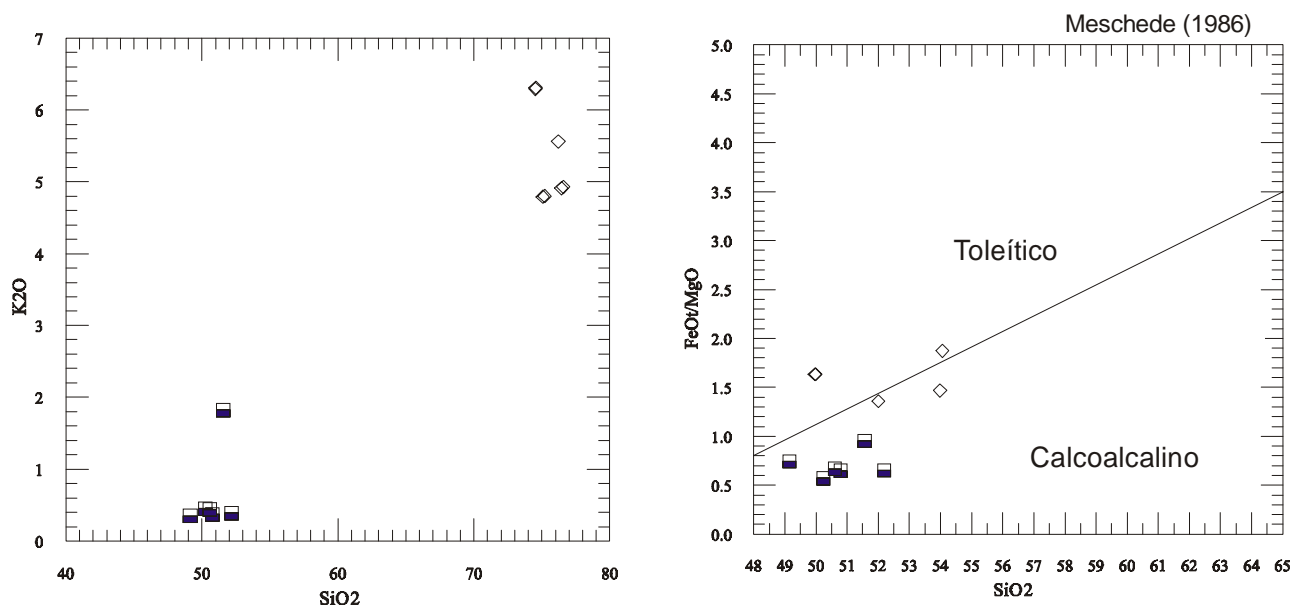


Fig. 7.12 Diagrama de variación de Harker y diagrama de discriminación de Irvini & Baragar (1971). Para gabros localizados en EDH y Plutón lag Gregorio (Mesozoico).

En la fig. 7.13 se presentan el diagramas de discriminación según Pearce & Can (1973) en los que se observa la tendencia calcoalcalina de los gabros. De acuerdo a la relación Al_2O_3 versus TiO_2 , $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$ versus SiO_2 , TiO_2 versus FeO/MgO y Ti versus Zr se define que los gabros presentan una composición Mg- Gabro y presentan una afinidad calcoalcalina.

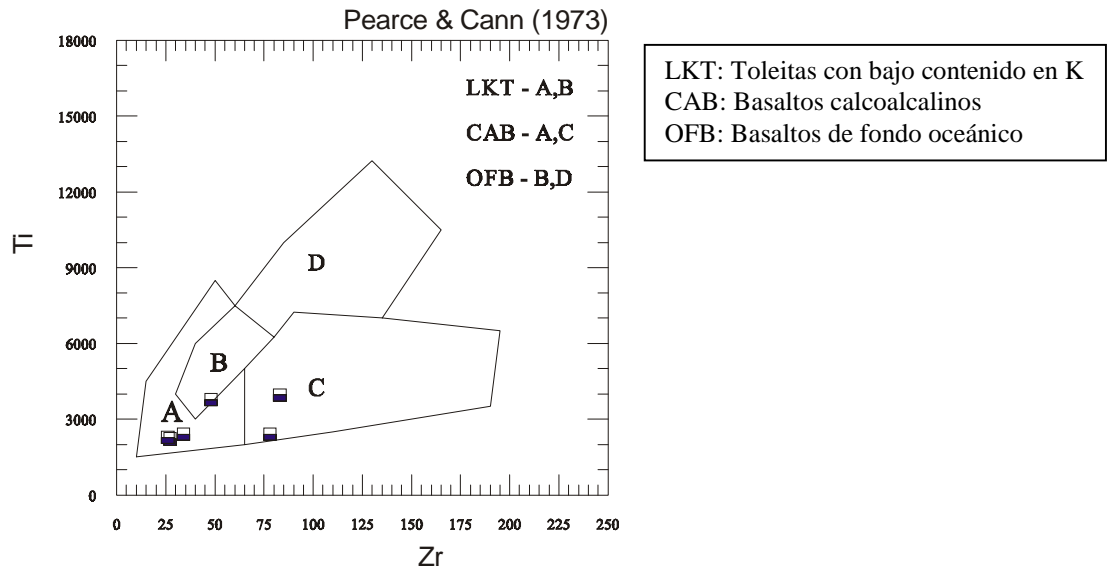


Fig. 7.13 Diagrama de discriminación según Pearce & Cann (1973) para muestras de gabros localizadas en EDH.

Los diagramas ternarios (fig. 7.14-7.15-7.16) proveen información preliminar acerca del protolito y de la posible afinidad tectónica de éstas rocas. Las subdivisiones del campo en el diagrama ternario AFM (Morse 1988, modificado por Colombi & Pfeifer 1989) confirma la presencia de gabros magnesianos en EDH y EES. Los análisis correspondientes a las plutonitas que constituyen el basamento muestran una afinidad calcoalcalina (fig 7.14). Los análisis correspondientes al gabro de EDH se ubican en el límite entre magma calco alcalino a toleítico. Desde el punto de vista geoquímico las plutonitas mesozoicas de EES corresponden a una suite calcoalcalina en coincidencia con los datos geoquímicos de Godeas (1985) para otra localidad del Macizo del Deseado (fig. 7.15). Las plutonitas mesozoicas analizadas en el presente trabajo se podrían correlacionar con la fase III y I descrita por Marquez (1984). Comparándolas con las plutonitas del basamento ígneo –metamórfico, en éstas se reconoce una suite calcoalcalina que comienza con la fase I (gabro de EDH), continúa con la fase II (gabro- diorita de El laurel) para culminar con la fase III que son granitos leucocráticos correspondientes a EDH, ETH y EES.

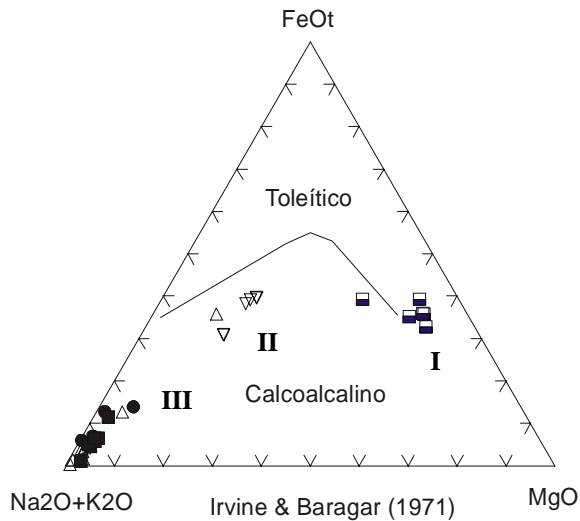


Fig. 7.14

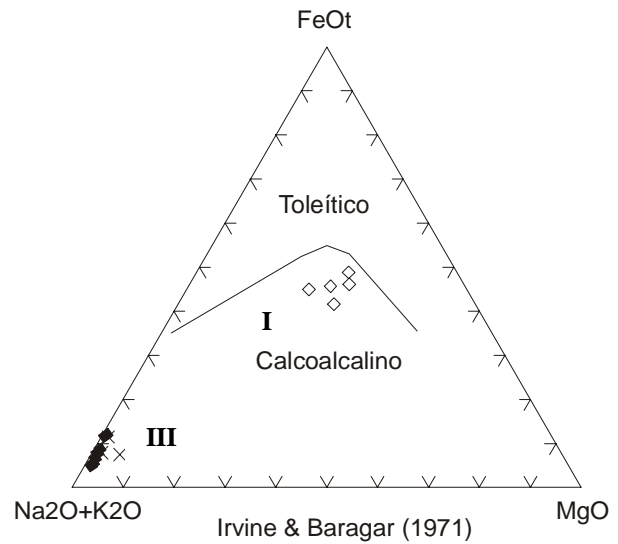


Fig. 7.15

Fig. 7.14-7.15 Diagramas ternarios en los cuales se compara la tendencia alcalina en las plutonitas que constituyen el basamento metamórfico del "Complejo Río Deseado" (fig.7.14) y las plutonitas mesozoicas (fig.7.15).

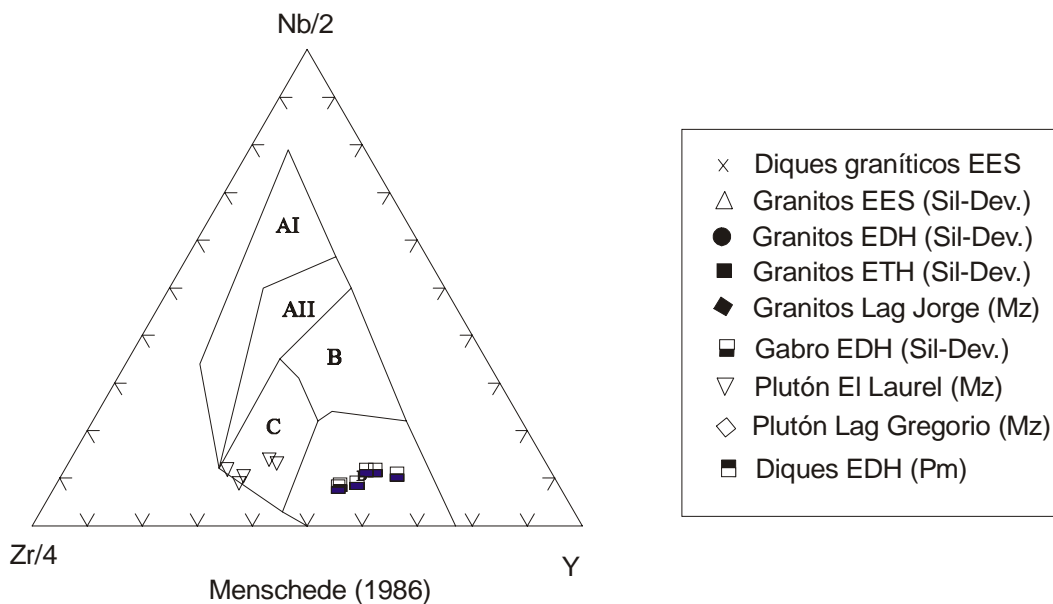


Fig. 7.16 Diagrama ternario discriminativo de rocas máficas. AI-AII: Basaltos alcalinos de intraplaca, AII-C: Toleitas de intraolacas, B: P-MORB, D: N-MORB, C-D: Basaltos de arco volcánico, según Menschede (1986).

Estos diagramas nos permiten caracterizar a los gabros – dioritas de EDH como gabros magnesianos de tipo toleíticos a calcoalcalinos con un bajo contenido en Ti y relativo alto contenido en Mg.

7.3 Resumen

El granito de se clasifica como monzogranito a granodiorita según Streckeisen (1976) y como granito a trondjemita según Backer (1979).

En cuanto al ambiente tectónico según el diagrama de Maniar & Piccoli (1989) serían granitos de colisión continental y según los diagramas de Pearce et al. (1984) se localizan en el campo de los granitos sincolisionales + arco volcánico.

Los granitos foliados de EDH presentan una edad $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de 454 ma y $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de 472 ma según Loske *et al.* (1999) pero por tratarse de una error isocrona no se ha utilizado en éste trabajo para su interpretación. Las rocas correspondientes a Estancia Dos Hermanos se clasifican principalmente como granodioritas, según Streickeisen (1976), mientras que según Backer (1979) serían exclusivamente Trondhjemita.

El plutón El Sacrificio, según la clasificación de Streckeisen (1976), se clasifica como sieno a monzogranitos y en el límite entre tonalita y granodiorita las rocas correspondientes al granito biotítico foliado. Según Backer (1979) serían granitos las rocas presentes en el Plutón El Sacrificio y granodioritas-tonalitas las del granito biotítico. En cuanto al ambiente tectónico según el diagrama de Maniar & Piccoli (1989) serían granitos de colisión continental y según los diagramas de Pearce *et al.* (1984) se localizan en el campo de los granitos sincolisionales + arco volcánico.

El Plutón El Laurel es clasificado de acuerdo al diagrama de Streckeisen (1976) como una granodiorita a cuarzo-monzodiorita.

Para los granitos de basamento localizados en el Nordeste del Macizo del Deseado se interpreta que la temperatura máxima del magma fue de 750 °C según una comparación con los datos de Watson & Harrison (1995). Presentan una relación $A/CNK > 1$ según el concepto de Chappell & White (1974) y Pitcher (1982) lo que conlleva a clasificarlos como granitos peraluminosos de tipo S.

Una característica de las plutonitas que constituyen el basamento ígneo - metamórfico es la presencia de corindón en la norma CIPW. Solamente las muestras correspondientes al granito de ETH contiene diópsido normativo. Para las demás rocas el contenido normativo en corindón varía entre 1 y 4. Estos altos contenidos en Aluminio indican la participación de material de corteza en la formación de los magmas graníticos

De las plutonitas mesozoicas que afloran en EES se clasifica el Plutón Laguna Jorge como un monzogranito de acuerdo a la clasificación de Streckeisen (1976) mientras que según Backer (1979)

se trataría de un granito. Entretanto el Plutón Laguna Gregorio se clasifica de acuerdo a Streckeisen (1976) como una cuarzo-monzodiorita, cuarzo–diorita , monzodiorita hasta diorita-gabro.

De la secuencia de eventos intrusivos del Mesozoico descrita por Marquez (1994) pueden ser reconocidas en EES dos fases, la fase I compuesta por monzodioritas pertenecientes al Plutón Laguna Gregorio las cuales presentan una afinidad calcoalcalina y se las interpreta como de tipo I. La segunda facie observada es la facie III en la cual se incluye al monzogranito Laguna Jorge y a los diques graníticos que atraviesan toda la secuencia plutónica.

Realizando éste mismo tipo de correlación para las plutonitas que pertenecen al basamento metamórfico se observa que el gabro de EDH se localiza exactamente en el límite entre toleítico y calcoalcalino pudiendo correlacionarse con la fase I, luego continúan granodioritas a cuarzo – monzodiorita pertenecientes al Plutón El Laurel, las cuales podrían coincidir con la fase II y por último los leucogranitos presentes en ETH, EDH y EES se correlacionarían con la fase III. El magmatismo asociado al basamento ígneo – metamórfico habría comenzado con fases monzodioríticas menos evolucionadas para luego variar a términos leucograníticos peraluminosos más evolucionados.

7.4 Conclusiones

La clasificación de la historia deformacional del Complejo ígneo metamórfico Río Deseado y la subdivisión en 3 fases deformación en el capítulo 3 facilita la determinación de la edad relativa de los plutones. De la comparación de las intrusiones, de su fábrica interna y de sus relaciones estructurales con la roca de caja, la siguiente subdivisión en tres fases intrusivas fue deducida, lo cual se apoya en las edades radiométricas conocidas:

Fase intrusiva (I1): Monzogranitos sincinemáticos de edad silúrica

Fase intrusiva (I2): Gabro dioritas de edad desconocida y granitos bioíticos foliados

Fase intrusiva (I3): Granitos y monzogranitos no foliados de edad siluro devónica y venas pegmatíticas que constituyen eventos tardiomagmáticos.

Estas fases de intrusión deben entenderse como culminaciones de una actividad magmática casi continua, que se desarrolla en el Siluro – Devónico. No se puede establecer una relación directa entre la edad de los plutones y la composición química. La actividad intrusiva culmina a los 410 ma (Pankhurst *et al* 1999), excepto la formación de pegmatitas que son de menor importancia.

Una característica de las plutonitas que constituyen el basamento ígneo - metamórfico es la presencia de corindón en la norma CIPW. Solamente las muestras correspondientes al granito de ETH contiene diópsido normativo. Para las demás rocas el contenido normativo en corindón varía entre 1 y 4. Estos altos contenidos en Aluminio indican la participación de material de corteza en la formación de los magmas graníticos. Se puede realizar una correlación entre la edad de intrusión y el índice de saturación del Aluminio (ASI) de lo que se deduce un incremento continuo del excedente de Aluminio durante el desarrollo temporal. Esta participación de material cortical es mayor en los

granitos más jóvenes. Los valores ASI más bajos corresponden a los granitos correspondientes a la fase de intrusión I1 (Granito foliado ETH), mientras que los valores más altos corresponden a la fase de intrusión I3 (Granito no fol EDH).

Los granitos que constituyen el basamento ígneo metamórfico pertenecientes a la fase I son peraluminosos y de tipo S.

La diferenciación observada en el contenido en ortosa y plagioclasa se puede deber a una variación composicional del protolito (grauvacas) o bien a que fueron afectados por diferentes condiciones de presión y temperatura. Los granitos enriquecidos en biotita como el de EDH tienen contaminación con el manto, mientras los otros granitos con granate y muscovita provienen de material de la corteza.

Los gabros de EDH son gabros magnesianos, con un bajo contenido en Ti debido a la cristalización fraccionada de magnetita durante la fase inicial de acumulación. Estos gabros presentan una afinidad calcoalcalina.

Se concluye que durante la evolución magmática del Complejo ígneo metamórfico Río Deseado, fue utilizado cada vez más material de la corteza para la formación de los magmas graníticos. Los análisis realizados permiten comparar los granitos de basamento con granitos de tipo arco magmático localizados en una corteza engrosada (como en los Andes actuales).

De los análisis geoquímicos en plutonitas mesozoicas de EES se puede concluir que, la secuencia corresponde a una serie calcoalcalina, que comienza con monzodioritas y finaliza con monzogranitos (tipo S) y diques graníticos. Se observa una tendencia desde rocas menos evolucionadas a rocas mas evolucionadas como los leucogranitos.

8. Caracterización de los sistemas hidrotermales alojados en el basamento ígneo-metamórfico en ETH.

Este es el primer trabajo que se realiza sobre catodoluminiscencia (CL) en rocas metamórficas y sistemas hidrotermales alojados en el basamento ígneo – metamórfico del Macizo del Deseado. Se han analizado cuarcitas y mármoles presentes en ETH, en éstas se ha tratado de correlacionar las microestructuras con las propiedades observables a través de la CL.

8.1 Catodoluminiscencia en cuarcitas

En cuarzos metamórficos la luminiscencia es violeta con variaciones en los componentes naranjas y azules. Las luminiscencias anaranjadas rojizas están asociadas a baja temperatura de formación del cuarzo (Sprunt 1978), mientras que para altas temperaturas es importante la formación de colores de luminiscencia azules. La temperatura no es la única variable que afecta el color de catodoluminiscencia sino que la deformación de la roca es otro factor a considerar. En la *fig 8.1* se presenta el mapa geológico con la ubicación del área de trabajo.

En CL los lentes en cuarcita ya descritos en el capítulo 4, presentan una coloración no uniforme violácea variando a tonalidades amarronadas o azuladas dependiendo del tiempo de exposición en los primeros 30 segundos presentan un color violáceo azulado variando rápidamente a colores amarronados anaranjados al cabo de 1 minuto de exposición. El color de CL es mas oscuro al color del cuarzo metamórfico y las tonalidades también. A través de CL se identifican puntos luminiscentes azules los que se identifican como feldespatos potásicos. En los lentes se observan en CL cristales piramidales euhedrales de cuarzo, que crecen libremente a partir de los bordes del lente. El color es azul y presenta zonas de crecimiento concéntricas y paralelas a las caras del cristal. Debido al color en CL, la presencia de cristales euhedrales de cuarzo con zonación concéntrica y coloración azulada se interpreta que se trata de un cuarzo hidrotermal en el cual sería posible identificar distintas tonalidades de azul y amarillo por lo que se podría hablar de distintas generaciones de cuarzo dentro de los lentes (*foto 8.1a y 8.1b*). En cuanto a los lentes con continuidad lateral, éstos presentan las mismas características que los anteriores solo que no presentan cristales de cuarzo azulados con zonación concéntrica. Pero es evidente que el color CL violáceo oscuro es diferente al cuarzo metamórfico. Por lo que se interpreta como procesos de disolución y silicificación selectiva de minerales preexistentes posiblemente feldespatos.

En las venillas hidrotermales se puede diferenciar un cuarzo de grano pequeño contacto suturado y extinción ondulosa en los bordes, aumentando su tamaño hacia el centro de la venilla. Estos cristales localizados en el centro son límpidos, de contactos rectos y de forma euhedral, libre de inclusiones fluidas. A partir de las muestras analizadas se reconocen 3 sistemas de venillas (*fig. 8.2*).

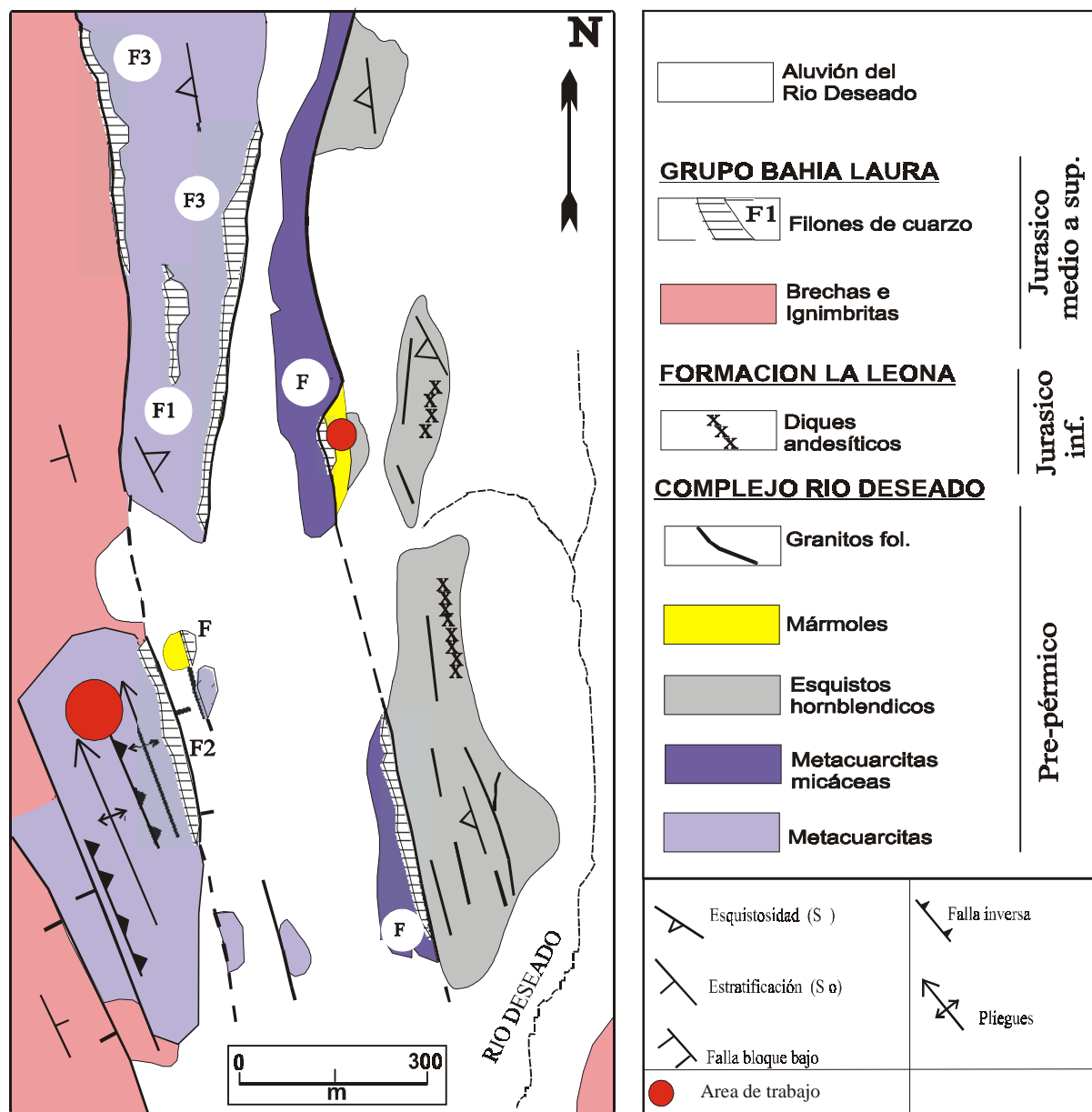


Fig. 8.1 Mapa de ubicación del área de trabajo en el marco geológico, afloramientos de ETH. Mapa tomado de Márquez (1994), modificado Martínez (2000).

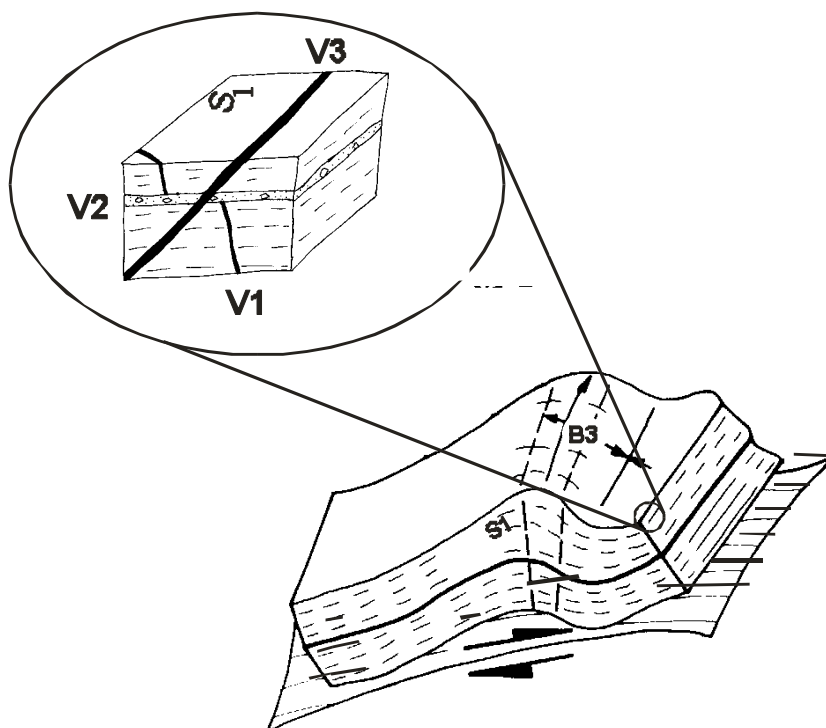


Fig. 8.2 Diagrama esquemático de la estructura de la cuarcita y su relación con los sistemas de venillas de cuarzo hidrotermal.

El sistema de *venillas 1* es transversal a la esquistosidad S1 (azimut 325° e inclina 50° al SW), ésta se encuentra microfallada y desplazada por el sistema de *venillas 2*, la cual es paralela a S1 de las cuarcitas y por último el sistema de *venillas 3* con la misma orientación que el sistema (foto 8.2a y b). La S1 de las cuarcitas esta dada por bandas de lentes de cuarzo alternantes con bandas feldespáticas muscovíticas. Las venillas microscópicamente presentan una estructura bandeada simétrica a ambos lados de las paredes, el cuarzo crece en cristales perpendiculares a dichas paredes. En el primer sistema de venillas, *venillas 1*, se presenta cuarzo fino, microcristalino en el cual no es posible la diferenciación de colores de CL debido a su tamaño. Cuando es observado en CL el sistema de *venillas 2*, paralelo a S1, presenta un mayor desarrollo en los cristales se aprecia una gradación en colores que van desde amarillo anaranjado, azul, violeta, violeta oscuro hasta amarillo oscuro.

Los cristales de mayor tamaño euhedrales crecen libremente a partir de la superficie o paredes de la venilla. En estos cristales de mayor desarrollo predominan colores azules, turquesas y violáceos mientras que en el cuarzo microcristalino predominan tonalidades anaranjadas o marronadas.

Se observan zonas de crecimiento concéntricas paralelas a las caras terminales del cristal, no existe ninguna evidencia de brechamiento, sino que se identifica una etapa de apertura que se produce a partir de *low tensile strength* en planos paralelos a la esquistosidad y otra de circulación de los fluidos hidrotermales.

En el sistema de venas transversales, *venillas 3*, que cortan al S1 de las cuarcitas se observa un cuarzo de grano fino en los bordes de la veta y que hacia el centro pasa a un cuarzo de mayor tamaño de grano, contacto recto. Para este tipo de venillas se pueden diferenciar dos tipos de cuarzo, uno que ocurre en cristales euhedrales y crece desde la pared de la vena hacia el interior. Estos cristales presentan tanto una zonación concéntrica, (*foto 8.3*) que consiste en la alternancia de bandas que son generalmente paralelas a las caras terminales de cristales euhedrales (Onasch & Vennemann, 1995) (*fig. 8.3a*), como zonación sectorial en un mismo cristal (Hollister 1970). Esta zonación ha sido descrita en algunos minerales y compuestos sintéticos, un clásico ejemplo es titanoaugita (Hollister & Gancarz 1971). Esta zonación sectorial (*fig. 8.3b*) es posible diferenciarla dentro de un mismo cristal debido a que presenta una intensidad de luminiscencia mas oscura y un color de CL anaranjado oscuro. Por otra parte en la zonación sectorial existe un fuerte control de la partición de elementos trazas entre sectores no equivalentes, esto ha sido constatado en calcita (Reeder & Grams 1987, Reeder & Paquette 1989; Paquette & Reeder 1990) y en cuarzo (Yoshimura et al. 1979). Estos sectores de crecimiento presentan una forma piramidal con la base de la pirámide en el borde de la cara del cristal y el ápice en un punto interior del cristal. Este tipo de zonación se identifica en muestras siempre asociadas a colores de CL amarillos en cuarzo. Este tipo se interpreta como de origen hidrotermal (*fig. 8.3*).

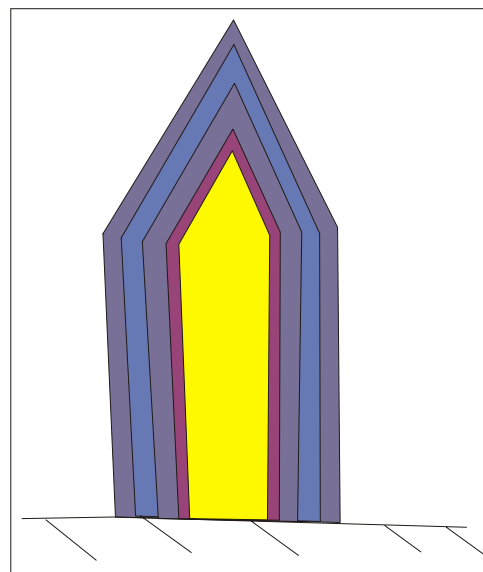


Fig. 8.3a Zonación concéntrica identificada en cristales de cuarzo.

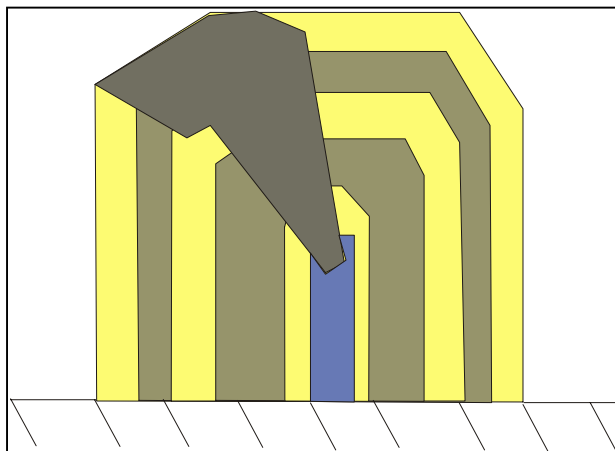


Fig. 8.3b Zonación sectorial identificada en el sistema de venillas 3.

El otro tipo de cuarzo se presenta en fragmentos angulosos de color amarillo no brillante sin zonación, al cabo de 30 segundos de exposición presentan el mismo color amarillo anaranjado del cuarzo metamórfico que constituye la cuarcita (*foto 8.4*), a éste se lo interpreta como de origen metamórfico (Cm).

Cabe destacar que para éste tipo de venillas se observa que el cuarzo hidrotermal crece a partir de las paredes de las venillas como así también a partir de los bordes del cuarzo metamórfico. Los bordes de las venillas presentan además un cuarzo de grano fino microcristalino, de contacto suturado y extinción ondulosa con colores de CL amarillo sin zonación, lo que se interpreta como cuarzo triturado producto de la apertura de la venilla. Se establece para éste tipo de venillas dos etapas una de apertura a partir de fracturas de cizalla y brechamiento del cuarzo metamórfico, y otra de circulación de fluidos hidrotermales.

8.2 Conclusiones

A través de los estudios de catodoluminiscencia asociados con las microestructuras en venillas de cuarzo alojadas en cuarcitas del basamento metamórfico fue posible observar rasgos característicos de sistemas epitermales como así también diferenciar venas de cuarzo tempranas sinmetamórficas de aquellas formadas durante el vulcanismo Jurásico. Las microestructuras observadas en las venillas analizadas en el presente trabajo sugieren que éstas fueron formadas durante la actividad volcánica jurásica. Además muestran rasgos de silicificación en algunos minerales y reactivación de sistemas de venillas antiguos, lo que indica que el flujo de fluidos en el basamento no fue solo focalizado sino que también disperso. De allí surge el cuestionamiento acerca de la vinculación temporal y espacial entre el basamento y la formación de los metales preciosos. Cabe destacar que en otras localidades se encuentran dichos sistemas hidrotermales alojados en

vulcanitas. Para actividades de prospección en las vulcanitas jurásicas es importante conocer la naturaleza y extensión de las unidades litológicas en el basamento.

8.3 Catodoluminiscencia en mármol

8.3.1 Introducción

La CL en calcita es predominantemente controlada por Mn^{2+} y Fe^{2+} siendo el más importante activador y desactivador de elementos. Otros elementos activadores como los elementos de las tierras raras (REE) Eu, Sm, Dy, Ho, Tb, etc, son también comunes. La finalidad del estudio de catodoluminiscencia (CL) en mármoles correspondientes a Estancia Tres Hermanas (ETH) fue:

- a) correlacionar las microfábricas en mármoles
- b) diferenciar entre calcita como constituyente principal del mármol e hidrotermal
- c) determinar edades relativas de los sistemas hidrotermales presentes
- d) identificar sistemas de cizalla
- e) establecer una relación entre los eventos deformacionales y los sistemas hidrotermales

8.3.2 Observaciones en el mármol

A partir de los estudios microestructurales realizados en el mármol (ver capítulo 4) fue posible distinguir dos estadios de deformación en el mármol. En el primero la calcita fue deformada a través del mecanismo de Maclado mecánico y Flujo – Dislocación, recrystalizando marginalmente, mientras que en el segundo estadio predominó una deformación frágil de la cual resultan tres generaciones de fracturas de dilatación rellenas con calcita. En este capítulo se vinculan los primeros estudios microestructurales con las observaciones realizadas a través de CL.

La calcita constituyente del mármol presenta un color en CL anaranjado oscuro homogéneo, dicho color es estable ya que no presenta variaciones al cabo de 1 minuto de exposición, y con poca luminiscencia. En los límites de grano se reconoce un color de CL naranja claro y una mayor luminiscencia respecto a los cristales de calcita. Se trata de calcita de grano fino de unos 0.03 mm de tamaño la cual es producto de la recrystalización dinámica. Estas zonas luminiscentes finas a pequeña escala actúan como *markers* de desplazamiento a cada lado de las fracturas de dilatación, por lo que es posible determinar el desplazamiento y posible sentido de movimiento de dicha fractura (*foto 8.8a y b*).

En cuanto al estadio de deformación frágil establecido a través de las microestructuras, capítulo 4, se han reconocido tres sistemas de venillas uno paralelo a S1 presentando una orientación de 305° e inclinando 65° al nordeste (V2), perpendicular (V3) y transversal a 70 ° de S1 (V1) (*foto 8.5a y b*).

El sistema V1 constituido por calcita y minerales opacos, es el más antiguo, se encuentra atravesado por V2 y V3, la calcita presenta un color en CL amarillo y una luminiscencia intensa. Al ser

observado con el microscopio petrográfico es muy difícil diferenciarlo, el ancho de las venillas es de 0.50mm (*foto 8.6a y b*). Presenta una zonación concéntrica que varía desde un color amarillo luminiscente en el centro hasta naranja oscuro en los bordes. Además se identifica dentro de la venilla, calcita de forma angulosa y de color naranja oscuro homogéneo poco luminiscente, la cual se encuentran rodeada por calcita color anaranjado y luminiscencia intensa, y ésta a su vez rodeada por calcita color amarillo con intensa luminiscencia. Los colores amarillos luminiscentes son los que predominan en éste tipo de venillas. En la parte superior de la venilla a través de CL se observa que una superficie de macla se ha reactivado por lo que la V1 se observa cortada y desplazada (*fig. 8.4*).

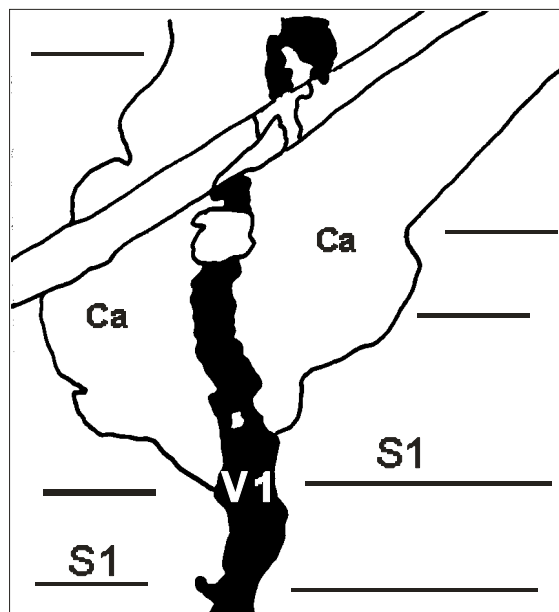


Fig. 8.4 Diagrama interpretativo del sistema de venilla 1 (V1). S1 es la esquistosidad principal en el mármol y Ca es un cristal de calcita.

El sistema V2 es paralelo a S1 y se presenta cortado y desplazado por el sistema V3. Consiste en un sistema de pequeñas fisuras rellenas por calcita principalmente y minerales opacos, por sectores se localizan lentes compuestos por cuarzo, feldespato potásico y muscovita la cual es reemplazada parcialmente a clorita. El color en CL de la calcita varía desde amarillo a anaranjado se identifican cristales de color anaranjado oscuro, con menor intensidad de luminiscencia, los cuales se encuentran rodeados por calcita color amarillo luminiscente, por sectores presentan estructuras tipo “stockworks”.

El sistema V3 se localiza perpendicular a S1 el ancho de las venillas es de 0.08 mm presentan cristales bien desarrollados de calcita, el color es amarillo pardo con poca intensidad de luminiscencia. Internamente presenta una zonación concéntrica que varía desde un color naranja pardo en el borde, mas claro hasta amarillo hacia el interior a veces aparece un núcleo naranja pardo con poca intensidad de luminiscencia. En otras partes de las venillas se observa una zonación sectorial de color naranja poco luminiscente, la diferenciación entre un sector y otro es a través de la intensidad de luminiscencia. También son fácilmente distinguibles por catodoluminiscencia

fragmentos angulosos del mármol original en zonas brechadas, éste presenta un color anaranjado oscuro con poca intensidad de luminiscencia (*foto 8.7a y b*). Utilizando las zonas luminiscentes antes mencionadas se puede establecer el sentido de desplazamiento local producido por el sistema de venillas 3. Con CL se identifica un mineral de color azul luminiscente el cual se identifica como feldespato potásico reemplazado parcialmente por caolinita (*fig. 8.5*).

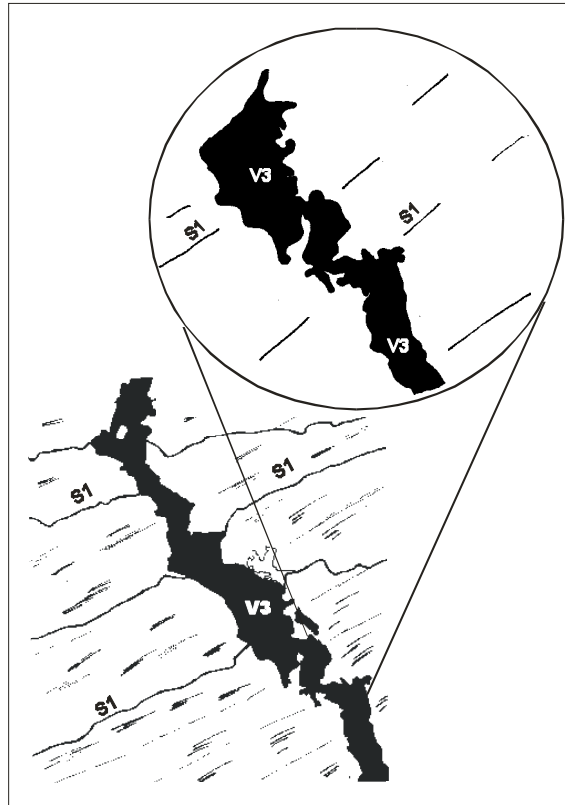


Fig. 8.5 Diagrama interpretativo del sistema de venillas 3.

8.4 Conclusiones

A través de los estudios microestructurales en el basamento ígneo – metamórfico del Macizo del Deseado se distinguen dos estadios de deformación en el mármol. En el primero la calcita fue deformada por Maclado mecánico y Flujo - Dislocación y recrystalizada marginalmente con un tamaño de grano de 0.03 mm. Gruesas *twin lamellae* revelan rasgos de recrystalización por migración. En el segundo estadio predomina una deformación frágil de la cual resultan tres generaciones de fracturas de dilatación rellenas con calcita. El frecuente relleno coaxial de calcita es caracterizado por distintos colores de catodoluminiscencia entre amarillo y naranja. También son fácilmente distinguibles por catodoluminiscencia fragmentos angulosos del mármol original en zonas brechadas. Debido a la intensa actividad hidrotermal se produce una reactivación de las superficies de macla lo que produce el desplazamiento de uno de los sistemas de venillas. La calcita que rellena las venillas no revelan mecanismos de Maclado mecánico. Por lo que las fracturas y su relleno fueron formadas en la corteza superior relacionada a la actividad hidrotermal conducida por el vulcanismo jurásico, como fue también observado en cercanías a dicho afloramiento, pero en cuarcitas (Martínez *et al.* 2000).

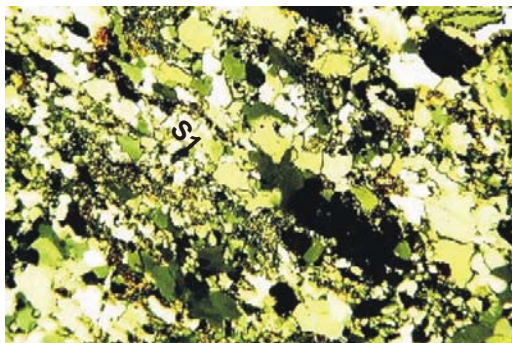


Foto 8.1a- Foto de la textura general de la cuarcita de Estancia Tres Hermanas. S1 es la esquistosidad principal. Ancho de la foto 1.4 mm. Foto tomada con polarizadores.

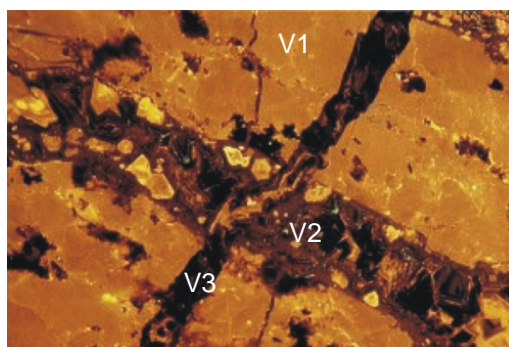


Foto 8.1b- Textura general de la cuarcita de ETH. Se distinguen 3 sistemas de venillas de cuarzo hidrotermal, la más antigua es V1 y la más joven V3, ancho de la foto 1.4 mm. Microscopio de catodoluminiscencia.

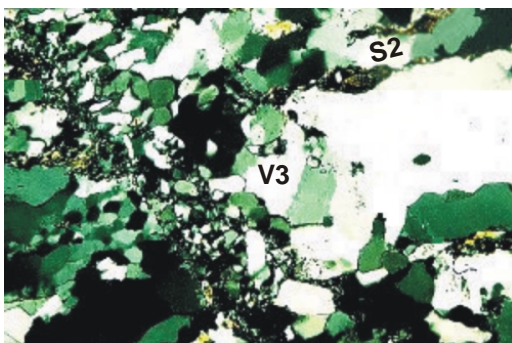


Foto 8.2a- Sistema de venilla 3 (V3) se localiza transversal a la esquistosidad S1, ancho de la foto 2.5 mm. Microscopio de polarización.

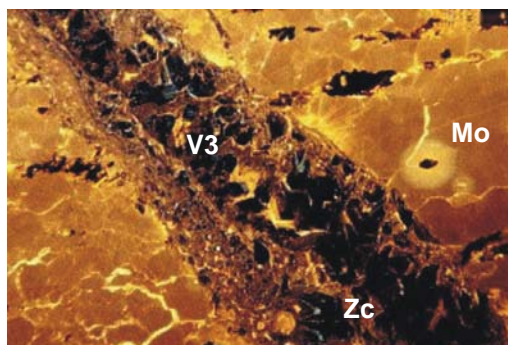


Foto 8.2b- Sistema de venilla 3 (V3). Este tipo de venillas (V3) se caracteriza por presentar zonación de tipo concéntrica (Zc). Ancho de la foto 2.5 mm. (Mo) monacita. Microscopio de CL.

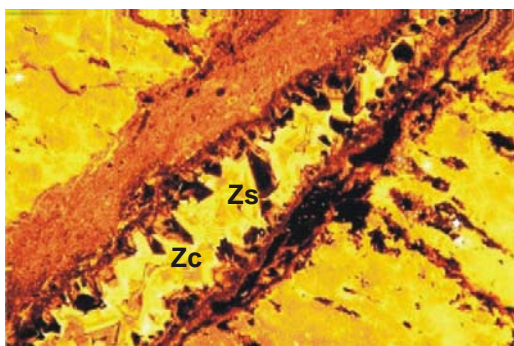


Foto 8.3- En el sistema V3 se identifica en el cuarzo dos tipos de zonaciones, una denominada zonación concéntrica (Zc) y otra llamada zonación sectorial (Zs). Ancho de la foto 1.4 mm. Microscopio de catodoluminiscencia.

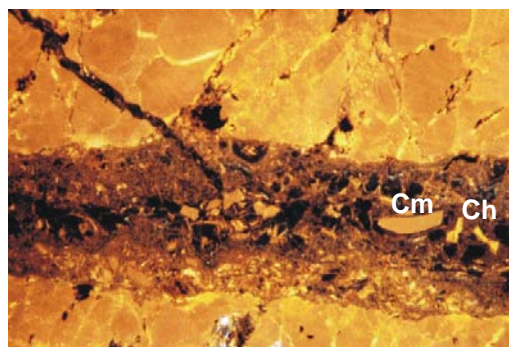


Foto 8.4- Se reconocen dos tipos de cuarzo, el cuarzo hidrotermal (Ch) de color amarillo y zonación concéntrica y el cuarzo metamórfico (Cm) el cual presenta un color amarillo anaranjado, no brillante, sin zonación y con bordes angulosos, ancho de la foto 2.5 mm. Foto tomada con el microscopio de catodoluminiscencia.

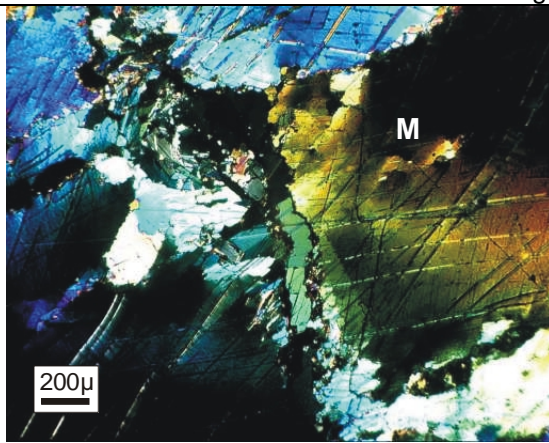


Foto 8.5a- Sistema de venillas hidrotermales que se encuentran alojadas en mármoles (M). Foto tomada con polarizadores.

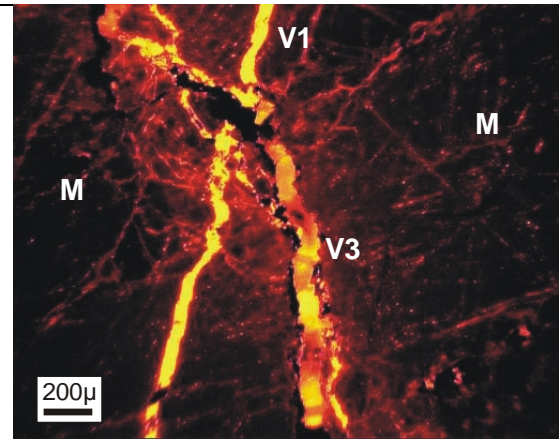


Foto 8.5b- Sistema de venillas hidrotermales que se encuentran alojadas en mármoles (M). V1 es el sistema de venillas más antiguo, el cual se encuentra atravesado por V3. Foto tomada con microscopio de CL.

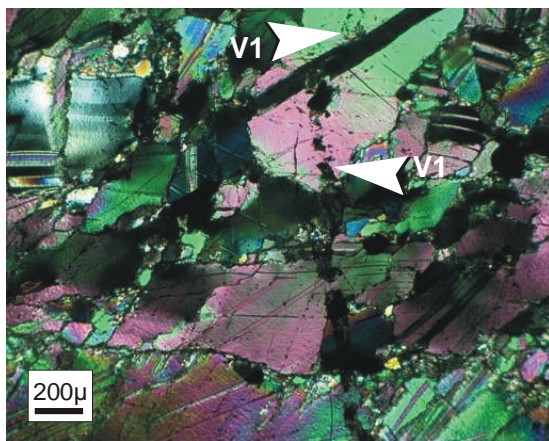


Foto 8.6a- Sistema de venilla V1, el más antiguo. Foto tomada con polarizadores.

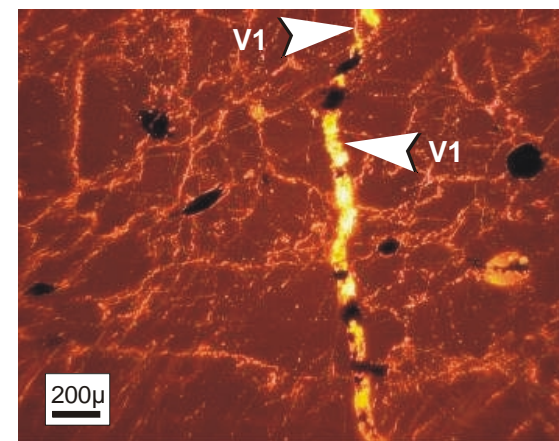


Foto 8.6b- Sistema de venilla V1, el más antiguo. Foto tomada con microscopio de catodoluminiscencia.

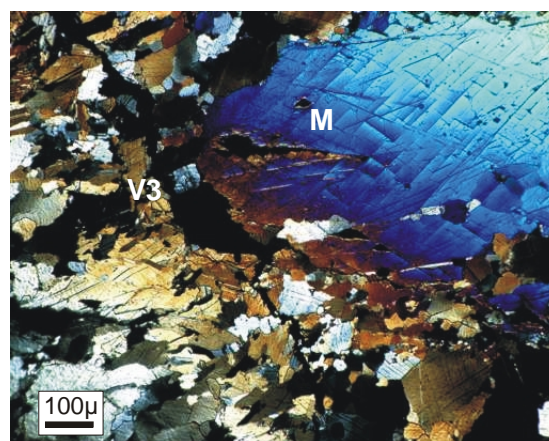


Foto 8.7a- El sistema V3 se encuentra brechado. Foto tomada con polarizadores.

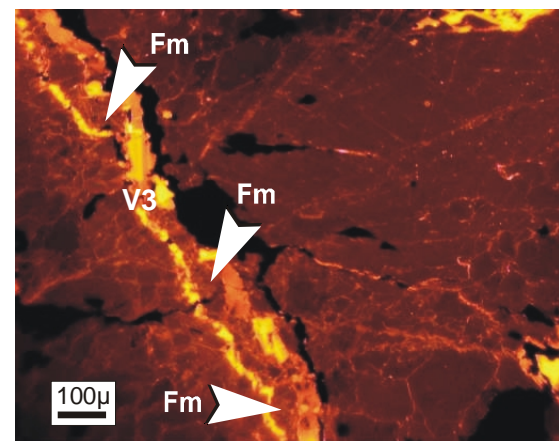


Foto 8.7b- Mármol (M) de ETH. El sistema V3 se encuentra brechado, los fragmentos de marmol (Fm) presentan bordes angulosos y un ancho de 100μ. Foto tomada con microscopio de CL.

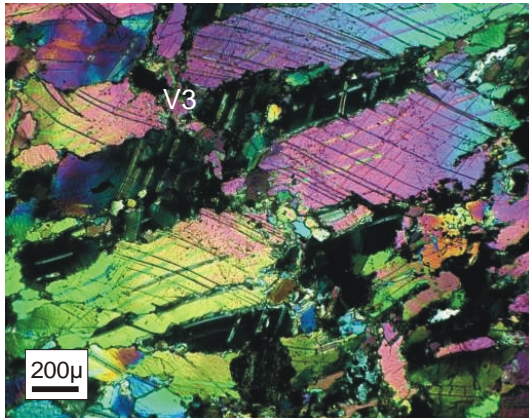


Foto 8.8a- En los bordes de los cristales de calcita deformados, constituyentes del marmol, se identifican zonas luminiscentes finas, las cuales representan calcita recrystalizada dinamicamente (Rd). Estas zonas luminiscentes son usadas como markers de desplazamiento muy sensibles. V3 sistema de venillas de calcita hidrotermal. Los cristales de calcita muestran evidencia de maclado mecánico (Mm). Foto tomada con polarizadores.

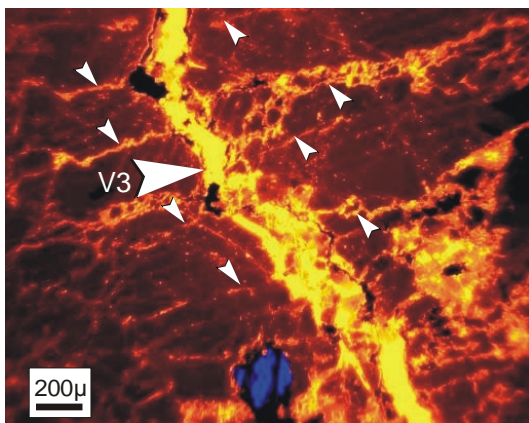


Foto 8.8b- En los bordes de los cristales de calcita deformados, constituyentes del marmol, se identifican zonas luminiscentes finas, las cuales representan calcita recrystalizada dinamicamente. Estas zonas luminiscentes son usadas como markers de desplazamiento muy sencibles. Los números a cada lado de la venilla indican los markers utilizados para la correlación. Foto tomada comicroscopio de catodoluminiscencia.

9. Conclusiones

9.1 Historia Geológica

La evolución tectónica del Basamento Igneo- Metamórfico pre - Pérmico podría sintetizarse de la siguiente manera (*fig. 9.2*):

Rocas sedimentarias originales sufrieron una deformación dúctil a alta temperatura en condiciones de facies de anfibolita con epidoto, en el Silúrico medio. Durante el estadio de deformación D1 diques graníticos (424 ma) y venas pegmatíticas compuestas por cuarzo y feldespato potásico intruyen a través de fisuras normal a la lineación de estrechamiento. Estos fueron plegado y boudinado durante una deformación progresiva que tomó lugar en el nivel intermedio de la corteza. La lineación de estrechamiento presenta una orientación Norte – Sur y su foliación es paralela a los ejes de los pliegues isoclinales de esquistos anfibólicos donde éstos cuerpos se alojan. Los granitos fueron boudinados y foliados sincinemáticamente con los esquistos anfibólicos.

Posteriormente intruyen granitos biotíticos y gabro – dioritas? a una profundidad de 15 km bajo la superficie los cuales se ven afectados por la misma deformación D1.

A fines del Silúrico ocurre un importante evento intrusivo de composición gabro – diorítica hasta leuco granítica de carácter peraluminoso y con gran participación cortical.

En el Devónico ocurre una deformación en la zona de transición frágil – dúctil a nivel de la corteza superior. Puntualmente en metacuarcitas queda evidenciada una compresión en dirección NE – SO la que resulta en una deformación cataclástica asociada a corrimientos y pliegues abiertos. Al mismo tiempo ocurre una deformación plástica tardía a baja temperatura, observable a escala microscópica, en la que el cuarzo muestra una deformación a través de lamelas de deformación, bandas de deformación y extinción ondulosa.

Durante el Jurásico medio a superior la parte sur de Sudamérica fue sometida a un régimen extensional continental, relacionado a las etapas de pre-rift y rift del Gondwana, la cual se asocia a un intenso volcanismo riolítico. Durante ésta etapa de vulcanismo ha habido un alto gradiente geotérmico responsable de la intensa actividad hidrotermal, sistemas de venillas hidrotermales se encuentran alojadas en dicho basamento ígneo-metamórfico. Estos sistemas hidrotermales muestran evidencias de silicificación y reactivación de sistemas de venillas antiguos, el flujo de fluidos en el basamento no fue solo focalizado sino que también disperso. Las estructuras formadas en ésta etapa dieron lugar a la actual configuración, en bloques tectónicos, a los afloramientos localizados en el nordeste del Macizo del Deseado.

EDAD ma	DEFORMACION	METAMORFISMO	MAGMATISMO
>290 <410	D3: <u>Deformación frágil-dúctil</u> Fallamiento inverso, pliegues de arrastre, pliegues paralelos. Zona de cizalla localizada en granitos Deformación plástica tardía a baja temperatura, kinkbands, lamelas y bandas de deformación, extinción ondulosa en cuarzo	Camino PT retrogrado del metamorfismo progresivo regional.	I3 : Venas pegmatíticas Intrusión granitos peraluminosos no foliados EDH. Intrusión granitos peraluminoso no foliados El Sacrificio. Intrusión granito biotítico EES. Intrusión granodiorita El Laurel.
ca. 420 - 410			
?	D2: <u>Deformación dúctil</u> Esquistosidad S2 de carácter local, no penetrativa. Formación de clivaje de crenulación que deforma a S1 en el núcleo de los pliegues (B1), y a porfiroblastos en filitas. Formación de ejes de pliegue B2 a escala microscópica.		I2: Intrusión granito biotítico foliado EDH Intrusión de gabro dioritas foliadas que presentan una afinidad calcoalcalina. (no datados)
?			I1 : Intrusión sincinemática de monzogranito de tipo S peraluminoso. Venas pegmatíticas con cuarzo y feldespato potásico.
ca. 425	D1: <u>Deformación dúctil</u> Esquistosidad S1 penetrativa, plegamiento (B1) y <i>boudinage</i> .	Pico térmico del metamorfismo progresivo regional. Camino PT progrado del metamorfismo progresivo regional.	

Fig. 9.2 Interpretación de la secuencia de eventos pre - pérmicos en el basamento metamórfico del Macizo del Deseado

9.2 Relación paleogeográfica

A partir de éste trabajo se realiza una comparación en cuanto a edad y quimismo con otros cuerpos graníticos localizados en el resto de Argentina y Chile.

Ramos (1984, 1988 y 1991) interpreta a la Patagonia como un terreno alóctono acrecionado a Sudamérica durante el Paleozoico tardío. Luego Dalla Salda *et al.* (1990, 1992a y b), Varela *et al.* (1991), Dalla Salda *et al.* (1993) sugieren que el Macizo Nord Patagónico se desarrolla como una extensión sur del orógeno de Famatina localizado en el norte y centro de Argentina. Dalla Salda *et al.* (1992) interpretan que ha ocurrido una colisión entre Laurentia y Gondwana y que dicha colisión tuvo su climax durante el Ordovícico (460 – 480 ma), produciendo un cinturón orogénico colisional con alto grado de metamorfismo, granitización y rocas ultramáficas.

Reconstrucciones paleogeográficas recientes permiten desvincular el basamento metamórfico en Islas Malvinas y el basamento en el Macizo del Deseado (Marshall 1994).

En otras regiones del país se encuentran granitoides de la misma edad que los granitos de basamento del Macizo del Deseado y con características mineralógicas y geoquímicas similares como por ejemplo granitos Viuda de Gallo del Macizo Nord Patagónico (Dalla Salda 1994), ciclo Devónico superior, sudeste Neuquén y noroeste Río Negro, de Linares *et al.* (1988), Granito Curacó, La Pampa, (Sato *et al.* 1997), Plutón Santa Rosa en noroeste Argentina (Knüver, 1983), Batolito Achala (Rapela 1982), Batolito Chacras (Brogioni 1993), Plutonitas del norte de Chile (Damm 1981).

La edad de cristalización de los plutones constituyentes del “Complejo Río Deseado” los ubica en el límite Siluro-Devónico. La asignatura Pb 206/Pb 207 (Loske comunicación personal) muestra una similitud con rocas de las Sierras Pampeanas. El metamorfismo y la deformación es mucho más joven que lo descripto para el Noroeste Argentino.

A partir de éstos datos se realiza una reconstrucción del cinturón granítico Siluro – Devónico (Fig. 9.2).

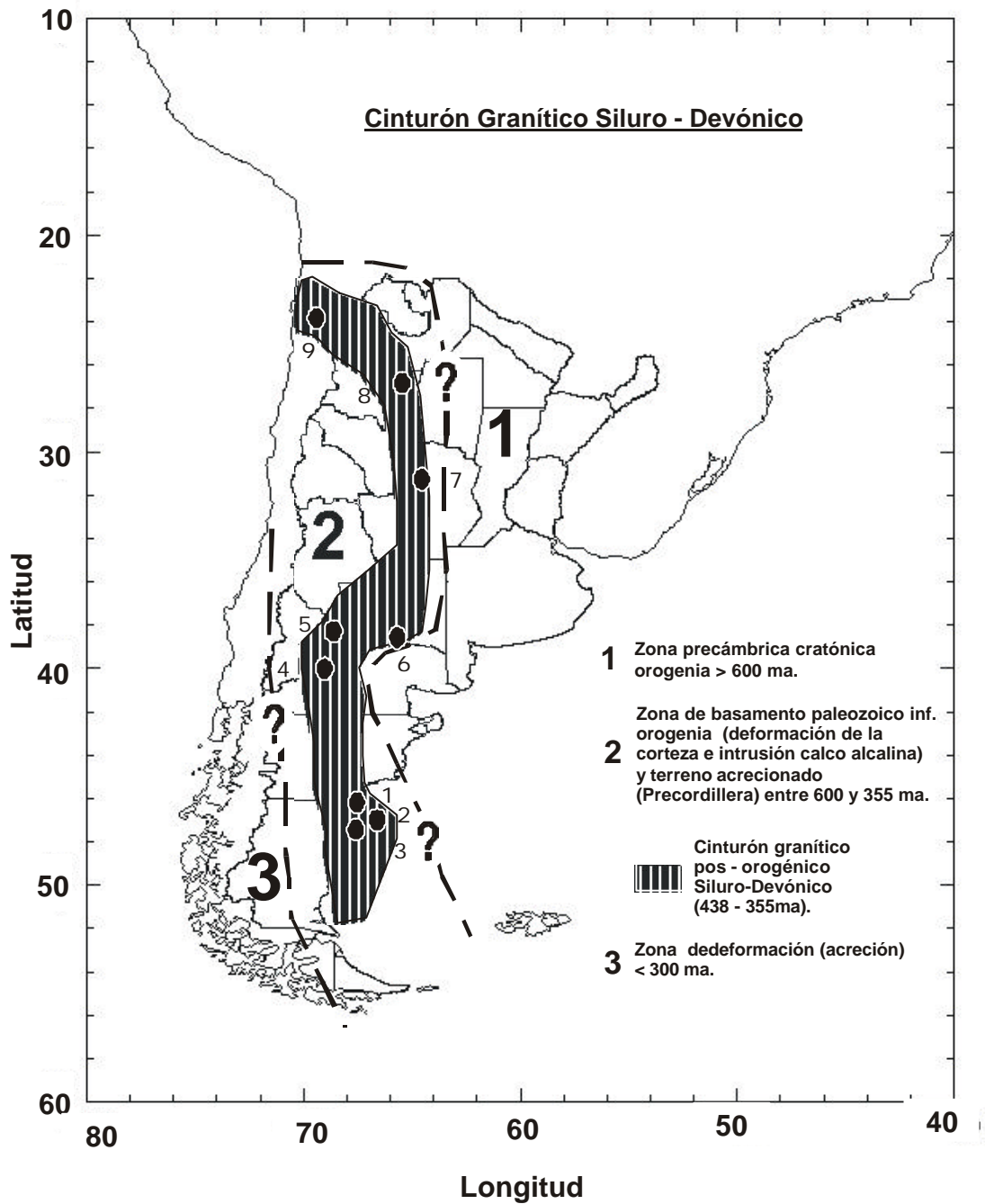


Fig. 9.2 Reconstrucción geológica de la distribución de zonas tectomagmáticas y del cinturón granítico Siluro -Devónico. Comparación entre las plutonitas del Macizo del Deseado con plutonitas del resto de Argentina y Chile. 1, 2 y 3 Macizo del Deseado (Loske 1999, Pankhurst com. Personal), 4 ciclo Devónico superior, sudeste Neuquén y noroeste Río Negro, de Linares et al. (1988), 5 granitos Viuda de Gallo del Macizo Nord Patagónico (Dalla Salda 1994), 6 Granito Curacó, La Pampa, (Sato et al. 1997), 7 Batolito Achala (Rapela 1982), Batolito Chacras (Brogioni 1993), 8 Plutón Santa Rosa en noroeste Argentina (Knüver 1983), 9 Plutonitas del norte de Chile (Damm 1981).

9.3 Conclusiones

La evolución tectónica pre- Pérmica ocurrida en el sector noreste del Macizo del Deseado se puede resumir bajo los siguientes puntos:

Se determina el desarrollo de un cinturón ígneo - metamórfico en el cual se definen 3 fases principales de deformación dúctil (425 - 410 ma), transición frágil – dúctil y frágil (410 – 290 ? ma). La fase D1 y D2 representan la deformación ocurrida dentro del campo dúctil, son estructuras sinmetamórficas, que fueron afectadas por un metamorfismo de progrado. D3 representa la deformación ocurrida en la transición frágil – dúctil y frágil. Las estructuras dúctiles asociadas a las fases de deformación D1 y D2 ocurrieron durante un corto lapso de tiempo alrededor de 10 Ma, en el Ludloviano – Pridoliano (Silúrico medio a superior).

La historia del metamorfismo comienza con un camino PT del metamorfismo de progrado regional. Las condiciones de presión y temperaturas máximas para el metamorfismo son 5 Kb y temperaturas entre 520 y 680°C que ocurren dentro del campo de estabilidad de la sillimanita. El grado de metamorfismo es mayor en ETH donde alcanza la facies de anfibolita con epidoto, mientras que en EDH corresponde a la facies de esquistos verdes.

Los anfíboles (esquistos y anfibolitas) pertenecen a la facies de presión intermedia tipo Dalradian y las actinolitas presentes en los esquistos anfibólicos pertenecen a la facies de baja presión del metamorfismo, de tipo Abukuma.

La zonación interna en los granates dan indicaciones muy importantes sobre el avance del metamorfismo. Los granates se presentan zoneados y con núcleos formados a mayor temperatura que los bordes lo que conlleva a pensar que el proceso de exhumación ocurrió lentamente.

La última fase del metamorfismo de retrogrado es responsable para la cloritización de biotita, granate y hornblenda en todo el área de estudio como para la cristalización de muscovita, clorita y cuarzo. Los granates fueron influidos en sus bordes. Las facies de retrogrado ocurren dentro del campo de estabilidad de la andalusita. Con éste último evento finalizó el acontecimiento metamórfico ocurrido en el Paleozoico medio en el Macizo del Deseado.

En cuanto al tipo de emplazamiento se distingue un plutonismo sin D1 (granito foliado de ETH y venas pegmatíticas deformadas), un plutonismo pre – D2 (granito foliado de EDH y gabro foliado de EDH?) y un plutonismo post – D2 (granitos no foliados de EDH, Plutón El Sacrificio, Plutón El Laurel y venas pegmatíticas tardías).

Los eventos plutónicos presentes intruyen a distintos niveles durante el proceso de exhumación del basamento metamórfico. Es posible establecer tres niveles de intrusión uno que ocurre entre 15 y 20 km de profundidad asociado al plutonismo emplazado sincinemáticamente durante la fase de deformación D1, el segundo ocurre a una profundidad de 15 km y el tercer evento emplazado pos -

D2, intruye entre 5 y 10 km de profundidad. Se podría también correlacionar la profundidad de intrusión de estos cuerpos con la edad de cristalización, es decir que los cuerpos que intruyen a mayor profundidad serían los más antiguos.

La clasificación de la historia deformacional del Complejo ígneo metamórfico Río Deseado y la subdivisión en 3 fases de deformación facilita la determinación de la edad relativa de los plutones. De la comparación de las intrusiones, de su fábrica interna y de sus relaciones estructurales con la roca de caja, la siguiente subdivisión en tres fases intrusivas fue deducida, lo cual se apoya en las edades radiométricas conocidas, la fase intrusiva (I1) compuesta por monzogranitos sincinemáticos de edad silúrica, la fase intrusiva (I2), compuesta por gabro dioritas de edad desconocida y granitos bioíticos foliados y la fase intrusiva (I3), representada por granitos y monzogranitos no foliados de edad siluro devónica y venas pegmatíticas que constituyen eventos tardiomagmáticos.

Estas fases de intrusión deben entenderse como culminaciones de una actividad magmática casi continua, que se desarrolla en el Siluro – Devónico. Se puede establecer una relación directa entre la edad de los plutones y la composición química. La actividad intrusiva culmina a los 410 ma (Pankhurst *et al* 1999), excepto la formación de pegmatitas que son de menor importancia.

Una característica de las plutonitas que constituyen el basamento ígneo - metamórfico es el alto contenido en Aluminio, lo que indica una importante participación de material de corteza en la formación de los magmas graníticos. Se puede realizar una correlación entre la edad de intrusión y el índice de saturación del Aluminio (ASI) de lo que se deduce un incremento continuo del excedente de Aluminio durante el desarrollo temporal. Esta participación de material cortical es mayor en los granitos más jóvenes. Los valores ASI más bajos corresponden a los granitos correspondientes a la fase de intrusión I1 (Granito foliado ETH), mientras que los valores más altos corresponden a la fase de intrusión I3 (Granito no fol EDH).

Los granitos que constituyen el basamento ígneo metamórfico pertenecientes a la fase I son peraluminosos y de tipo S.

La diferenciación observada en los plutones en cuanto al contenido en ortosa y plagioclasa se puede deber a una variación composicional del protolito (grauvacas) o bien a que fueron afectados por diferentes condiciones de presión y temperatura. Los granitos enriquecidos en biotita como el de EDH tienen contaminación con el manto, mientras los otros granitos con granate y muscovita provienen de material de la corteza.

Los gabros de EDH son gabros magnesianos, con un bajo contenido en Ti debido a la cristalización fraccionada de magnetita durante la fase inicial de acumulación. Estos gabros presentan una afinidad calcoalcalina.

De los análisis geoquímicos en plutonitas mesozoicas de EES se puede concluir que, la secuencia corresponde a una serie calcoalcalina, que comienza con monzodioritas y finaliza con monzogranitos (tipo S) y diques graníticos. Se observa una tendencia desde rocas menos evolucionadas a rocas mas evolucionadas como los leucogranitos.

Se concluye que durante la evolución magmática del Complejo ígneo metamórfico Río Deseado, fue utilizado cada vez más material de la corteza para la formación de los magmas graníticos. Los análisis realizados permiten comparar los granitos de basamento con granitos de tipo arco magmático localizados en una corteza engrosada (como en los Andes actuales).

Realizando una comparación en cuanto a características mineralógicas, geoquímicas y radiométricas entre los granitos constituyentes del Complejo ígneo – metamórfico Río Deseado y granitos que afloran en otras regiones del país y norte de Chile, se ha observado ciertas similitudes lo que lleva a pensar en la existencia de un cinturón granítico de edad siluro-devónica que se extiende en dirección N-S a lo largo de la argentina.

Bibliografía

- Allan, B.D. & Clarke, D.B., 1981. Occurrence and origin of garnets in the South Mountain Batholith, Nova Scotia. *Can. Mineral.* 19, 19-24.
- Anderson, J.L. & Rowley M.C., 1981. Synkinematic intrusion of peraluminous and associated metaluminous granitic magmas, Whipple Mountains, California. - *Canadian Mineral.* 19, 83-101.
- Bard, J.P., 1970. Composition of hornblendes formed during the Hercynian progressive metamorphism of the Aracena metamorphic belt (SW Spain). *Contr. Mineral. and Petrol.* 28, 117-134
- Batchelor, R.A and Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical geology* 48, 43-55.
- Bayley, S.W., Brindley, G.W., Kodama, H. & Martin, R.T., 1979. Comment report of the Clay Minerals Society Nomenclature Committee for 1977 and 1978. *Clays & Clay Minerals* 27, 238-239.
- Bhattacharya A., Mukhopadhyay A., Mohanty L., 1992. Geobarometers involving clinopyroxene, garnet, plagioclase, ilmenite, rutile, sphene and quartz: Estimation of pressure in quartz absent assemblages. *Contrib. Mineral. Petrol.* 110, 346-354, Berlin, Heidelberg, New York.
- Brogioni, N., 1993. El batolito de Chacras – Piedras Coloradas, Pcia de San Luis. *Geocronología Rb/Sr y Ambiente tectónico. XII Congreso Geológico Argentino IV*, 54-60.
- Brown, E.H., 1977. The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism: *Jour. Petrology*, 18, 53-72.
- Bellieni, G., G.M. Molin & Visona D., 1979. The petrogenetic significance of the garnets in the intrusive massifs of Bressanone and Vedrette di Ries (Eastern Alps) – Italy. *N. Jb. Miner. Abh.* 3, 238 – 253.
- Binns, R.A., 1965a. Hornblendes from some basic hornfels in the New England region, New South Wales: *Mineralog. Mag.*, 34, 52-65.
- Bray, E.A., 1988. Garnet compositions and their use as indicators of peraluminous granitoid petrogenesis – southeastern Arabian Shield. – *Contr. Miner. Petr.* 100, 205 – 212.
- Burkhard, M., 1993. Calcite twins, their geometry, appearance and significance as stress-strain markers and indicators of tectonic regime: a review. *Journal of Structural Geology* 15, 351-368.
- Chappell, B.W. & White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Charoy, B., 1986. The genesis of the Cornubian batholith (South-West England): the example of the Carnmenellis Pluton. *J. petrol.* 27, 571-604.
- Chebli, G. y Ferello, R. 1974. Un nuevo afloramiento metamórfico en la Patagonia extrandina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XXIX (4), 479-481, Buenos Aires.
- Clarke D.B., 1981 a: Peraluminous granites. *Canadian Mineralogist* vol. 19, 13-2.
- Clarke D.B. 1981 b: The mineralogy of peraluminous granites: A Review. *Canadian Mineralogist* vol. 19, 3-17.
- Clemens, J. & Wall, V. 1981. Origin and crystallization of some peraluminous (S-Type) granitic magmas. *Canadian Mineralogist*, 19, 111-131.
- Colombi, A., 1989: Metamorphism et géochimie des roches mafiques des Alpes Ouest – centrales. *Mémoires de Géologie (Lausanne)*.

- Dalla Salda, L., Cingolani, C., Varela, R., 1990. The origin of Patagonia. *Revista Comunicaciones*, 41, 54-60.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C., Varela, R., 1992a. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America: Result of Laurentia-Gondwana collision ?. *Geology*, 20, 617-620.
- Dalla Salda, L., Daziel, I.W., Cingolani, C., Varela, R., 1992 b. Did the Appalachians continue into South America?. *Geology*, 20, 1059-1062.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C., Varela, R., 1993. A pre-Carboniferous tectonic model in the evolution of southern America. *Comptes Rendus*, XII ICC-P, 1, 371-384.
- Dalla Salda, L. R. Varela, C. Cingolani, C. y Aragón, E., 1994. The Rio Chico Paleozoic Crystalline Complex and the evolution of Northern Patagonia. *Jornal of South American Earth Sciences*. 7 (3/4): 377-386.
- Damm, K., & Pichowiak, S., 1981. Petrology, chronology and chemistry of magmatic rocks from the Coast Range between Taltal and Chañaral (north Chile). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, I, 319-332.
- Dasguta S., Sengupta P., Fukuoka M., 1991. A refined garnet-biotite Fe-Mg exchange geothermometer and its application in amphibolites and granulites. *Contrib. Mineral. Petrol.* 109, 1, 130-137.
- Deer W.A., Howie R.A. & Zussman J., 1982. *Rock-Forming Minerals: Volume 1A Orthosilicates*.- 2. Ed. 919. London/ New York (Longman).
- De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. and Marchal, M., 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses-its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29, 183-210.
- Du Bray E. A., 1988. Garnet compositions and their use as indicators of peraluminous granitoid petrogenesis – Southeastern Arabian Shield. *Contrib. Mineral. Petrol.* 100, 205-212.
- Duyster, J., 2000. Automated Micro-Fabric Classification of Quartzites (In press).
- Ellis, D.J. & Green D.H., 1979. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 71, 13-22.
- Ernst, W.G., 1965: Significance of phengitic micas from low-grade schists. *Am. Mineral.* 48, 1357-1373.
- Ernst, W.G., 1979: Coexisting sodic and calcic amphiboles from high –pressure metamorphic belts and the stability of barroisitic amphibole. *Mineral. Mag.*, 43, 269-278.
- Eugster, H.P., 1970. Thermal and ionic equilibria among muscovite, K – feldspar and aluminosilicate assemblages. *Fortschr. Miner.* 47, 106-123.
- Ferry J.M. & Spear F.S., 1978. Experimental calibration of the Partitioning of Fe and Mg between Biotite and Garnet. *Contrib. Mineral. Petrol.* 66, 113-117.
- Ganguly, J., 1979. Garnet and clinopyroxene solid solution and geo-thermometry based on Fe-Mg distribution coefficient. *Geoch. And Cosm Acta* 43, 1021-1029.
- Giacosa, R., 1997. Descripción geológica de la Hoja 4766-III y IV, Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz.- Serv. Geol. Min. Nac.; Comodoro Rivadavia. (inédito)
- Giacosa, R., Marquez, M., Pezzuchi, H. & Fernandez, M., 1990. Geología y estratigrafía preliminar del Complejo Igneo Metamórfico y rocas eruptivas asociadas en el Macizo del Deseado, áreas de las Estancias el Sacrificio y el Laurel, Santa Cruz. – XI Cong. Geol. Arg., Acta, II, 85-88; San Juan.

- Giacosa, R., Martinez M.del C. & Stöckhert, B., 1998. Tectónica del Complejo metamórfico del Macizo del Deseado en el área de Estancia Tres Hermanas (47° 17'S-67° 12'W), Argentina. Zbl. Geol. Palaont. Teil I, 1997 (3-4), 621-634; Stuttgart.
- Graham, C.M. & Powell, R., 1984: A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing and application to the Pelona Schist, Southern California. J. Metam. Geol., 2, 13-21.
- Green T.H., 1977. Garnet in silicic liquids and its possible use as a p-T-indicator. – Contrib. Mineral. Petrol. 65, 59 – 67.
- Godeas, M., 1985. Geología en el Bajo de la Leona y su mineralización asociada, provincia de Santa Cruz. Rev. Asoc. Geol. Arg., XL (3-4), 262-278, BsAs.
- Guidotti C.V., 1984. Micas in metamorphic rocks. In Micas. S.W. Bailey Ed., Reviews in Mineralogy, 13, 1-372.
- Hammarstrom, J.M. and Zen, E., 1982. Phase relations and compositions of amphiboles produced in studies of the melting behavior rocks. Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy 9B, 279-346.
- Hammarstrom, J.M. and Zen, E., 1984. Microprobe analyses of hornblende from 5 calcalkalic intrusive complexes, with data tables for other calcic amphiboles and basic programs for data manipulation. U.S. Geological Survey Open-File Report 84-652, 98.
- Hammarstrom, J.M. and Zen, E., 1986. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. Am. Mineralogist, vol. 71, 1297-1313.
- Harrison T.N., 1988. Magmatic garnets in the Cairngorm granite, Scotland. - Mineral. Mag. 52: 659-667; Birmingham.
- Heilbronner, R. & Pauli, C., 1993. J.Struct.Geol. 15, 369-382.
- Hemley, J.J., 1959. Some mineralogical equilibria in the system $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$. Am. J. Sci. 257, 241-270.
- Hentsschke U., 1987. The genetic significance of garnets in the plutonic complexes of the Harz Mountains. – N. Jb. Miner. Abh. 156: 141 – 153.
- Hodges K.V., & Spear, F.S., 1978-82? Geothermometry, geobarometry and the Al_2SiO_5 triple point at Mt. Moosilauke, New Hampshire. Am. Mineral 67, 1118-1134.
- Holdaway, M.J., & Lee, S.M., 1977. Fe-Mg cordierite stability in high-grade pelitic rocks based on experimental, theoretical and natural observations. Contrib. Mineral. Petrol. 63, 175-198.
- Holland, T.J.B. and Richardson, S.W., 1979: Amphibole zonation in metabasites as a guide to evolution of metamorphic conditions. Contrib. Mineral. Petrol., 70, 143-148.
- Hollister, L. S., 1970. Origin, mechanism and consequences of compositional sector- zoning in staurolite. American Mineralogist 55, 742-766.
- Hollister, L. S & Gancarz, A. J., 1971. Compositional sector-zoning in clinopyroxene from the Narce area, Italy. Am Mineral. 56, 959-979.
- Hollister, L.S., Grisson, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H., Sisson, V.B., 1987. Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. Am. Mineralogist, 72, 231-239.
- Irvine, T., & Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. Canad. J. Earth Sci., 8, 523-548.
- Jessell, M. W. & Lister, G. S., 1990. A simulation of the temperature dependence of quartz fabrics.

- Jo Laird, Arden L Albee., 1981: Pressure, temperature, and time indicators in mafic schist: their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. *Am. J. of Sci.* 281, 127-175.
- Johnson, M.C. & Rutherford, M.J., 1989: Experimental calibration of the aluminium – in hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanics rocks: *Geology* 17, 837-841.
- Kontak D.J. & Corey M., 1988. Metasomatic origin of spessartine-rich garnet in the south mountain batholith, Nova Scotia. – *Can. Mineral.* 26, 315 – 334.
- Kretz, R., 1983. Symbols for rock forming minerals. *Am. Mineral.*, 68, 277-279.
- Krogh, E.J., 1988. The garnet-clinopyroxene Mg-fe geothermometer. A reinterpretation of the existing experimental data. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 99, 44-48.
- Leake, B.E 1965. The relationship between tetrahedral aluminium and the maximum possible octahedral aluminium in natural calciferous and subcalciferous amphiboles. *Am. Mineralogist* 50, 843-851.
- Leake, B.E., 1967. Zoned garnets from the Galway Granite and its aplites. *Earth and planetary science letters* 3, 311-316.
- Leake, B.E., 1978. Compiler for Subcommittee on Amphiboles, I.M.A. Nomenclature of amphiboles: *Am. Mineralogist*, 50, 843-851.
- Leake, B.E 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Am. Mineralogist*, 82, 1019-1037.
- Lesta, P., Ferello, R., Chebli, G. (1976): Chubut Extraandino IN: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Vol II: 1307-1387.- Academia Nacional de Ciencias, Cordoba.
- Linares, E., Cagnoni, M.C., Do Campo, M. y Ostera, H. A., 1988. Geochronology of metamorphic and eruptive rocks of southeastern Neuquén and northwestern Río Negro Provinces, Argentine Republic. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol 1 N° 1, 53-61.
- Lister, G.S., & Dornsiepen, U.F., 1982. Fabric transitions in the Saxony granulite terrain. *J. Struct. Geol.*, 1, 99-115.
- Lister, G. S, Paterson, M. S., Hobbs, B. E., 1978. The simulation of fabric development in plastic deformation and its application to quartzite: the model. *Tectonophysics*, 45, 107-158.
- Lister, G. S & Hobbs, B. E., 1980. The simulation of fabric development during plastic deformation and its application to quartzite: the influence of deformation history. *Journal of structural geology*, 2, N°3, 355-370.
- Loske, W., Marquez, M., Giacosa, R.E., Pezzuchi, H., & Fernandez, M.I, 1999. U/Pb geochronology of pre-permian basement rocks in the macizo del Deseado, Santa Cruz Province, Argentina, Patagonia. *Congreso geológico Salta*.
- Long, J. V. P. & Agrell, S. O., 1965. The cathodo- luminescence of minerals in thin section.- *Miner. Mag.*, 34, 318-326; London.
- Maniar, P.D. & Piccoli, P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Am. Bull.* 101, 635-643.
- Manning, D.A.C., 1983. Chemical variation in garnets from aplites and pegmatites, peninsular Thailand. – *Mineral. Mag.* 47, 353 – 358.

- Marquez, M., Giacosa, R., Pezzuchi, H. y Fernandez, M. 1993. El basamento pre-Pérmico del noroeste del Macizo del Deseado, Argentina. *Zbl. Geol. Paleont. Teil I*, 101-114, Stuttgart.
- Marquez, M., Giacosa, R. Pezzuchi, H. & Fernandez, M., 1994. Las mineralizaciones portadoras de fluorita en el Macizo del Deseado, prov. de Santa Cruz. *Inst. Rec. Min. Publ.*, 3: 224-234, La Plata.
- Marshall, D.J., 1988. *Cathodoluminescence of Geological Materials*. 146 S. ; London. (Unwin Hyman LTD).
- Marshall, J.E. 1994. The Falkland Islands: A key element in Gondwana paleogeography. *Tectonics*, Vol. 13, Nº. 2, 499-514.
- Martínez, M. C., Stöckhert, B. and Giacosa, R. E., 2000. Evolución de los sistemas hidrotermales en el basamento del Río Deseado a la altura de Estancia Tres Hermanas, Santa Cruz, Argentina. *Evidencias de estudios de Catodoluminiscencia* (en prensa).
- Martínez, M. C., Stöckhert, B. 2000. Relación entre la deformación tardía en mármol y el sistema hidrotermal jurásico en el Macizo del Deseado, Argentina (en prensa).
- Massonne H.-J., 1981. Phengite: Experimentelle Untersuchung ihres Druck – Temperatur –Verhaltens im System $K_2O - MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. Diss. Ruhr-Universität Bochum, Abteilung für geowissenschaften, 214 S.
- Massonne H.-J. & Schreyer, W., 1987. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. - *Contrib. Mineral. and Petrol.* 96, 212-224.
- Massonne H.-J., 1991. High.pressure, low –temperature metamorphism of pelitic and other protoliths based on experiments in the systems $K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. *Habilitationsschrift Ruhr-Universität Bochum*.
- Mc Kenzie C.B. & Clarke D.B., 1975. Petrology of the South Mountain batholith, Nova Scotia. *Can. J. Earth Sci.* 12, 1209-1218.
- Merill, R.B., Robertson, J.K. & Wyllie, P.J., 1970. Melting reaction in the system $NaAlSi_3O_8 - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O$ at 20 kbars compared with results for other feldspar – quartz – H_2O and rock – H_2O systems. *J. Geol.* 78, 558-569.
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between two different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology* 56, 207-218.
- Meyer C. & Vennum W.R., 1979. Plutonic garnets from the Werner batholith, Lassiter Coast, Antarctic Peninsula. – *Am. Mineral.* 64, 268 – 273.
- Miller C.F. & Stoddard E.F., 1980. The role of manganese in the paragenesis of magmatic garnet: an example from the old woman-piute range, california. - *J. Geol.* 89, 233-246; Chicago.
- Miller, C., 1981. Comment on “Controls on source and depth of emplacement of granitic magma “ by D.W. Hyndman: *Geology* 9, 501.
- Miller, C., 1985. Are strongly peraluminous magmas derived from pelitic sedimentary sources. *Journal of Geology*, 93, 673-689.
- Miller, C & Bradfish, L.J., 1980. An inner Cordilleran belt of muscovite-bearing plutons. *Geology*, 8, 412-416.
- Miller, C., Stoddard, F., Bradfish, J., Dollase, W., 1985. Composición of plutonic muscovite: Genetic implications. *Canadian Mineralogist* 19, 25-34.

- Neuser, R.D., Richter, D.K. & Vollbrecht, A. 1988. Natural quartz with brown/ violet cathodoluminescence- Genetic aspects evident from spectral analysis. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I* H 7/8, 919-930; Stuttgart.
- Neuser, R.D., Reinecke, T. & Schertl, 1995. Low Temperature Cathodoluminescence of Selected Minerals From High Pressure Metamorphic Rocks. *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, 44, 119-123; Bochum.
- Onasch, CH.M. & Vennemann, T.W., 1995. Disequilibrium partitioning of oxygen isotopes associated with sector zoning in quartz. *Geology* 23, N°12, 1103-1106.
- Palma, M. y Ubaldon, M. C. 1988. El bloque gondwánico en Estancia Dos Hermanos, Provincia de Santa Cruz, Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* , XLIII (3), 388-403; Buenos Aires.
- Palma, M. 1990. Las rocas basamentales del Macizo del Deseado en estancia Dos Hermanos, provincia de Santa Cruz. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* , XLVI (1-2), 1-9, Buenos Aires.
- Pankhurst, R., Hervé, F., Rapela, C., 1994. Sm –Nd Evidence for the Grenvillian Provenance of the metasedimentary Basement of Southern Chile and West Antarctica. *Actas del 7° Congreso Geol. Chileno*, Actas II, P. 1414-1418, Concepción.
- Paquette, J. & Reeder, R. J., 1990. New type of compositional zoning in calcite: Insights into crystalgrowth mechanisms. *Geology* 18, 1244-1247.
- Paterson, S.R., Vernon, R.H. & Tobisch, O.T., 1989. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *J. Struct. Geol.* 11, N°. 3, p. 349-363.
- Pearce, J. A., Harris, N.B. and Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 25, Part 4, 956-983.
- Pearce, J. A., & Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Letters*, 19, 290-300.
- Perchuk, L.L & Lavrenteva, L.V., 1983. Experimental investigation of exchange equilibrium in the system cordierite-garnet-biotite. *Kinetics and equilibrium in mineral resources*, 199-239.
- Phillips, G.N., Wall, V.J., Clemens, J.D., 1981: Petrology of the Strathbogie batholith: a cordierite-bearing granite. *Can. Mineral.* 19, 47-63.
- Phillips, E.R., 1980. On polygenetic myrmekite. *Geol mag.* 117(1), 29-36.
- Pitcher, W.S., 1992. The Nature and Origen of granite. *Blackie Academic & Professional*, 103-116.
- Powell, R., 1985. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer / geobarometer calibration: the garnet- clinopyroxene geothermometer revisited. *J. Metam. Geol.* 3, 231-243.
- Puziewicz J., 1990. Post-magmatic origin of almandine-spessartine garnet in the Strzeblów alaskite (Strzegom-Sobótka granitic massif, SW Poland). – *N. Jb. Miner. Mh.* 4, 168 – 175.
- Raase, P., 1974. Al and Ti contents of hornblende, indicators of pressure and temperature of regional metamorphism: *Contr. Mineralogy Petrology* 45, 231-236.
- Raheim, A. & Green, D. H., 1974. Experimental determination of the temperature and pressure dependence of the Fe-Mg partition coefficient for coexisting Garnet and Clinopyroxene. *Contrib. Mineral. Petrol.* 48, 179-203.
- Ramos, V.A., 1984. Evolucion Tectonica y Metalogenesis de la cordillera Patagonica.- II° Congreso Nac. Geología Económica *Actas I*, 108-124.

- Ramos, V.A., 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America – a Collisional History.- Episodes Vol.11, No.3, 168-174.
- Ramos, V.A. & KAY, S.M., 1991. Triassic Rifting and associated Basalts in the Cuyo Basin, Central Argentina.- IN: Harmon, R.S. and Rapela, C.W. (eds.): Andean Magmatism and Its Tectonic Setting. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 265, 79-92.
- Rapela, V.A., Heaman, L.M., y Mc Nutt, R.H., 1982. Rb-Sr geocronology of granitoid rocks from the Pampean Ranges, Argentina. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, 1117-1129.
- Reeder, R.J. & Grams, J.C., 1987. Sector zoning in calcite cement crystals: Implications for trace element distributions in carbonates: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 187-194.
- Reeder, R.J. & Paquette, J., 1989. Sector zoning in natural and synthetic calcites: *Sedimentary Geology*, 239-247.
- Sato, A.N., Tickyj, H., y Llambías, E.J., 1997. Geología de los granitoides aflorantes en el sur de la Provincia de la Pampa, Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas V, 429-439.
- Shand, S.J., 1949. Eruptive rocks. New York, Wiley, 488.
- Shelley 1993. Igneous and metamorphics rocks under the microscope. Chapman and hall, London.
- Spear, F.S., 1978. Petrogenetic grid for amphibolites from the Post Pond and Ammonoosuc Volcanics. *Carnegie Inst Wash Yrbk* 77, 805-808.
- Spear, F.S., 1981. . An experimental study of hornblende stability and compositional variability in amphibolite. *Am J. Sci.* 281, 697-734.
- Spear, F.S., 1983. Quantitative P-T paths from zoned minerals: theory and tectonics applications. *Contrib. Mineral. petrol.* 92, 348-357.
- Spear, F.S., 1993. metamorphics Phase Equilibria and Pressure-Temperature.Time paths. *Miner. Soc. Am. Waschington*, D.C.
- Speer, J.A., 1984. Micas in igneous rocks. *Minerl. Soc. Am. Rev. Mineral.* 13, 299-349.
- Spearlich, R., 1988. The transition from crossite to actinolite in metabasites of the Combin unit in Vallée St Barthélemy Schweiz. *Mineral. Petrogr. Mitt.* 68, 215.224.
- Sippel, R.F., 1965. A simple device for luminescence petrography. *Rev. Scient. instrum.* 36, 1556-1558; Lancaster.
- Sprunt & Nur, 1979. Microcracking and healing granite : new evidence from cathodoluminescence. *Science* 205, 495-497.
- Streckeisen, A., 1976. Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composicion. *N. Jb. ;Mineral., Mh.*, 1, 1-15.
- Thompson, A.B., 1976. Mineral reactions in pelitic rocks: II. calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *Am. J. Sci.* 276, 425-454.

- Ungaretti, L., Lombardo, B., Domeneghetti, C. & Rossi, G., 1983. Crystalchemical evolution of amphiboles from eclogitised rocks of the Sesia-lanzo Zone, Italian Western Alps. *Bull. Mineral.* 106, 645-672.
- Varela, R., Dalla Salda, L., Cingolani, C., Gomez, V., 1991. Estructura, petrología y geocronología del basamento de la región del Limay, Provincias de Río Negro y Neuquén, Argentina. *Revista Geol. De Chile*, 18 (2), 147-163.
- Velde, B., 1965: Phengitic micas: Synthesis, stability and natural occurrence. *Am. J. Sci.*, 263, 886-913.
- Viera, R. & Pezzuchi, H. 1976. Presencia de sedimentitas Pérmicas en contacto con rocas del complejo metamórfico de la Patagonia Exrandina, Estancia Dos Hermanos, prov. de Santa Cruz. Nota breve. *Rev. Asoc. Geol. Argent.*, XXXI (4), 281-283, Buenos Aires.
- Watson E.B. & Harrison T.M., 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. – *Earth and Planetary Science Letters* 64, 295-304.
- White, A.J.R. & Chappell, B. W., 1983. Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. *Geological Society of America. Memoir* 159, 21-34.
- Yardley W. D., 1977. An empirical study of diffusion in garnet. *American Mineralogist* 62, 793-800.
- Yoshimura, J., Miyazaki, T., Wada, T. & Kohra, K., 1979. Measurement of local variations in spacing and orientation of lattice plane of synthetic quartz: *Journal of Crystal Growth* 46, 691.
- Zen, E. An, 1986. Aluminium enrichment in silicate melt by fractional crystallization: some mineralogic and petrographic constraints. *J. Petrol.* 27, 1095-1117.
- Zen, E. An, 1989. Plumbing the depths of batholiths: *AM.J. of Sci.* 289, 1137-1157.
- Zinkernagel, U., 1978. Cathodoluminescence of quartz and ist application to sandstone petrology. *Contrib. Sedimentol.* 8, 1-69; Stuttgart.

Tabla de Abreviaturas**Tabla de Abreviaturas (en parte según Kretz 1983)**

Ab Albita
 Cel Al- Celadonita
 Andr Andradita
 Anf Anfíbol
 Alm Almandino
 And Andalusita
 An Anortita
 Ap Apatita
 AS Aluminosilicato
 Arc Arcilla
 Bi Biotita
 Ca Calcita
 Cl Clorita
 Cpx Clinopiroxeno
 Crd Cordierita
 Di Diopsido
 Ep Epidoto
 F Feldespatos
 Fk Feldespato Potásico
 Gr Grosularia
 Hbl hornblenda
 M Muscovita
 Op Minerales opacos
 Pg Paragonita
 Pl Plagioclasa
 Pyr Piropo
 Q Cuarzo
 Rt Rutilo
 Ser Sericita
 Sil Sillimanita
 Spes Espesartina
 Ti Titanita
 Tr tremolita
 Zc Circón

Otras Abreviaturas

$X_{OH} = OH/(F+OH)$
 $X_F = F/(F+O)$
 $X_{Fe} = Fe/(Fe+Mg+Mn)$
 $X_{Mg} = Mg/(Mg+Fe+Mn)$
 $X_{Na} = Na/(Na+K)$
 $X_K = K/(Na+K)$

P.f.u. por fórmula unidad
 Kd Coeficiente de distribución
 Ma Millones de años
 ME Microsonda electrónica
 CL Catodoluminiscencia

	11517/47	11517/48	11517/49	11517/50	11517/51	11517/52
SiO₂	45,00	44,84	45,24	45,15	44,15	45,32
Al₂O₃	33,27	33,03	33,47	33,51	32,32	33,39
TiO₂	0,86	0,78	0,87	0,79	0,85	0,84
FeO	2,86	3,06	3,26	3,10	4,93	3,06
MnO	0,05	0,07	0,07	0,00	0,09	0,00
MgO	0,97	0,95	0,91	0,96	1,05	0,94
CaO	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01
Na₂O	0,27	0,34	0,39	0,35	0,31	0,37
K₂O	10,56	10,48	10,67	10,88	10,20	10,45
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	93,84	93,56	94,89	94,78	93,92	94,38
FeO	2,86	3,06	3,26	3,10	4,93	3,06
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,39	4,37	4,42	4,42	4,34	4,41
Suma	98,23	97,93	99,31	99,20	98,26	98,79
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,15	6,15	6,13	6,13	6,10	6,16
Al IV	1,85	1,85	1,87	1,87	1,90	1,84
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,51	3,50	3,48	3,49	3,36	3,50
Ti	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,60	3,58	3,57	3,57	3,45	3,59
Fe 2+	0,33	0,35	0,37	0,35	0,57	0,35
Mn	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Mg	0,20	0,19	0,18	0,19	0,22	0,19
Suma	0,53	0,55	0,56	0,55	0,80	0,54
Suma	4,13	4,13	4,13	4,12	4,24	4,13
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,07	0,09	0,10	0,09	0,08	0,10
K	1,84	1,83	1,85	1,88	1,80	1,81
Suma	1,91	1,93	1,95	1,98	1,88	1,91
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EDH-65**

	11517/53	11517/54	11517/55	11517/56	11517/57	11517/58
SiO2	45,13	45,22	45,64	45,06	45,78	45,86
Al2O3	33,61	33,25	33,26	30,80	28,95	31,40
TiO2	0,86	0,80	0,76	0,78	0,75	0,82
FeO	2,93	3,02	3,04	3,47	4,02	3,68
MnO	0,08	0,03	0,05	0,00	0,05	0,05
MgO	0,92	0,98	0,96	1,34	1,91	1,47
CaO	0,02	0,01	0,04	0,05	0,02	0,00
Na2O	0,38	0,36	0,35	0,27	0,16	0,23
K2O	10,64	10,57	10,60	10,40	10,52	10,48
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,57	94,24	94,70	92,17	92,16	93,99
FeO	2,93	3,02	3,04	3,47	4,02	3,68
Fe2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O	4,42	4,40	4,43	4,30	4,28	4,38
Suma	98,99	98,64	99,13	96,47	96,44	98,37
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,13	6,16	6,18	6,29	6,41	6,28
Al IV	1,87	1,84	1,82	1,71	1,59	1,72
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,51	3,50	3,49	3,36	3,20	3,35
Ti	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,59	3,58	3,57	3,44	3,27	3,43
Fe 2+	0,33	0,34	0,34	0,41	0,47	0,42
Mn	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Mg	0,19	0,20	0,19	0,28	0,40	0,30
Suma	0,53	0,55	0,54	0,68	0,88	0,73
Suma	4,12	4,12	4,12	4,12	4,15	4,16
Ca	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Na	0,10	0,10	0,09	0,07	0,04	0,06
K	1,84	1,84	1,83	1,85	1,88	1,83
Suma	1,95	1,93	1,93	1,93	1,93	1,89
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EDH-65

	11517/59	11517/60	11517/61	11517/62	11517/63	11517/64
SiO ₂	45,19	45,26	45,74	44,43	45,10	49,16
Al ₂ O ₃	33,34	33,08	32,19	32,25	33,01	28,78
TiO ₂	0,82	0,80	0,74	0,87	0,78	0,45
FeO	3,17	3,14	3,22	2,85	2,81	2,67
MnO	0,05	0,02	0,03	0,09	0,07	0,02
MgO	0,97	0,99	1,34	1,18	0,84	1,38
CaO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,21
Na ₂ O	0,31	0,21	0,27	0,22	0,36	1,79
K ₂ O	10,98	10,74	10,89	10,72	10,07	8,35
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,83	94,24	94,42	92,63	93,08	92,81
FeO	3,17	3,14	3,22	2,85	2,81	2,67
Fe ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	4,42	4,40	4,40	4,32	4,37	4,40
Suma	99,25	98,64	98,82	96,95	97,45	97,21
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,14	6,17	6,23	6,17	6,19	6,70
Al IV	1,86	1,83	1,77	1,83	1,81	1,30
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,47	3,49	3,40	3,44	3,54	3,32
Ti	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,05
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,56	3,57	3,48	3,54	3,62	3,37
Fe 2+	0,36	0,36	0,37	0,33	0,32	0,30
Mn	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Mg	0,20	0,20	0,27	0,24	0,17	0,28
Suma	0,56	0,56	0,64	0,59	0,50	0,59
Suma	4,12	4,13	4,12	4,12	4,12	3,95
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
Na	0,08	0,06	0,07	0,06	0,10	0,47
K	1,90	1,87	1,89	1,90	1,76	1,45
Suma	1,98	1,92	1,96	1,96	1,87	1,95
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EDH-65

	11517/65	11517/66	11517/67	11517/68	11517/69	11517/70
SiO₂	45,19	44,99	46,54	45,99	46,42	45,86
Al₂O₃	32,82	33,09	31,26	31,98	30,93	31,32
TiO₂	0,81	0,85	0,74	0,89	0,78	0,86
FeO	2,66	3,02	3,35	3,37	3,65	3,38
MnO	0,02	0,04	0,03	0,12	0,02	0,12
MgO	0,94	0,99	1,61	1,41	1,63	1,48
CaO	0,05	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03
Na₂O	0,39	0,35	0,22	0,26	0,22	0,25
K₂O	9,66	10,72	9,96	10,73	10,33	10,23
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	92,54	94,08	93,77	94,78	94,03	93,53
FeO	2,66	3,02	3,35	3,37	3,65	3,38
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,36	4,39	4,40	4,42	4,39	4,37
Suma	96,90	98,47	98,17	99,20	98,42	97,90
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,22	6,15	6,35	6,25	6,34	6,29
Al IV	1,78	1,85	1,65	1,75	1,66	1,71
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,54	3,48	3,37	3,36	3,32	3,36
Ti	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,63	3,56	3,45	3,45	3,40	3,45
Fe 2+	0,31	0,35	0,38	0,38	0,42	0,39
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Mg	0,19	0,20	0,33	0,29	0,33	0,30
Suma	0,50	0,55	0,71	0,68	0,75	0,70
Suma	4,13	4,12	4,16	4,14	4,15	4,15
Ca	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Na	0,10	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07
K	1,70	1,87	1,73	1,86	1,80	1,79
Suma	1,81	1,97	1,80	1,93	1,87	1,86
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EDH-65

	11517/77	11517/78	11517/79	11517/80	11517/81	11517/82
SiO2	45,19	42,61	44,74	42,55	42,87	42,64
Al2O3	32,88	29,48	33,84	31,57	32,16	31,87
TiO2	0,50	0,45	0,64	0,57	0,69	0,73
FeO	3,84	8,60	3,91	6,84	7,15	7,57
MnO	0,00	0,07	0,05	0,03	0,05	0,12
MgO	1,67	3,28	1,16	2,49	2,35	2,40
CaO	0,00	0,09	0,01	0,09	0,05	0,02
Na2O	0,50	0,45	0,66	0,62	0,86	0,82
K2O	9,82	8,21	9,61	8,55	8,33	8,46
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,40	93,24	94,62	93,31	94,51	94,63
FeO	3,84	8,60	3,91	6,84	7,15	7,57
Fe2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O	4,41	4,25	4,42	4,29	4,34	4,33
Suma	98,81	97,49	99,04	97,60	98,85	98,96
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,15	6,01	6,07	5,95	5,92	5,90
Al IV	1,85	1,99	1,93	2,05	2,08	2,10
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,42	2,91	3,49	3,15	3,15	3,10
Ti	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,47	2,96	3,55	3,21	3,22	3,18
Fe 2+	0,44	1,01	0,44	0,80	0,83	0,88
Mn	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Mg	0,34	0,69	0,23	0,52	0,48	0,50
Suma	0,78	1,71	0,68	1,32	1,31	1,39
Suma	4,25	4,68	4,24	4,53	4,54	4,56
Ca	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
Na	0,13	0,12	0,17	0,17	0,23	0,22
K	1,70	1,48	1,66	1,52	1,47	1,49
Suma	1,84	1,61	1,84	1,71	1,70	1,72
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55**

	11517/83	11517/84	11517/85	11517/86	11517/87	11517/88
SiO₂	42,32	41,92	43,71	40,00	41,19	44,58
Al₂O₃	31,71	31,17	32,80	28,33	28,87	32,20
TiO₂	0,69	0,75	0,79	0,82	0,80	0,57
FeO	7,89	8,73	5,49	10,79	10,44	4,18
MnO	0,03	0,11	0,04	0,19	0,06	0,05
MgO	2,56	2,96	1,80	4,10	4,41	1,72
CaO	0,09	0,06	0,04	0,05	0,05	0,03
Na₂O	0,66	0,53	0,62	0,63	0,32	0,32
K₂O	8,42	8,26	9,59	7,67	7,79	10,05
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,37	94,49	94,88	92,58	93,93	93,70
FeO	7,89	8,73	5,49	10,79	10,44	4,18
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,31	4,30	4,38	4,15	4,23	4,36
Suma	98,68	98,79	99,26	96,73	98,16	98,06
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	5,88	5,85	5,99	5,78	5,83	6,14
Al IV	2,12	2,15	2,01	2,22	2,17	1,86
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,08	2,97	3,28	2,61	2,65	3,36
Ti	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,06
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,15	3,05	3,36	2,70	2,74	3,42
Fe 2+	0,92	1,02	0,63	1,30	1,24	0,48
Mn	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01
Mg	0,53	0,62	0,37	0,88	0,93	0,35
Suma	1,45	1,65	1,00	2,21	2,18	0,84
Suma	4,60	4,70	4,36	4,91	4,91	4,26
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Na	0,18	0,14	0,16	0,18	0,09	0,09
K	1,49	1,47	1,68	1,41	1,41	1,76
Suma	1,68	1,62	1,85	1,60	1,50	1,85
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55**

	11517/89	11517/90	11517/91	11517/92	11517/93	11517/94
SiO₂	42,04	45,00	45,48	45,35	45,38	45,44
Al₂O₃	31,54	33,83	33,83	33,36	31,98	33,53
TiO₂	0,58	0,76	0,70	0,64	0,58	0,60
FeO	7,00	2,78	2,81	2,98	4,40	3,09
MnO	0,14	0,09	0,97	0,99	1,65	1,02
MgO	2,89	0,84	0,01	0,01	0,03	0,07
CaO	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,02
Na₂O	0,76	0,82	0,70	0,67	0,65	0,72
K₂O	8,34	10,02	10,07	10,27	9,77	10,12
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	93,32	94,16	94,60	94,29	94,49	94,61
FeO	7,00	2,78	2,81	2,98	4,40	3,09
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,28	4,41	4,42	4,39	4,37	4,41
Suma	97,60	98,57	99,02	98,68	98,86	99,02
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	5,89	6,12	6,17	6,19	6,23	6,18
Al IV	2,11	1,88	1,83	1,81	1,77	1,82
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,09	3,54	3,58	3,55	3,41	3,55
Ti	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,16	3,62	3,65	3,62	3,47	3,61
Fe 2+	0,82	0,32	0,32	0,34	0,51	0,35
Mn	0,02	0,01	0,11	0,11	0,19	0,12
Mg	0,60	0,17	0,00	0,00	0,01	0,01
Suma	1,44	0,50	0,43	0,46	0,70	0,48
Suma	4,60	4,11	4,08	4,08	4,17	4,10
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Na	0,21	0,22	0,18	0,18	0,17	0,19
K	1,49	1,74	1,74	1,79	1,71	1,76
Suma	1,70	1,96	1,93	1,97	1,89	1,95
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55**

	11517/95	11517/96	11517/97	11517/98	11517/99	11517/100
SiO₂	45,87	45,31	44,55	41,90	44,69	44,89
Al₂O₃	33,32	32,60	31,67	29,24	33,77	34,68
TiO₂	0,62	0,65	0,49	0,68	0,89	0,86
FeO	2,68	3,65	5,34	8,44	3,48	2,67
MnO	1,07	1,24	1,76	3,51	1,12	0,72
MgO	0,00	0,01	0,10	0,04	0,04	0,03
CaO	0,01	0,06	0,08	0,08	0,01	0,03
Na₂O	0,79	0,67	0,75	0,57	1,05	1,04
K₂O	10,22	9,84	9,27	8,68	9,46	9,88
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,58	94,03	94,01	93,14	94,51	94,80
FeO	2,68	3,65	5,34	8,44	3,48	2,67
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,42	4,37	4,32	4,16	4,40	4,43
Suma	99,00	98,40	98,33	97,30	98,91	99,23
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,23	6,22	6,18	6,03	6,09	6,07
Al IV	1,77	1,78	1,82	1,97	1,91	1,93
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,56	3,49	3,35	3,00	3,52	3,60
Ti	0,06	0,07	0,05	0,07	0,09	0,09
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,62	3,56	3,40	3,07	3,61	3,69
Fe 2+	0,30	0,42	0,62	1,02	0,40	0,30
Mn	0,12	0,14	0,21	0,43	0,13	0,08
Mg	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
Suma	0,43	0,56	0,85	1,45	0,53	0,39
Suma	4,05	4,12	4,25	4,52	4,14	4,08
Ca	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Na	0,21	0,18	0,20	0,16	0,28	0,27
K	1,77	1,72	1,64	1,59	1,64	1,71
Suma	1,98	1,91	1,85	1,77	1,92	1,98
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55

	11517/101	11517/102	11517/103	11517/104	11517/105	11517/106
SiO2	45,26	45,85	45,87	45,99	45,31	45,52
Al2O3	34,34	33,51	33,99	33,35	33,13	33,25
TiO2	0,86	0,68	0,66	0,50	0,57	0,52
FeO	2,57	2,67	2,63	3,06	3,47	3,15
MnO	0,03	0,00	0,03	0,00	0,05	0,09
MgO	0,76	0,85	0,89	1,08	1,13	1,18
CaO	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
Na2O	1,06	0,79	0,84	0,87	0,86	0,77
K2O	9,66	10,01	9,99	9,76	10,03	10,03
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,55	94,38	94,92	94,63	94,56	94,51
FeO	2,57	2,67	2,63	3,06	3,47	3,15
Fe2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O	4,44	4,43	4,46	4,44	4,41	4,42
Suma	98,99	98,81	99,38	99,07	98,97	98,93
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,11	6,20	6,17	6,21	6,16	6,17
Al IV	1,89	1,80	1,83	1,79	1,84	1,83
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,57	3,54	3,56	3,52	3,46	3,49
Ti	0,09	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,66	3,61	3,62	3,57	3,52	3,54
Fe 2+	0,29	0,30	0,30	0,35	0,39	0,36
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Mg	0,15	0,17	0,18	0,22	0,23	0,24
Suma	0,45	0,47	0,48	0,56	0,63	0,61
Suma	4,10	4,09	4,10	4,13	4,15	4,15
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,28	0,21	0,22	0,23	0,23	0,20
K	1,66	1,73	1,71	1,68	1,74	1,74
Suma	1,94	1,94	1,94	1,91	1,97	1,94
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55**

	11517/107	11517/108
SiO ₂	45,57	44,99
Al ₂ O ₃	32,76	33,67
TiO ₂	0,60	0,84
FeO	3,42	2,68
MnO	0,01	0,06
MgO	1,19	0,80
CaO	0,01	0,03
Na ₂ O	0,70	1,13
K ₂ O	10,04	9,48
F	0,00	0,00
Suma	94,30	93,68
FeO	3,42	2,68
Fe ₂ O ₃	0,00	0,00
H ₂ O	4,41	4,40
Suma	98,71	98,08
Número de O	22	22
Si	6,20	6,13
Al IV	1,80	1,87
Suma	8,00	8,00
Al VI	3,45	3,54
Ti	0,06	0,09
Fe 3+	0,00	0,00
Suma	3,51	3,63
Fe 2+	0,39	0,31
Mn	0,00	0,01
Mg	0,24	0,16
Suma	0,63	0,47
Suma	4,15	4,10
Ca	0,00	0,00
Na	0,18	0,30
K	1,74	1,65
Suma	1,93	1,95
F	0,00	0,00
OH	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-55 (11517-107)

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-326 (11517-108)

	11517/109	11517/110	11517/111	11517/112	11517/113	11517/114
SiO₂	44,48	45,20	45,67	45,06	44,70	45,04
Al₂O₃	31,04	31,64	33,67	31,07	34,09	34,62
TiO₂	0,68	0,51	0,63	0,42	0,87	0,65
FeO	5,20	4,11	2,54	4,70	2,53	2,11
MnO	0,09	0,03	0,03	0,08	0,05	0,00
MgO	2,21	1,73	0,82	2,14	0,81	0,63
CaO	0,04	0,05	0,00	0,06	0,00	0,02
Na₂O	0,63	0,57	0,84	0,57	1,05	0,99
K₂O	9,01	9,45	10,14	9,36	9,90	10,15
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	93,38	93,29	94,34	93,46	94,00	94,21
FeO	5,20	4,11	2,54	4,70	2,53	2,11
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,33	4,36	4,43	4,35	4,41	4,43
Suma	97,71	97,65	98,77	97,81	98,41	98,64
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,16	6,22	6,18	6,22	6,08	6,10
Al IV	1,84	1,78	1,82	1,78	1,92	1,90
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,22	3,36	3,56	3,27	3,55	3,63
Ti	0,07	0,05	0,06	0,04	0,09	0,07
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,29	3,41	3,62	3,31	3,64	3,69
Fe 2+	0,60	0,47	0,29	0,54	0,29	0,24
Mn	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Mg	0,46	0,36	0,17	0,44	0,16	0,13
Suma	1,07	0,83	0,46	0,99	0,46	0,37
Suma	4,36	4,24	4,08	4,30	4,10	4,06
Ca	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,17	0,15	0,22	0,15	0,28	0,26
K	1,59	1,66	1,75	1,65	1,72	1,75
Suma	1,77	1,82	1,97	1,81	2,00	2,02
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-326**

	11517/115	11517/116	11517/117	11517/118	11517/119	11517/120
SiO₂	45,44	45,49	45,86	46,27	45,19	46,42
Al₂O₃	34,35	34,54	33,86	33,57	34,77	33,40
TiO₂	0,76	0,68	0,72	0,69	0,52	0,35
FeO	2,24	2,21	2,28	2,19	2,30	2,43
MnO	0,00	0,02	0,00	0,02	0,04	0,04
MgO	0,67	0,73	0,80	0,83	0,63	0,86
CaO	0,00	0,00	0,04	0,04	0,01	0,05
Na₂O	0,88	1,02	0,83	0,79	0,92	1,23
K₂O	9,97	9,90	9,80	10,08	9,84	9,90
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,31	94,59	94,19	94,48	94,22	94,68
FeO	2,24	2,21	2,28	2,19	2,30	2,43
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,44	4,45	4,44	4,45	4,44	4,45
Suma	98,75	99,04	98,63	98,93	98,66	99,13
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,14	6,13	6,20	6,24	6,11	6,25
Al IV	1,86	1,87	1,80	1,76	1,89	1,75
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,61	3,61	3,59	3,57	3,65	3,56
Ti	0,08	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,69	3,68	3,66	3,64	3,70	3,59
Fe 2+	0,25	0,25	0,26	0,25	0,26	0,27
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,13	0,15	0,16	0,17	0,13	0,17
Suma	0,39	0,40	0,42	0,42	0,39	0,45
Suma	4,07	4,08	4,08	4,05	4,10	4,04
Ca	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Na	0,23	0,27	0,22	0,21	0,24	0,32
K	1,72	1,70	1,69	1,73	1,70	1,70
Suma	1,95	1,97	1,91	1,95	1,94	2,03
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-326**

	11517/121	11517/122	11517/123	11517/124	11517/125	11517/126
SiO₂	45,15	45,32	45,38	46,54	46,75	45,17
Al₂O₃	34,30	33,62	34,50	32,14	33,65	34,29
TiO₂	0,73	0,55	0,54	0,47	0,55	0,77
FeO	2,58	2,34	2,13	3,02	2,19	2,20
MnO	0,01	0,00	0,07	0,10	0,00	0,02
MgO	0,86	0,73	0,72	1,26	0,90	0,65
CaO	0,01	0,04	0,03	0,05	0,06	0,03
Na₂O	0,94	0,67	0,78	0,53	0,79	1,11
K₂O	9,66	10,08	10,07	9,91	9,65	9,64
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,24	93,35	94,22	94,02	94,54	93,88
FeO	2,58	2,34	2,13	3,02	2,19	2,20
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,43	4,39	4,43	4,42	4,47	4,42
Suma	98,67	97,74	98,65	98,44	99,01	98,30
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,11	6,19	6,14	6,32	6,27	6,13
Al IV	1,89	1,81	1,86	1,68	1,73	1,87
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,58	3,60	3,64	3,47	3,59	3,61
Ti	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,66	3,66	3,69	3,51	3,65	3,69
Fe 2+	0,29	0,27	0,24	0,34	0,25	0,25
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Mg	0,17	0,15	0,15	0,26	0,18	0,13
Suma	0,47	0,42	0,39	0,61	0,43	0,38
Suma	4,12	4,07	4,08	4,12	4,07	4,07
Ca	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
Na	0,25	0,18	0,20	0,14	0,21	0,29
K	1,67	1,76	1,74	1,72	1,65	1,67
Suma	1,92	1,94	1,95	1,86	1,87	1,96
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas de la filita EDH-326**

	11517/161	11517/162	11517/163	11517/164	11517/165	11517/166
SiO₂	43,73	45,56	45,04	45,24	46,07	45,89
Al₂O₃	36,74	35,42	35,67	35,80	35,36	35,93
TiO₂	0,00	0,08	0,04	0,05	0,07	0,10
FeO	0,56	1,36	1,46	1,32	1,40	1,41
MnO	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01	0,03
MgO	0,19	0,45	0,34	0,32	0,42	0,45
CaO	0,03	0,06	0,08	0,01	0,05	0,01
Na₂O	0,25	0,28	0,32	0,31	0,45	0,20
K₂O	10,89	10,71	10,71	10,61	10,66	10,68
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	92,39	93,93	93,71	93,66	94,49	94,70
FeO	0,56	1,36	1,46	1,32	1,40	1,41
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,37	4,44	4,42	4,43	4,47	4,48
Suma	96,76	98,37	98,13	98,09	98,96	99,18
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,00	6,16	6,11	6,12	6,19	6,14
Al IV	2,00	1,84	1,89	1,88	1,81	1,86
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,94	3,79	3,81	3,84	3,78	3,81
Ti	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,94	3,80	3,82	3,84	3,79	3,82
Fe 2+	0,06	0,15	0,17	0,15	0,16	0,16
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Mg	0,04	0,09	0,07	0,06	0,08	0,09
Suma	0,10	0,25	0,24	0,21	0,24	0,25
Suma	4,04	4,05	4,06	4,06	4,03	4,07
Ca	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Na	0,07	0,07	0,08	0,08	0,12	0,05
K	1,91	1,85	1,85	1,83	1,83	1,82
Suma	1,98	1,93	1,95	1,92	1,95	1,88
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-5**

	11517/167	11517/168	11517/169	11517/170	11517/171	11517/172
SiO₂	45,90	45,58	46,11	46,20	46,11	46,04
Al₂O₃	35,71	36,22	36,08	36,19	36,01	35,76
TiO₂	0,06	0,06	0,00	0,01	0,10	0,12
FeO	1,54	1,31	1,06	1,18	1,12	1,04
MnO	0,04	0,01	0,03	0,04	0,06	0,05
MgO	0,40	0,31	0,44	0,36	0,36	0,43
CaO	0,03	0,02	0,14	0,09	0,07	0,10
Na₂O	0,19	0,25	0,24	0,22	0,24	0,21
K₂O	10,67	10,42	10,15	9,89	9,87	9,84
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	94,54	94,18	94,25	94,18	93,94	93,59
FeO	1,54	1,31	1,06	1,18	1,12	1,04
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,47	4,46	4,48	4,49	4,47	4,46
Suma	99,01	98,64	98,73	98,67	98,41	98,05
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,16	6,12	6,17	6,18	6,18	6,19
Al IV	1,84	1,88	1,83	1,82	1,82	1,81
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,81	3,86	3,86	3,88	3,87	3,86
Ti	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,81	3,86	3,86	3,88	3,88	3,87
Fe 2+	0,17	0,15	0,12	0,13	0,13	0,12
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Mg	0,08	0,06	0,09	0,07	0,07	0,09
Suma	0,26	0,21	0,21	0,21	0,20	0,21
Suma	4,07	4,07	4,07	4,09	4,08	4,08
Ca	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
Na	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05
K	1,83	1,79	1,73	1,69	1,69	1,69
Suma	1,88	1,85	1,81	1,76	1,76	1,76
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-5**

	11517/216	11517/217	11517/218
SiO₂	45,34	45,73	45,24
Al₂O₃	35,49	35,42	35,81
TiO₂	0,19	0,14	0,15
FeO	2,17	2,17	2,12
MnO	0,00	0,07	0,00
MgO	0,51	0,52	0,43
CaO	0,01	0,02	0,01
Na₂O	0,51	0,53	0,47
K₂O	10,46	10,06	10,57
F	0,00	0,00	0,00
Suma	94,68	94,66	94,80
FeO	2,17	2,17	2,12
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,46	4,47	4,46
Suma	99,14	99,13	99,26
Número de O	22	22	22
Si	6,10	6,14	6,08
Al IV	1,90	1,86	1,92
Suma	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,73	3,74	3,76
Ti	0,02	0,01	0,02
Fe 3+	0,00	0,00	0,00
Suma	3,75	3,76	3,77
Fe 2+	0,24	0,24	0,24
Mn	0,00	0,01	0,00
Mg	0,10	0,10	0,09
Suma	0,35	0,36	0,32
Suma	4,10	4,11	4,10
Ca	0,00	0,00	0,00
Na	0,13	0,14	0,12
K	1,80	1,72	1,81
Suma	1,93	1,86	1,94
F	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-400**

	11517/219	11517/220	11517/221	11517/222	11517/223	11517/224
SiO₂	44,32	45,20	45,34	44,90	44,90	45,66
Al₂O₃	34,55	35,09	34,61	35,30	35,61	35,74
TiO₂	0,14	0,19	0,12	0,13	0,15	0,11
FeO	3,23	2,52	2,58	2,08	2,10	2,08
MnO	0,05	0,02	0,03	0,00	0,06	0,00
MgO	0,46	0,46	0,54	0,45	0,46	0,46
CaO	0,04	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
Na₂O	0,46	0,35	0,24	0,40	0,49	0,46
K₂O	9,73	10,18	10,74	10,27	10,22	10,33
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	92,98	94,03	94,20	93,54	93,99	94,84
FeO	3,23	2,52	2,58	2,08	2,10	2,08
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,36	4,43	4,42	4,41	4,43	4,47
Suma	97,34	98,46	98,62	97,95	98,42	99,31
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,09	6,12	6,15	6,11	6,08	6,12
Al IV	1,91	1,88	1,85	1,89	1,92	1,88
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,69	3,73	3,69	3,76	3,76	3,77
Ti	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,70	3,75	3,70	3,78	3,78	3,78
Fe 2+	0,37	0,29	0,29	0,24	0,24	0,23
Mn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mg	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,09
Suma	0,47	0,38	0,41	0,33	0,34	0,33
Suma	4,17	4,13	4,11	4,11	4,12	4,10
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,12	0,09	0,06	0,11	0,13	0,12
K	1,71	1,76	1,86	1,78	1,77	1,77
Suma	1,83	1,85	1,92	1,89	1,89	1,89
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-400**

	11517/239	11517/240	11517/241	11517/242	11517/243
SiO₂	45,31	45,12	45,19	45,02	45,11
Al₂O₃	34,52	34,26	34,31	34,10	34,21
TiO₂	0,61	0,59	0,62	0,66	0,65
FeO	1,89	1,95	2,17	2,07	1,83
MnO	0,02	0,03	0,05	0,01	0,07
MgO	0,89	0,90	1,01	0,93	0,90
CaO	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03
Na₂O	0,27	0,31	0,30	0,33	0,37
K₂O	10,32	10,26	10,43	10,26	10,40
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	93,84	93,42	94,10	93,38	93,57
FeO	1,89	1,95	2,17	2,07	1,83
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,43	4,40	4,42	4,40	4,41
Suma	98,27	97,82	98,52	97,78	97,98
Número de O	22	22	22	22	22
Si	6,14	6,15	6,13	6,14	6,14
Al IV	1,86	1,85	1,87	1,86	1,86
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,65	3,64	3,61	3,62	3,63
Ti	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,72	3,70	3,67	3,69	3,69
Fe 2+	0,21	0,22	0,25	0,24	0,21
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Mg	0,18	0,18	0,20	0,19	0,18
Suma	0,40	0,41	0,46	0,43	0,40
Suma	4,11	4,11	4,13	4,12	4,09
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10
K	1,78	1,78	1,80	1,78	1,81
Suma	1,86	1,86	1,89	1,87	1,91
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-90

	11517/244	11517/245	11517/246	11517/247	11517/248	11517/249
SiO₂	44,95	45,10	45,42	45,34	45,35	45,41
Al₂O₃	34,10	34,29	34,04	34,14	34,48	34,56
TiO₂	0,62	0,63	0,56	0,57	0,55	0,50
FeO	2,09	1,91	1,91	2,05	1,92	1,82
MnO	0,06	0,01	0,03	0,00	0,00	0,07
MgO	0,90	0,94	0,90	0,96	0,97	0,90
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na₂O	0,34	0,34	0,34	0,31	0,32	0,35
K₂O	10,45	10,22	10,07	10,38	10,40	10,28
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	93,51	93,44	93,27	93,75	93,99	93,90
FeO	2,09	1,91	1,91	2,05	1,92	1,82
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,40	4,41	4,40	4,41	4,43	4,43
Suma	97,91	97,85	97,67	98,16	98,42	98,33
Número de O	22	22	22	22	22	22
Si	6,13	6,14	6,18	6,16	6,14	6,15
Al IV	1,87	1,86	1,82	1,84	1,86	1,85
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,62	3,64	3,65	3,62	3,64	3,66
Ti	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,68	3,70	3,70	3,68	3,70	3,71
Fe 2+	0,24	0,22	0,22	0,23	0,22	0,21
Mn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	0,18	0,19	0,18	0,19	0,20	0,18
Suma	0,43	0,41	0,40	0,43	0,41	0,40
Suma	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
K	1,82	1,77	1,75	1,80	1,80	1,78
Suma	1,91	1,86	1,84	1,88	1,88	1,87
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda
correspondientes a micas blancas del granito EES-90

	11494/46	11494/47	11494/48	11494/49	11494/50	11494/51
SiO₂	46,60	45,75	45,44	45,63	46,00	45,76
Al₂O₃	35,49	35,18	34,95	35,75	35,47	35,32
TiO₂	0,06	0,02	0,07	0,09	0,09	0,05
FeO	2,66	2,44	2,82	2,45	2,34	2,16
MnO	0,07	0,04	0,17	0,14	0,04	0,10
MgO	0,33	0,39	0,37	0,44	0,46	0,44
CaO	0,02	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00
Na₂O	0,33	0,50	0,42	0,53	0,65	0,57
K₂O	9,70	9,77	10,45	9,86	9,82	10,20
F	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01
Suma	95,27	94,11	94,73	94,89	94,92	94,61
	4,47	5,70				
FeO	2,66	2,44	2,82	2,45	2,34	2,16
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,50	4,45	4,44	4,48	4,46	4,46
Suma	99,77	98,56	99,17	99,37	99,38	99,07
Si	6,20	6,17	6,14	6,11	6,16	6,15
Al IV	1,80	1,83	1,86	1,89	1,84	1,85
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,77	3,76	3,70	3,76	3,75	3,75
Ti	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,77	3,76	3,70	3,77	3,76	3,75
Fe 2+	0,30	0,28	0,32	0,27	0,26	0,24
Mn	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01
Mg	0,07	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09
Suma	0,37	0,36	0,41	0,38	0,36	0,34
Suma	4,14	4,12	4,12	4,14	4,12	4,10
Ca	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Na	0,09	0,13	0,11	0,14	0,17	0,15
K	1,65	1,68	1,80	1,68	1,68	1,75
Suma	1,73	1,81	1,92	1,82	1,85	1,90
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	3,98	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,98	8,97	8,92	8,94	8,95	8,95
Na/(Na+K+Ba)	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,08
Fe/Fe+Mg	0,82	0,78	0,81	0,76	0,74	0,73

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-50

	11494/52	11494/53	11494/54	11494/56	11494/57	11494/58
SiO₂	44,83	46,25	45,38	46,37	46,53	46,73
Al₂O₃	35,11	35,67	35,34	35,43	35,59	35,19
TiO₂	0,03	0,08	0,05	0,03	0,00	0,04
FeO	2,24	2,22	2,31	2,93	2,67	2,34
MnO	0,04	0,02	0,02	0,01	0,15	0,11
MgO	0,39	0,46	0,40	0,28	0,36	0,41
CaO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Na₂O	0,54	0,49	0,50	0,39	0,42	0,43
K₂O	10,03	9,36	9,88	10,24	9,93	9,48
F	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
Summe	93,24	94,57	93,90	95,68	95,68	94,73
FeO	2,24	2,22	2,31	2,93	2,67	2,34
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,39	4,48	4,42	4,50	4,52	4,49
Suma	97,63	99,05	98,32	100,18	100,20	99,22
Si	6,12	6,18	6,14	6,18	6,18	6,24
Al IV	1,88	1,82	1,86	1,82	1,82	1,76
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,76	3,79	3,77	3,74	3,75	3,77
Ti	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,77	3,80	3,78	3,74	3,75	3,77
Fe 2+	0,26	0,25	0,26	0,33	0,30	0,26
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Mg	0,08	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08
Suma	0,34	0,34	0,34	0,38	0,38	0,36
Suma	4,11	4,14	4,12	4,12	4,14	4,13
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,14	0,13	0,13	0,10	0,11	0,11
K	1,75	1,60	1,70	1,74	1,68	1,61
Suma	1,89	1,72	1,84	1,84	1,79	1,73
F	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	3,99	3,99	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,94	8,99	8,96	8,96	8,97	9,00
Na/(Na+K+Ba)	0,08	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06
Fe/Fe+Mg	0,76	0,73	0,76	0,85	0,81	0,76

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-50

	11494/59	11494/60	11494/61	11494/62	11494/63	11494/64
SiO₂	46,46	45,10	47,11	46,67	47,06	46,46
Al₂O₃	36,01	34,82	35,75	35,71	35,72	35,53
TiO₂	0,06	0,03	0,10	0,01	0,07	0,04
FeO	2,18	3,16	2,32	2,18	2,35	2,48
MnO	0,13	1,00	0,07	0,26	0,15	0,40
MgO	0,36	0,44	0,43	0,42	0,46	0,42
CaO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Na₂O	0,56	0,54	0,48	0,48	0,46	0,50
K₂O	9,59	10,28	9,88	9,94	9,67	9,97
F	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,05
Summe	95,38	95,37	96,16	95,67	95,99	95,85
FeO	2,18	3,16	2,32	2,18	2,35	2,48
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,52	4,44	4,54	4,52	4,53	4,49
Suma	99,90	99,81	100,70	100,19	100,52	100,34
Si	6,16	6,09	6,21	6,19	6,21	6,17
Al IV	1,84	1,91	1,79	1,81	1,79	1,83
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,79	3,62	3,76	3,77	3,76	3,73
Ti	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,80	3,63	3,77	3,77	3,77	3,73
Fe 2+	0,24	0,36	0,26	0,24	0,26	0,28
Mn	0,01	0,11	0,01	0,03	0,02	0,04
Mg	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08
Suma	0,33	0,56	0,35	0,35	0,37	0,40
Suma	4,13	4,19	4,12	4,12	4,13	4,14
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,14	0,14	0,12	0,12	0,12	0,13
K	1,62	1,77	1,66	1,68	1,63	1,69
Suma	1,77	1,91	1,78	1,80	1,75	1,82
F	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
OH	4,00	4,00	3,99	4,00	3,99	3,98
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,98	8,86	8,98	8,98	8,98	8,95
Na/(Na+K+Ba)	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fe/Fe+Mg	0,77	0,80	0,75	0,74	0,74	0,77

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-50

	11494/69	11494/73	11494/74	11494/76	11494/77
SiO₂	47,15	46,35	46,60	46,49	47,08
Al₂O₃	33,87	34,15	34,21	34,37	35,20
TiO₂	0,21	0,11	0,14	0,13	0,04
FeO	2,53	2,44	2,23	2,35	1,91
MnO	0,03	0,05	0,01	0,03	0,01
MgO	1,02	0,95	0,95	0,94	0,73
CaO	0,01	0,06	0,03	0,01	0,13
Na₂O	0,40	0,38	0,32	0,26	0,27
K₂O	9,87	9,85	9,90	10,01	7,73
F	0,45	0,32	0,40	0,28	0,33
Summe	95,54	94,66	94,79	94,87	93,43
FeO	2,53	2,44	2,23	2,35	1,91
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,28	4,30	4,28	4,34	4,33
Suma	99,82	98,96	99,07	99,21	97,76
Si	6,29	6,24	6,26	6,24	6,30
Al IV	1,71	1,76	1,74	1,76	1,70
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,62	3,66	3,67	3,67	3,85
Ti	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,64	3,67	3,69	3,69	3,85
Fe 2+	0,28	0,27	0,25	0,26	0,21
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Mg	0,20	0,19	0,19	0,19	0,15
Suma	0,49	0,47	0,44	0,46	0,36
Suma	4,13	4,14	4,13	4,14	4,21
Ca	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Na	0,10	0,10	0,08	0,07	0,07
K	1,68	1,69	1,70	1,71	1,32
Suma	1,79	1,80	1,78	1,78	1,41
F	0,19	0,14	0,17	0,12	0,14
OH	3,81	3,86	3,83	3,88	3,86
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,96	8,95	8,96	8,95	9,07
Na/(Na+K+Ba)	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05
Fe/Fe+Mg	0,58	0,59	0,57	0,58	0,59

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-323

	11494/79	11494/82	11494/83	11494/84	11494/85	11494/86
SiO₂	46,70	45,92	46,14	45,93	46,68	46,09
Al₂O₃	34,85	35,52	35,62	34,57	35,00	35,22
TiO₂	0,16	0,33	0,17	0,23	0,21	0,21
FeO	2,27	2,24	2,32	2,31	2,42	2,37
MnO	0,01	0,08	0,08	0,03	0,03	0,00
MgO	0,89	0,72	0,75	0,82	0,82	0,82
CaO	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Na₂O	0,36	0,53	0,55	0,43	0,49	0,37
K₂O	9,39	10,35	10,14	10,49	10,45	9,73
F	0,27	0,35	0,30	0,28	0,36	0,32
Summe	94,97	96,04	96,07	95,08	96,48	95,13
FeO	2,27	2,24	2,32	2,31	2,42	2,37
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,37	4,34	4,38	4,33	4,35	4,33
Suma	99,34	100,38	100,44	99,41	100,83	99,46
Si	6,23	6,11	6,13	6,18	6,19	6,16
Al IV	1,77	1,89	1,87	1,82	1,81	1,84
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,71	3,69	3,70	3,65	3,66	3,71
Ti	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,73	3,72	3,72	3,68	3,68	3,73
Fe 2+	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,26
Mn	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Mg	0,18	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Suma	0,43	0,40	0,42	0,43	0,43	0,43
Suma	4,16	4,12	4,14	4,11	4,11	4,16
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,09	0,14	0,14	0,11	0,13	0,10
K	1,60	1,76	1,72	1,80	1,77	1,66
Suma	1,70	1,89	1,86	1,91	1,89	1,76
F	0,11	0,15	0,12	0,12	0,15	0,13
OH	3,89	3,85	3,88	3,88	3,85	3,87
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,97	8,90	8,92	8,92	8,92	8,94
Na/(Na+K+Ba)	0,05	0,07	0,08	0,06	0,07	0,05
Fe/Fe+Mg	0,59	0,64	0,63	0,61	0,62	0,62

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-323

	11494/87	11494/88	11494/89	11494/90	11494/91	11494/92
SiO₂	46,57	46,36	46,49	45,54	46,44	46,42
Al₂O₃	35,26	34,62	34,98	34,79	35,19	35,35
TiO₂	0,27	0,20	0,23	0,18	0,22	0,30
FeO	2,32	2,45	2,53	2,36	2,46	2,28
MnO	0,07	0,06	0,09	0,03	0,03	0,08
MgO	0,76	0,80	0,83	0,79	0,81	0,76
CaO	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Na₂O	0,55	0,47	0,49	0,57	0,52	0,52
K₂O	9,88	10,41	10,12	10,36	10,01	10,16
F	0,32	0,44	0,34	0,39	0,33	0,33
Summe	96,02	95,81	96,12	95,02	96,02	96,20
FeO	2,32	2,45	2,53	2,36	2,46	2,28
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	4,37	4,28	4,35	4,26	4,36	4,37
Suma	100,39	100,09	100,47	99,28	100,38	100,57
Si	6,18	6,20	6,18	6,14	6,17	6,16
Al IV	1,82	1,80	1,82	1,86	1,83	1,84
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	3,69	3,65	3,66	3,67	3,68	3,68
Ti	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	3,72	3,67	3,68	3,68	3,70	3,71
Fe 2+	0,26	0,27	0,28	0,27	0,27	0,25
Mn	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Mg	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
Suma	0,42	0,44	0,46	0,43	0,44	0,41
Suma	4,13	4,11	4,14	4,11	4,14	4,12
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,14	0,12	0,13	0,15	0,13	0,13
K	1,67	1,77	1,72	1,78	1,70	1,72
Suma	1,82	1,90	1,84	1,93	1,83	1,85
F	0,13	0,18	0,14	0,17	0,14	0,14
OH	3,87	3,82	3,86	3,83	3,86	3,86
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Si +1/2 Al total	8,93	8,92	8,92	8,90	8,92	8,92
Na/(Na+K+Ba)	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07
Fe/Fe+Mg	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a
micas blancas del granito EDH-323

Muestras Analizadas	10720-1	10720-2	10720-7	10720-14	10768-34
SiO ₂	48,53	47,98	48,21	52,51	47,47
Al ₂ O ₃	32,29	32,83	31,02	30,16	32,47
FeO	2,23	1,98	2,91	1,89	1,85
MgO	1,10	1,10	1,42	1,23	1,43
MnO	0,01	0,02	0,01	0,00	0,09
TiO ₂	0,12	0,15	0,08	0,02	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,13	0,09	0,16	0,16	0,21
K ₂ O	9,13	9,24	9,77	8,60	10,07
BaO	0,00	0,30	0,05	0,29	0,35
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,10	0,00	0,14
H ₂ O	4,51	4,50	4,45	4,62	4,37
Suma	98,05	98,22	98,18	99,48	98,46
Si	6,46	6,39	6,49	6,81	6,41
Al [4]	1,54	1,61	1,51	1,19	1,59
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al [6]	3,52	3,55	3,41	3,43	3,58
Ti	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe 2+	0,25	0,22	0,33	0,21	0,21
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Mg	0,22	0,22	0,29	0,24	0,29
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Ca	0,00	0,03	0,06	0,00	0,08
Na	0,03	0,02	0,04	0,04	0,06
K	1,55	1,57	1,68	1,42	1,73
Suma	1,59	1,62	1,78	1,46	1,87
F	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	3,99	4,00	3,99
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes
a micas de forma radial en cuarcitas de ETH- muestra 150.

Muestras	10718-23	10718-29
Analizadas		
SiO ₂	49,88	48,14
Al ₂ O ₃	30,27	32,51
FeO	3,18	2,55
MgO	1,26	0,76
MnO	0,00	0,01
TiO ₂	0,08	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03
Na ₂ O	0,05	0,10
K ₂ O	9,48	9,40
BaO	0,00	0,07
Cl	0,00	0,00
F	0,00	0,00
H ₂ O	4,51	4,50
Suma	98,71	98,08
Si	6,63	6,44
Al [4]	1,37	1,56
Suma	8,00	8,00
Al [6]	3,38	3,56
Ti	0,01	0,00
Fe 3+	0,00	0,00
Fe 2+	0,35	0,29
Mn	0,00	0,01
Mg	0,25	0,15
Suma	4,00	4,00
Ca	0,01	0,01
Na	0,01	0,03
K	1,61	1,60
Suma	1,63	1,64
F	0,01	0,02
Cl	0,00	0,00
OH	3,99	3,98
Suma	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes
a micas en bordes de lentes en cuarcitas de ETH- muestra 150.**

Muestras Analizadas	10718-2	10718-6	10718-10	10718-11	10718-12	10718-13
SiO ₂	48,48	48,02	49,21	53,47	47,24	45,31
Al ₂ O ₃	31,13	30,93	31,45	28,20	33,35	31,78
FeO	1,94	2,42	2,96	1,83	1,12	2,87
MgO	1,52	1,41	1,56	1,24	1,13	1,50
MnO	0,06	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02
TiO ₂	0,54	0,48	0,16	0,22	0,23	1,55
Cr ₂ O ₃	0,02	0,07	0,02	0,03	0,04	0,05
Na ₂ O	0,09	0,11	0,20	0,14	0,11	0,17
K ₂ O	10,01	10,04	9,28	9,59	10,20	10,47
BaO	0,01	0,05	0,37	0,07	0,11	0,20
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
H ₂ O	4,39	4,44	4,54	4,58	4,45	4,39
Suma	98,19	98,00	99,76	99,37	98,04	98,31
Si	6,49	6,48	6,50	6,99	6,34	6,18
Al [4]	1,51	1,52	1,50	1,01	1,66	1,82
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al [6]	3,41	3,40	3,39	3,34	3,62	3,30
Ti	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe 2+	0,22	0,27	0,33	0,20	0,13	0,33
Mn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,30	0,28	0,31	0,24	0,23	0,31
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04
K	1,71	1,73	1,66	1,60	1,75	1,82
Suma	1,74	1,76	1,71	1,63	1,77	1,87
F	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,98	4,00	3,97	3,99	3,98	3,99
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes
a micas en contacto con cuarzo en cuarcitas de ETH- muestra 151.

Muestras	10718-15	10767-15	10718-67
Analizadas			
SiO ₂	47,76	48,54	48,54
Al ₂ O ₃	32,18	32,06	32,18
FeO	2,39	2,67	2,35
MgO	1,20	0,95	0,89
MnO	0,00	0,00	0,02
TiO ₂	0,18	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,00	0,08	0,07
Na ₂ O	0,21	0,18	0,15
K ₂ O	10,06	9,17	9,26
BaO	0,10	0,16	0,03
Cl	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,36	0,00
H ₂ O	4,47	4,29	4,49
Suma	98,55	98,46	98,00
Si	6,41	6,53	6,48
Al [4]	1,59	1,47	1,52
Suma	8,00	8,00	8,00
Al [6]	3,50	3,61	3,91
Ti	0,02	0,00	0,00
Fe 3+	0,00	0,00	0,00
Fe 2+	0,27	0,30	0,26
Mn	0,00	0,00	0,00
Mg	0,24	0,19	0,18
Suma	4,00	4,00	4,00
Ca	0,00	0,00	0,02
Na	0,06	0,05	0,04
K	1,72	1,57	1,58
Suma	1,78	1,62	1,63
F	0,02	0,03	0,02
Cl	0,00	0,00	0,00
OH	3,98	3,97	3,98
Suma	4,00	4,00	4,00

**Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes
a micas en contacto con cuarzo en cuarcitas de ETH- muestra 151.**

	11517/288	11517/289	11517/290	11517/291	11517/292	11517/293
SiO₂	35,14	34,83	34,23	34,87	35,31	35,59
Al₂O₃	15,42	15,47	15,48	15,17	15,06	15,11
TiO₂	2,91	2,86	2,75	3,04	3,14	3,05
FeO	21,98	22,49	21,96	21,36	21,14	21,43
MnO	0,42	0,35	0,51	0,42	0,36	0,42
MgO	10,19	10,53	10,64	10,18	9,65	9,65
CaO	0,02	0,04	0,03	0,02	0,15	0,01
Na₂O	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10
K₂O	8,88	8,31	8,15	8,95	9,47	9,52
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	95,05	94,96	93,83	94,09	94,35	94,88
FeO	21,98	22,46	21,63	21,36	21,14	21,43
Fe₂O₃	0,00	0,03	0,36	0,00	0,00	0,00
H₂O	3,86	3,86	3,81	3,83	3,83	3,85
Suma	98,91	98,82	97,68	97,92	98,18	98,73
Si	5,46	5,41	5,38	5,47	5,52	5,54
Al IV	2,54	2,59	2,62	2,53	2,48	2,46
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,28	0,25	0,25	0,27	0,30	0,31
Ti	0,34	0,33	0,33	0,36	0,37	0,36
Fe 3+	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Suma	0,62	0,59	0,62	0,63	0,67	0,67
Fe 2+	2,86	2,92	2,84	2,80	2,77	2,79
Mn	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06
Mg	2,36	2,44	2,49	2,38	2,25	2,24
Suma	5,27	5,41	5,41	5,24	5,06	5,08
Suma	5,89	5,99	6,02	5,86	5,74	5,75
Ca	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00
Na	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
K	1,76	1,65	1,63	1,79	1,89	1,89
Suma	1,79	1,68	1,66	1,82	1,94	1,92
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,34	0,34	0,35	0,34	0,33	0,33
Fe/Fe+Mg	0,55	0,55	0,54	0,54	0,55	0,55

Microsonda en biotitas correspondientes al gabro EDH - 301

	11517/282	11517/283	11517/284	11517/285	11517/286	11517/287
SiO₂	35,88	35,62	35,47	30,09	34,03	31,08
Al₂O₃	15,20	15,29	15,33	16,44	15,45	16,25
TiO₂	3,25	3,28	3,23	1,16	2,56	1,58
FeO	21,15	21,30	21,30	25,54	22,98	24,97
MnO	0,32	0,44	0,37	0,51	0,44	0,48
MgO	9,61	9,67	9,94	13,05	10,50	12,37
CaO	0,00	0,03	0,03	0,09	0,00	0,07
Na₂O	0,05	0,14	0,09	0,02	0,06	0,05
K₂O	9,71	9,48	9,50	3,17	7,76	4,28
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	95,17	95,25	95,26	90,07	93,78	91,13
FeO	21,15	21,30	21,30	19,47	22,31	20,25
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	6,75	0,75	5,25
H₂O	3,87	3,87	3,87	3,66	3,80	3,70
Suma	99,04	99,12	99,13	94,41	97,66	95,36
Si	5,56	5,52	5,49	4,93	5,37	5,03
Al IV	2,44	2,48	2,51	3,07	2,63	2,97
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,33	0,31	0,29	0,10	0,24	0,13
Ti	0,38	0,38	0,38	0,14	0,30	0,19
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,83	0,09	0,64
Suma	0,71	0,69	0,67	1,07	0,63	0,97
Fe 2+	2,74	2,76	2,76	2,66	2,94	2,74
Mn	0,04	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07
Mg	2,22	2,23	2,30	3,19	2,47	2,99
Suma	5,00	5,05	5,10	5,92	5,47	5,79
Suma	5,71	5,74	5,77	6,99	6,10	6,76
Ca	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
Na	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02
K	1,92	1,87	1,88	0,66	1,56	0,88
Suma	1,93	1,92	1,91	0,68	1,58	0,91
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,33	0,34	0,34	0,39	0,35	0,38
Fe/Fe+Mg	0,55	0,55	0,55	0,52	0,55	0,53

Microsonda en biotitas correspondientes al gabro EDH - 301

	11517/300	11517/301	11517/302	11517/303
SiO₂	28,60	32,66	34,71	34,45
Al₂O₃	17,03	15,71	15,34	15,17
TiO₂	0,72	2,15	3,08	2,80
FeO	25,95	23,91	21,84	22,21
MnO	0,48	0,39	0,39	0,45
MgO	14,13	11,39	9,96	9,99
CaO	0,06	0,04	0,01	0,00
Na₂O	0,00	0,04	0,11	0,08
K₂O	1,87	6,18	9,06	8,48
F	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	88,84	92,47	94,50	93,63
FeO	17,93	21,34	21,84	22,21
Fe₂O₃	8,91	2,85	0,00	0,00
H₂O	3,62	3,75	3,83	3,80
Suma	93,35	96,51	98,33	97,43
Si	4,74	5,22	5,43	5,44
Al IV	3,26	2,78	2,57	2,56
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,06	0,18	0,27	0,27
Ti	0,09	0,26	0,36	0,33
Fe 3+	1,11	0,34	0,00	0,00
Suma	1,26	0,78	0,63	0,60
Fe 2+	2,48	2,85	2,86	2,93
Mn	0,07	0,05	0,05	0,06
Mg	3,49	2,71	2,32	2,35
Suma	6,04	5,62	5,24	5,35
Suma	7,30	6,40	5,86	5,95
Ca	0,01	0,01	0,00	0,00
Na	0,00	0,01	0,03	0,02
K	0,40	1,26	1,81	1,71
Suma	0,41	1,28	1,84	1,73
F	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,41	0,36	0,34	0,34
Fe/Fe+Mg	0,51	0,54	0,55	0,55

Microsonda en biotitas correspondientes al gabro EDH - 301

	11517/294	11517/295	11517/296	11517/297	11517/298	11517/299
SiO2	35,50	35,54	35,59	35,64	35,58	34,47
Al2O3	15,26	15,26	15,19	15,14	15,16	15,54
TiO2	3,02	3,12	3,07	2,92	3,09	2,56
FeO	21,06	21,48	21,62	21,26	21,66	22,04
MnO	0,46	0,52	0,44	0,44	0,43	0,41
MgO	9,88	9,93	9,66	9,73	9,78	10,42
CaO	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10
Na2O	0,10	0,08	0,08	0,05	0,09	0,06
K2O	9,79	9,55	9,67	9,37	9,40	8,21
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	95,08	95,50	95,34	94,57	95,21	93,81
FeO	21,06	21,48	21,62	21,26	21,66	22,04
Fe2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O	3,86	3,87	3,86	3,85	3,86	3,82
Suma	98,94	99,37	99,20	98,42	99,07	97,63
Si	5,52	5,50	5,52	5,56	5,52	5,42
Al IV	2,48	2,50	2,48	2,44	2,48	2,58
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,31	0,28	0,30	0,34	0,29	0,30
Ti	0,35	0,36	0,36	0,34	0,36	0,30
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	0,66	0,65	0,66	0,68	0,65	0,60
Fe 2+	2,74	2,78	2,81	2,77	2,81	2,90
Mn	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05
Mg	2,29	2,29	2,23	2,26	2,26	2,44
Suma	5,09	5,14	5,10	5,09	5,13	5,39
Suma	5,75	5,79	5,76	5,77	5,78	5,99
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Na	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
K	1,94	1,89	1,91	1,86	1,86	1,65
Suma	1,97	1,91	1,94	1,88	1,89	1,68
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,35
Fe/Fe+Mg	0,54	0,55	0,56	0,55	0,55	0,54

Microsonda en biotitas correspondientes al gabro EDH - 301

	11517/225	11517/226	11517/227	11517/228	11517/229	11517/230
SiO₂	33,81	33,85	33,61	33,59	33,31	33,72
Al₂O₃	19,33	19,09	18,96	18,69	18,27	19,04
TiO₂	2,09	2,22	2,01	1,92	1,75	2,03
FeO	19,91	20,68	20,99	21,11	20,47	21,04
MnO	0,49	7,8	0,58	0,6	0,54	0,64
MgO	7,93	0,53	7,95	7,9	8,26	8,01
CaO	0	0,03	0,02	0,03	0,06	0
Na₂O	0,16	0,11	0,11	0,12	0,1	0,14
K₂O	9,56	9,37	8,9	9,54	9,11	9,46
F	0	0	0	0	0	0
Suma	93,28	93,68	93,13	93,5	91,87	94,08
FeO	19,91	20,68	20,99	21,11	20,47	21,04
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	3,82	3,70	3,80	3,80	3,75	3,83
Suma	97,10	97,38	96,93	97,30	95,62	97,91
Si	5,31	5,49	5,30	5,31	5,33	5,28
Al IV	2,69	2,51	2,70	2,69	2,67	2,72
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,89	1,14	0,83	0,78	0,78	0,80
Ti	0,25	0,27	0,24	0,23	0,21	0,24
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	1,14	1,41	1,07	1,01	0,99	1,04
Fe 2+	2,61	2,81	2,77	2,79	2,74	2,76
Mn	0,07	1,07	0,08	0,08	0,07	0,08
Mg	1,86	0,13	1,87	1,86	1,97	1,87
Suma	4,54	4,01	4,72	4,73	4,79	4,71
Suma	5,67	5,42	5,78	5,74	5,78	5,75
Ca	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
Na	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
K	1,92	1,94	1,79	1,92	1,86	1,89
Suma	1,96	1,98	1,83	1,96	1,90	1,93
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40
Fe/Fe+Mg	0,58	0,96	0,60	0,60	0,58	0,60

Microsonda en biotitas correspondientes al granito EES - 90

	11517/231	11517/232	11517/233	11517/234	11517/235	11517/236
			33,85	34,22	33,85	33,47
SiO₂	33,99	33,52	18,67	18,89	18,76	18,68
Al₂O₃	18,88	18,62	2,03	1,99	2	1,88
TiO₂	2,04	2,11	20,95	20,85	20,45	20,83
FeO	20,8	20,39	0,45	0,5	0,49	0,56
MnO	0,57	0,51	8,14	8,33	8,35	8,45
MgO	7,99	8,16	0,03	0,06	0,05	0,06
CaO	0,03	0,07	0,16	0,11	0,15	0,15
Na₂O	0,11	0,17	9,49	9,59	9,4	8,72
K₂O	9,62	9,12	0	0	0	0
F	0	0	93,77	94,54	93,5	92,8
Suma	94,03	92,67				
FeO	20,80	20,39	20,95	20,85	20,45	20,83
Fe₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	3,83	3,78	3,82	3,85	3,82	3,79
Suma	97,86	96,45	97,59	98,39	97,32	96,59
Si	5,32	5,31	5,32	5,32	5,32	5,30
Al IV	2,68	2,69	2,68	2,68	2,68	2,70
Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al VI	0,81	0,79	0,77	0,79	0,79	0,78
Ti	0,24	0,25	0,24	0,23	0,24	0,22
Fe 3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	1,05	1,04	1,01	1,02	1,03	1,00
Fe 2+	2,72	2,70	2,75	2,71	2,69	2,76
Mn	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08
Mg	1,87	1,93	1,91	1,93	1,96	1,99
Suma	4,66	4,70	4,72	4,71	4,71	4,82
Suma	5,71	5,74	5,73	5,73	5,74	5,83
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,03	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05
K	1,92	1,84	1,90	1,90	1,88	1,76
Suma	1,96	1,91	1,96	1,95	1,94	1,82
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suma	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al/Al+Si	0,40	0,40	0,39	0,39	0,40	0,40
Fe/Fe+Mg	0,59	0,58	0,59	0,58	0,58	0,58

Microsonda en biotitas correspondientes al granito EES - 90

Muestras Analizadas	10795-47	10795-48	10795-49	10795-50	10795-51	10795-53
SiO ₂	37,6	37,06	36,31	36,48	37,1	37,1
TiO ₂	1,1	1,07	1,06	0,99	1,09	1,11
Al ₂ O ₃	15,31	15,44	16,14	15,6	15,18	15,25
Cr ₂ O ₃	0,02	0,06	0	0	0,04	0,04
ZnO	0,18	0,13	0,36	0,23	0,02	0,25
FeO	16,26	16,41	17,32	17,73	16,53	16,65
MnO	0,94	1,08	1,07	0,93	1,03	1,04
MgO	13,18	13,49	13,68	13,5	13,49	13,61
CaO	0,01	0	0,03	0,05	0	0
BaO	0,1	0,15	0,21	0,18	0	0,19
Na ₂ O	0,12	0,1	0,09	0,03	0,07	0,07
K ₂ O	9,61	9,76	8,78	8,82	9,68	9,63
F	0,95	0,85	0,85	0,89	0,94	0,95
H ₂ O	3,49	3,53	3,54	3,49	3,47	3,48
Suma	98,87	99,13	99,44	98,92	98,64	99,37
Si	5,7283	5,6509	5,5249	5,586	5,6788	5,6227
Al [4]	2,27	2,3491	2,4751	2,414	2,3212	2,3773
Suma	8	8	8	8	8	8
Al [6]	0,4778	0,426	0,4191	0,4007	0,417	0,3597
Cr	0,0026	0,0069	0	0	0,0042	0
Ti	0,1265	0,1222	0,1216	0,1135	0,1254	0,1291
Zn	0,0197	0,0146	0,0407	0,0256	0,0025	0,0201
Fe	2,0721	2,0925	2,2045	2,2711	3,1155	2,164
Mn	0,1218	0,1394	0,1376	0,1202	0,1331	0,1373
Mg	2,993	3,0655	3,1037	3,0814	3,0763	3,1183
Suma	5,8135	5,8671	6,0272	6,0125	6,874	5,9285
Ca	0,0009	0,0005	0,0055	0,0078	0	0
Ba	0,0062	0,0092	0,0125	0,0106	0	0,0025
Na	0,0358	0,0283	0,027	0,0088	0,0204	0,0231
K	1,8678	1,8985	1,7039	1,7237	1,889	1,8827
Suma	1,9107	1,9365	1,7489	1,7509	1,9094	1,9083
F	0,4558	0,4113	0,4066	0,4315	0,4554	0,442
OH	3,5442	3,5887	3,5934	3,5685	3,5446	3,558
Suma	4	4	4	4	4	4
Fe/Fe+Mg	0,41	0,41	0,42	0,42	0,50	0,41
Al/Si+Al	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33	0,33

Tabla de análisis de microsonda en biotitas
correspondientes al granito ETH - muestra 160-

Muestras Analizadas	10795-54	10795-55	10795-56	10795-57	10795-58	10795-60
SiO ₂	37,29	36,35	36,65	36,67	36,45	36,61
TiO ₂	1,22	1,12	1,32	1,08	1,23	1,21
Al ₂ O ₃	15,18	15,32	15,45	15,47	15,49	15,58
Cr ₂ O ₃	0,09	0	0	0	0	0
ZnO	0,22	0,12	0,15	0,01	0	0,02
FeO	16,79	17,22	16,91	17,91	17,68	17,68
MnO	1,01	1,09	1,05	1,06	0,97	0,99
MgO	13,59	13,56	13,48	13,57	13,54	13,32
CaO	0,03	0	0	0	0,04	0
BaO	0,17	0,25	0,4	0,34	0,27	0,29
Na ₂ O	0,04	0,02	0,05	0,07	0,1	0,04
K ₂ O	9,63	9,76	9,31	8,95	8,78	9,26
F	0,94	0,89	0,83	0,9	0,78	0,83
H ₂ O	3,5	3,48	3,53	3,51	3,55	3,54
Suma	99,7	99,18	99,13	99,54	98,88	99,37
Si	5,6612	5,5765	5,6016	5,5901	5,5782	5,5897
Al [4]	2,3388	2,4235	2,3984	2,4099	2,4218	2,4103
Suma	8	8	8	8	8	8
Al [6]	0,3769	0,3469	0,3841	0,369	0,3727	0,3925
Cr	0,0104	0,0004	0,0004	0,0004	0	0
Ti	0,1396	0,1287	0,1514	0,1237	0,1415	0,1394
Zn	0,0243	0,0137	0,0164	0,001	0	0,0021
Fe	2,1312	2,2091	2,1619	2,284	2,2625	2,2568
Mn	0,1305	0,1423	0,1354	0,1374	0,1262	0,1274
Mg	3,0751	3,0997	3,07	3,0844	3,0897	3,0306
Suma	5,888	5,9408	5,9196	5,9999	5,9926	5,9488
Ca	0,0043	0	0	0	0,0071	0
Ba	0,0103	0,0148	0,0241	0,0203	0,0165	0,0176
Na	0,0103	0,0064	0,016	0,0207	0,0284	0,0112
K	1,8653	1,9094	1,816	1,7405	1,7139	1,8034
Suma	1,8902	1,9306	1,8561	1,7815	1,7659	1,8322
F	0,4509	0,4337	0,4017	0,4315	0,3775	0,3983
OH	3,5491	3,5663	3,5983	3,5685	3,6225	3,6017
Suma	4	4	4	4	4	4
Fe/Fe+Mg	0,41	0,42	0,41	0,43	0,42	0,43
Al/Si+Al	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

Tabla de análisis de microsonda en biotitas
correspondientes al granito ETH - muestra 160-

Muestras Analizadas	10793/21	10793/25	10793/32	10793/35	10793/36	10793/37
SiO₂	53,44	53,95	47,55	45,35	48,440	46,980
TiO₂	0,12	0,04	0,22	0,23	0,130	0,170
Al₂O₃	1,96	1,75	7,08	7,93	6,100	7,750
FeO	11,54	10,37	14,35	15,70	13,560	14,630
MgO	15,98	16,69	13,24	12,40	13,990	12,800
MnO	0,72	0,63	0,44	0,53	0,540	0,570
CaO	12,90	12,84	11,94	12,02	12,160	12,140
Na₂O	0,41	0,37	1,43	1,39	1,160	1,410
K₂O	0,09	0,10	0,65	0,83	0,530	0,710
Suma	97,16	96,74	96,90	96,38	96,610	97,160
H₂O	2,074	2,079	2,034	2,005	2,039	2,031
Fe₂O₃	0,561	0,373	3,570	5,105	3,620	3,250
FeO	11,035	10,034	11,138	11,106	10,302	11,705
Suma	99,290	98,856	99,291	98,896	99,011	99,516
Si	7,726	7,782	7,011	6,782	7,125	6,937
Al (IV)	0,274	0,218	0,989	1,218	0,875	1,063
T-Suma	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Al (VI)	0,060	0,079	0,241	0,179	0,183	0,286
Ti	0,013	0,004	0,024	0,026	0,014	0,019
Fe³⁺	0,061	0,041	0,396	0,574	0,401	0,361
Fe²⁺	1,334	1,210	1,373	1,389	1,267	1,445
Mg	3,444	3,589	2,910	2,764	3,068	2,818
Mn	0,088	0,077	0,055	0,067	0,067	0,071
C-Suma	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Ca	1,998	1,984	1,886	1,926	1,916	1,920
Na	0,002	0,016	0,114	0,074	0,084	0,080
B-Suma	2	2	2	2	2	2
Na-A	0,113	0,088	0,295	0,329	0,247	0,324
K	0,017	0,018	0,122	0,158	0,099	0,134
A-Suma	0,129	0,106	0,417	0,487	0,346	0,458

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos- muestra 161-

Muestras Analizadas	10793/21	10793/25	10793/32	10793/35	10793/36	10793/37
SiO2	53,44	53,95	47,55	45,35	48,44	46,98
TiO2	0,12	0,04	0,22	0,23	0,13	0,17
Al2O3	1,96	1,75	7,08	7,93	6,10	7,75
FeO	11,54	10,37	14,35	15,70	13,56	14,63
MgO	15,98	16,69	13,24	12,40	13,99	12,80
MnO	0,72	0,63	0,44	0,53	0,54	0,57
CaO	12,90	12,84	11,94	12,02	12,16	12,14
Na2O	0,41	0,37	1,43	1,39	1,16	1,41
K2O	0,09	0,10	0,65	0,83	0,53	0,71
Suma	97,16	96,74	96,90	96,38	96,61	97,16
H2O	2,07	2,08	2,03	2,01	2,04	2,03
Fe2O3	0,56	0,37	3,57	5,11	3,62	3,25
FeO	11,03	10,03	11,14	11,11	10,30	11,71
Suma	99,29	98,86	99,29	98,90	99,01	99,52
Si	7,73	7,78	7,01	6,78	7,13	6,94
Al (IV)	0,27	0,22	0,99	1,22	0,87	1,06
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,06	0,08	0,24	0,18	0,18	0,29
Ti	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02
Fe3+	0,06	0,04	0,40	0,57	0,40	0,36
Fe2+	1,33	1,21	1,37	1,39	1,27	1,45
Mg	3,44	3,59	2,91	2,76	3,07	2,82
Mn	0,09	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	2,00	1,98	1,89	1,93	1,92	1,92
Na	0,00	0,02	0,11	0,07	0,08	0,08
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,11	0,09	0,29	0,33	0,25	0,32
K	0,02	0,02	0,12	0,16	0,10	0,13
A-Suma	0,13	0,11	0,42	0,49	0,35	0,46

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de
Esquistos anfibólicos- muestra 161-

Muestras Analizadas	10793/38	10793/ 39	10793/40	10793/41	10793/ 44	10793/45
SiO2	42,32	42,11	42,09	52,470	48,480	45,300
TiO2	0,22	0,24	0,32	0,030	0,120	0,200
Al2O3	10,26	10,48	10,74	2,860	5,580	7,900
FeO	17,30	17,94	17,21	12,130	14,810	16,350
MgO	11,05	10,78	10,51	15,970	13,840	12,240
MnO	0,57	0,47	0,44	0,620	0,650	0,550
CaO	12,02	11,89	11,67	12,690	12,220	12,070
Na2O	1,68	1,73	1,85	0,490	0,980	1,280
K2O	1,27	1,32	1,29	0,200	0,480	0,800
Suma	96,69	96,96	96,12	97,460	97,160	96,690
H2O	1,98	1,99	1,97	2,084	2,046	2,010
Fe2O3	6,13	6,69	5,13	2,967	5,410	5,974
FeO	11,78	11,92	12,59	9,460	9,942	10,974
Suma	99,29	99,62	98,60	99,841	99,748	99,298
Si	6,40	6,36	6,41	7,551	7,104	6,758
Al (IV)	1,60	1,64	1,59	0,449	0,896	1,242
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,000	8,000	8,000
Al (VI)	0,23	0,22	0,33	0,036	0,068	0,146
Ti	0,03	0,03	0,04	0,003	0,013	0,022
Fe3+	0,70	0,76	0,59	0,321	0,596	0,671
Fe2+	1,49	1,50	1,60	1,138	1,218	1,369
Mg	2,49	2,43	2,38	3,426	3,024	2,722
Mn	0,07	0,06	0,06	0,076	0,081	0,069
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,000	5,000	5,000
Ca	1,95	1,92	1,90	1,956	1,918	1,929
Na	0,05	0,08	0,10	0,044	0,082	0,071
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,000	2,000	2,000
Na-A	0,44	0,43	0,45	0,09	0,20	0,30
K	0,24	0,25	0,25	0,04	0,09	0,15
A-Suma	0,68	0,68	0,70	0,13	0,29	0,45

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de
Esquistos anfibólicos- muestra 161-

Probe Analyse	10793/46	10793/47	10794-1	10794-2	10794-4	10794-5
SiO2	44,70	48,50	53,01	52,73	54,78	53,73
TiO2	0,21	0,18	0,03	0,07	0,04	0,05
Al2O3	7,95	5,94	2,48	2,51	3,77	2,23
FeO	16,52	14,27	10,19	10,94	9,90	10,28
MgO	11,99	13,88	17,16	16,28	15,12	16,79
MnO	0,50	0,60	0,63	0,79	0,62	0,67
CaO	12,16	12,34	12,83	12,72	11,44	12,65
Na2O	1,36	1,05	0,47	0,47	1,31	0,43
K2O	0,85	0,48	0,14	0,19	0,14	0,20
Suma	96,24	97,24	96,94	96,70	97,12	97,03
H2O	1,99	2,05	2,09	2,07	2,09	2,09
Fe2O3	5,27	4,26	2,40	1,68	0,00	1,35
FeO	11,77	10,43	8,03	9,43	9,90	9,07
Suma	98,76	99,71	99,27	98,94	99,21	99,25
Si	6,73	7,10	7,61	7,63	7,86	7,71
Al (IV)	1,27	0,90	0,39	0,37	0,14	0,29
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,14	0,13	0,03	0,06	0,50	0,09
Ti	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01
Fe3+	0,60	0,47	0,26	0,18	0,00	0,15
Fe2+	1,48	1,28	0,96	1,14	1,19	1,09
Mg	2,69	3,03	3,67	3,51	3,23	3,59
Mn	0,06	0,07	0,08	0,10	0,08	0,08
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,96	1,94	1,97	1,97	1,76	1,94
Na	0,04	0,06	0,03	0,03	0,24	0,06
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,36	0,23	0,10	0,10	0,12	0,06
K	0,16	0,09	0,03	0,04	0,03	0,04
A-Suma	0,52	0,32	0,13	0,14	0,15	0,10

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos- muestra 161-

Muestra Analizada	10794-6
SiO ₂	54,19
TiO ₂	0,03
Al ₂ O ₃	3,89
FeO	10,12
MgO	14,74
MnO	0,58
CaO	11,51
Na ₂ O	1,39
K ₂ O	0,14
Suma	96,59
H ₂ O	2,07
Fe ₂ O ₃	0,00
FeO	10,12
Suma	98,66
Si	7,85
Al (IV)	0,15
T-Suma	8,00
Al (VI)	0,52
Ti	0,00
Fe ³⁺	0,00
Fe ²⁺	1,23
Mg	3,18
Mn	0,07
C-Suma	5,00
Ca	1,79
Na	0,21
B-Suma	2,00
Na-A	0,18
K	0,03
A-Suma	0,20

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos- muestra 161-

Muestra Analizada	10795/11	10795/12	10795/14	10795/15	10795/16	10795/17
SiO ₂	50,25	50,63	46,94	47,31	48,44	48,48
TiO ₂	0,17	0,13	0,41	0,32	0,24	0,23
Al ₂ O ₃	4,24	3,87	6,37	5,66	5,25	5,35
FeO	13,69	13,16	15,73	15,47	14,84	15,12
MgO	14,72	14,73	12,66	13,44	13,8	13,62
MnO	0,81	0,85	1,02	0,85	0,94	0,88
CaO	12,3	12,31	12,09	11,52	11,74	12,17
Na ₂ O	0,8	0,72	1,13	0,99	0,94	0,94
K ₂ O	0,3	0,32	0,7	0,56	0,49	0,52
Summe	97,28	96,72	97,05	96,12	96,68	97,31
H ₂ O	2,06	2,05	2,02	2,03	2,04	2,04
Fe ₂ O ₃	4,76	3,57	5,11	8,19	6,99	5,60
FeO	9,41	9,95	11,13	8,10	8,55	10,08
Suma	99,82	99,13	99,58	98,97	99,42	99,92
Si	7,30	7,40	6,96	7,00	7,11	7,11
Al (IV)	0,70	0,60	1,04	1,00	0,89	0,89
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,03	0,06	0,08	0,03	0,02	0,03
Ti	0,02	0,01	0,05	0,04	0,03	0,03
Fe ³⁺	0,52	0,39	0,57	0,91	0,77	0,62
Fe ²⁺	1,14	1,22	1,38	1,00	1,05	1,24
Mg	3,19	3,21	2,80	2,96	3,02	2,98
Mn	0,10	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,05	5,00	5,00
Ca	1,92	1,93	1,92	1,83	1,85	1,91
Na	0,08	0,07	0,08	0,16	0,15	0,09
B-Suma	2,00	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00
Na-A	0,14	0,13	0,25	0,13	0,11	0,18
K	0,06	0,06	0,13	0,11	0,09	0,10
A-Suma	0,20	0,19	0,38	0,23	0,20	0,28

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes Granito foliado- muestra 160-
Granito foliado- muestra 160-

Muestra Analizada	10795/18	10795/19	10795/20	10795/21	10795/22	10795/23
SiO ₂	49,59	49,34	50,44	49,45	49,25	48,71
TiO ₂	0,19	0,25	0,21	0,21	0,16	0,71
Al ₂ O ₃	4,43	4,56	3,75	4,79	4,68	4,94
FeO	14,00	14,13	13,63	13,92	14,78	14,78
MgO	14,46	14,21	14,86	14,23	14,05	13,76
MnO	0,89	0,92	0,73	0,83	0,80	0,81
CaO	12,28	12,10	12,11	12,18	11,99	12,12
Na ₂ O	0,80	0,90	0,70	0,74	0,91	0,97
K ₂ O	0,44	0,54	0,39	0,41	0,41	0,45
Suma	97,08	96,95	96,82	96,76	97,03	97,25
H ₂ O	2,05	2,05	2,06	2,05	2,05	2,04
Fe ₂ O ₃	5,01	4,84	5,04	4,94	5,96	4,80
FeO	9,49	9,77	9,09	9,48	9,41	10,46
Suma	99,63	99,48	99,38	99,30	99,68	99,77
Si	7,25	7,23	7,35	7,24	7,20	7,15
Al (IV)	0,75	0,77	0,65	0,76	0,80	0,85
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,01	0,02	0,00	0,06	0,01	0,00
Ti	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08
Fe ³⁺	0,55	0,53	0,55	0,54	0,66	0,53
Fe ²⁺	1,16	1,20	1,11	1,16	1,15	1,28
Mg	3,15	3,11	3,23	3,11	3,06	3,01
Mn	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,10
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,92	1,90	1,89	1,91	1,88	1,90
Na	0,08	0,10	0,11	0,09	0,12	0,09
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,15	0,16	0,09	0,12	0,14	0,18
K	0,08	0,10	0,07	0,08	0,08	0,08
A-Suma	0,23	0,26	0,16	0,20	0,21	0,27

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Granito foliado- muestra 160-

Muestra Analizada	10795/24	10795/25	10795/26	10795/27	10795/31	10795/33
SiO ₂	48,10	49,09	48,88	48,35	46,57	50,16
TiO ₂	0,26	0,24	0,21	0,23	0,18	0,16
Al ₂ O ₃	5,37	4,82	4,80	5,39	7,27	4,83
FeO	15,33	14,51	14,53	14,82	15,90	14,39
MgO	13,58	13,90	13,72	13,51	11,93	13,88
MnO	0,78	0,91	0,89	0,87	1,26	1,17
CaO	11,84	12,21	12,15	11,88	12,00	12,33
Na ₂ O	1,08	0,85	0,97	1,05	1,06	0,80
K ₂ O	0,52	0,52	0,42	0,50	0,60	0,31
Suma	96,86	97,05	96,57	96,60	96,77	98,03
H ₂ O	2,04	2,04	2,03	2,03	2,02	2,07
Fe ₂ O ₃	6,48	4,76	4,36	5,42	5,29	4,47
FeO	9,50	10,23	10,60	9,94	11,14	10,37
Suma	99,55	99,57	99,04	99,18	99,32	100,55
Si	7,08	7,20	7,22	7,13	6,93	7,27
Al (IV)	0,92	0,80	0,78	0,87	1,07	0,73
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,01	0,04	0,05	0,07	0,20	0,10
Ti	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
Fe ³⁺	0,72	0,53	0,48	0,60	0,59	0,49
Fe ²⁺	1,17	1,26	1,31	1,23	1,38	1,26
Mg	2,98	3,04	3,02	2,97	2,64	3,00
Mn	0,10	0,11	0,11	0,11	0,16	0,14
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,87	1,92	1,92	1,88	1,91	1,91
Na	0,13	0,08	0,08	0,12	0,09	0,09
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,17	0,16	0,20	0,18	0,22	0,14
K	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11	0,06
A-Suma	0,27	0,26	0,28	0,27	0,33	0,20

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Granito foliado- muestra 160-

Muestra Analizada	10795/34	10795/35	10795/36	10795/37	10795/38	10795/39
SiO ₂	53,04	51,38	50,43	46,20	47,98	48,79
TiO ₂	0,16	0,24	0,26	0,15	0,11	0,15
Al ₂ O ₃	5,04	5,82	5,72	6,34	6,03	4,97
FeO	12,89	14,46	13,66	16,10	15,62	14,80
MgO	13,18	12,68	13,14	12,31	12,58	13,23
MnO	1,00	1,13	1,12	1,43	1,35	1,25
CaO	10,36	11,35	11,70	12,18	12,37	12,19
Na ₂ O	1,07	0,83	1,20	1,01	0,95	0,86
K ₂ O	0,23	0,36	0,30	0,56	0,52	0,40
Suma	96,97	98,25	97,53	96,28	97,51	96,64
H ₂ O	2,08	2,08	2,06	2,00	2,03	2,03
Fe ₂ O ₃	2,94	3,54	2,20	6,23	4,44	4,38
FeO	10,25	11,27	11,68	10,49	11,63	10,85
Suma	99,35	100,69	99,81	98,91	99,99	99,11
Si	7,63	7,39	7,34	6,92	7,08	7,21
Al (IV)	0,37	0,61	0,66	1,08	0,92	0,79
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,48	0,38	0,32	0,04	0,13	0,08
Ti	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02
Fe ³⁺	0,32	0,38	0,24	0,70	0,49	0,49
Fe ²⁺	1,23	1,36	1,42	1,31	1,43	1,34
Mg	2,83	2,72	2,85	2,75	2,77	2,92
Mn	0,12	0,14	0,14	0,18	0,17	0,16
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,60	1,75	1,82	1,95	1,95	1,93
Na	0,30	0,23	0,18	0,05	0,05	0,07
B-Suma	1,89	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,00	0,00	0,16	0,25	0,23	0,18
K	0,04	0,07	0,06	0,11	0,10	0,08
A-Suma	0,04	0,07	0,22	0,35	0,32	0,25

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Granito foliado- muestra 160-

Muestra Analizada	10795/40	10795/41
SiO₂	47,18	51,95
TiO₂	0,14	0,10
Al₂O₃	5,83	3,24
FeO	14,83	13,04
MgO	12,64	14,78
MnO	1,32	1,28
CaO	11,67	12,32
Na₂O	1,09	0,62
K₂O	0,41	0,30
Suma	95,11	97,63
H₂O	2,00	2,07
Fe₂O₃	5,35	3,20
FeO	10,02	10,16
Suma	97,64	100,02
Si	7,09	7,52
Al (IV)	0,91	0,48
T-Suma	8,00	8,00
Al (VI)	0,12	0,07
Ti	0,02	0,01
Fe³⁺	0,60	0,35
Fe²⁺	1,26	1,23
Mg	2,83	3,19
Mn	0,17	0,16
C-Suma	5,00	5,00
Ca	1,88	1,91
Na	0,12	0,09
B-Suma	2,00	2,00
Na-A	0,20	0,08
K	0,08	0,06
A-Suma	0,27	0,14

Muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Granito foliado- muestra 160-

Muestras Analizadas	10770-2	10770-3	10770-7	10770-8	10770-9	10770-10
SiO₂	46,95	46,46	46,88	46,79	46,69	47,29
TiO₂	0,37	0,66	0,38	0,43	0,51	0,48
Al₂O₃	9,55	8,55	9,43	9,80	9,19	9,00
FeO	14,53	14,85	14,01	14,20	14,74	14,19
MgO	12,17	12,52	12,32	12,03	12,26	12,46
MnO	0,22	0,36	0,25	0,32	0,22	0,28
CaO	12,51	12,10	12,42	12,20	12,45	12,46
Na₂O	0,76	0,82	0,78	0,76	0,75	0,74
K₂O	0,34	0,45	0,33	0,41	0,40	0,41
Suma	97,40	96,77	96,80	96,94	97,21	97,31
H₂O	2,05	2,04	2,04	2,05	2,05	2,05
Fe₂O₃	3,25	5,25	3,02	3,47	3,77	3,00
FeO	11,61	10,12	11,29	11,07	11,35	11,49
Suma	99,78	99,34	99,15	99,33	99,63	99,66
Si	6,86	6,83	6,88	6,85	6,84	6,91
Al (IV)	1,14	1,17	1,12	1,15	1,16	1,09
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,51	0,31	0,51	0,55	0,43	0,46
Ti	0,04	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05
Fe³⁺	0,36	0,58	0,33	0,38	0,42	0,33
Fe²⁺	1,42	1,24	1,39	1,36	1,39	1,40
Mg	2,65	2,74	2,70	2,63	2,68	2,72
Mn	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,96	1,91	1,95	1,91	1,95	1,95
Na	0,04	0,09	0,05	0,09	0,05	0,05
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,06	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08
K	0,17	0,14	0,17	0,13	0,17	0,16
A-Suma	0,24	0,22	0,24	0,21	0,24	0,24

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Anfíbolita EDH - muestra 324-

Muestras Analizadas	10770-11	10770-12	10770-13	10770-14	10770-17	10770-18
SiO ₂	47,36	47,66	46,96	46,33	46,44	46,52
TiO ₂	0,44	0,43	0,59	0,59	0,41	0,54
Al ₂ O ₃	8,48	8,89	9,09	8,89	9,02	8,61
FeO	14,13	13,98	14,36	14,53	14,71	14,60
MgO	12,79	12,57	12,48	12,29	12,32	12,41
MnO	0,25	0,28	0,27	0,30	0,28	0,29
CaO	12,32	12,34	12,33	12,39	12,36	12,31
Na ₂ O	0,68	0,75	0,73	0,78	0,79	0,89
K ₂ O	0,34	0,34	0,44	0,45	0,36	0,44
Suma	96,79	97,24	97,25	96,55	96,69	96,61
H ₂ O	2,05	2,06	2,05	2,03	2,04	2,03
Fe ₂ O ₃	4,06	3,12	3,91	3,58	4,28	3,68
FeO	10,47	11,17	10,84	11,31	10,86	11,29
Suma	99,24	99,61	99,69	98,94	99,15	99,01
Si	6,93	6,95	6,86	6,85	6,84	6,87
Al (IV)	1,07	1,05	1,14	1,15	1,16	1,13
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,40	0,48	0,43	0,39	0,40	0,37
Ti	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06
Fe ³⁺	0,45	0,34	0,43	0,40	0,47	0,41
Fe ²⁺	1,28	1,36	1,32	1,40	1,34	1,39
Mg	2,79	2,73	2,72	2,71	2,70	2,73
Mn	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,93	1,93	1,93	1,96	1,95	1,95
Na	0,07	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07	0,08
K	0,12	0,14	0,14	0,19	0,18	0,20
A-Suma	0,19	0,20	0,22	0,27	0,24	0,29

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Anfíbolita EDH - muestra 324-

Muestras Analizadas	10770-20	10770-24	10770-26	10770-28	10770-29	10770-30
SiO ₂	46,62	46,91	46,75	47,21	46,61	46,93
TiO ₂	0,56	0,52	0,61	0,67	0,40	0,59
Al ₂ O ₃	8,76	8,87	8,82	8,48	9,07	8,50
FeO	14,93	14,18	14,47	14,27	14,75	14,43
MgO	12,51	12,47	12,43	12,53	12,38	12,52
MnO	0,21	0,28	0,30	0,32	0,24	0,22
CaO	12,00	12,40	12,40	12,18	12,25	12,28
Na ₂ O	0,85	0,79	0,74	0,83	0,83	0,84
K ₂ O	0,45	0,39	0,45	0,43	0,39	0,43
Suma	96,89	96,81	96,97	96,92	96,92	96,74
H ₂ O	2,05	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Fe ₂ O ₃	5,43	3,20	3,65	3,48	4,56	3,46
FeO	10,04	11,30	11,19	11,14	10,65	11,31
Suma	99,48	99,17	99,38	99,31	99,42	99,12
Si	6,83	6,90	6,87	6,93	6,84	6,91
Al (IV)	1,17	1,10	1,13	1,07	1,16	1,09
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,35	0,43	0,40	0,39	0,41	0,38
Ti	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,07
Fe ³⁺	0,60	0,35	0,40	0,38	0,50	0,38
Fe ²⁺	1,23	1,39	1,37	1,37	1,31	1,39
Mg	2,73	2,73	2,72	2,74	2,71	2,75
Mn	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,88	1,95	1,95	1,91	1,93	1,94
Na	0,12	0,05	0,05	0,09	0,07	0,06
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08
K	0,13	0,18	0,16	0,15	0,16	0,18
A-Suma	0,21	0,25	0,25	0,23	0,24	0,26

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Anfíbolita EDH - muestra 324-

Muestras Analizadas	10770-31	10770-33	10770-35	10770-36	10770-37	10770-38
SiO ₂	47,58	46,92	47,25	47,06	47,32	47,30
TiO ₂	0,61	0,54	0,55	0,53	0,56	0,61
Al ₂ O ₃	8,11	8,48	8,46	8,59	8,38	8,38
FeO	14,23	14,69	14,25	14,26	14,37	14,60
MgO	13,09	12,83	12,86	12,49	12,79	12,76
MnO	0,20	0,27	0,28	0,30	0,27	0,31
CaO	12,26	12,16	12,48	12,26	12,05	12,40
Na ₂ O	0,79	0,89	0,79	0,73	0,82	0,82
K ₂ O	0,39	0,41	0,37	0,44	0,39	0,44
Suma	97,26	97,19	97,29	96,66	96,95	97,62
H ₂ O	2,06	2,05	2,05	2,04	2,05	2,06
Fe ₂ O ₃	4,34	5,20	3,74	3,57	4,72	4,00
FeO	10,32	10,01	10,88	11,05	10,12	11,00
Suma	99,75	99,76	99,72	99,06	99,47	100,08
Si	6,94	6,86	6,90	6,92	6,92	6,90
Al (IV)	1,06	1,14	1,10	1,08	1,08	1,10
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,33	0,32	0,36	0,41	0,36	0,34
Ti	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Fe ³⁺	0,48	0,57	0,41	0,39	0,52	0,44
Fe ²⁺	1,26	1,22	1,33	1,36	1,24	1,34
Mg	2,84	2,80	2,80	2,74	2,79	2,77
Mn	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,91	1,90	1,95	1,93	1,89	1,94
Na	0,09	0,10	0,05	0,07	0,11	0,06
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
K	0,14	0,14	0,18	0,14	0,12	0,17
A-Suma	0,21	0,22	0,25	0,22	0,19	0,25

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Anfibolita EDH - muestra 324-

Muestras Analizadas	10770-39	10770-40
SiO₂	46,79	46,74
TiO₂	0,62	0,57
Al₂O₃	8,68	7,89
FeO	14,34	14,00
MgO	12,44	13,24
MnO	0,30	0,27
CaO	12,29	12,56
Na₂O	0,81	0,93
K₂O	0,46	0,67
Suma	96,73	96,87
H₂O	2,04	2,03
Fe₂O₃	3,43	3,18
FeO	11,26	11,13
Suma	99,11	99,22
Si	6,89	6,89
Al (IV)	1,11	1,11
T-Suma	8,00	8,00
Al (VI)	0,40	0,27
Ti	0,07	0,06
Fe³⁺	0,38	0,35
Fe²⁺	1,39	1,37
Mg	2,73	2,91
Mn	0,04	0,03
C-Suma	5,00	5,00
Ca	1,94	1,98
Na	0,06	0,02
B-Suma	2,00	2,00
Na-A	0,09	0,13
K	0,17	0,25
A-Suma	0,26	0,38

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de
Anfibolita EDH - muestra 324-

Muestras Analizadas	10770-41	10770-42	10770-43	10770-44	10770-45	10770-46
SiO ₂	47,22	47,24	47,69	44,34	45,99	46,27
TiO ₂	0,60	0,60	0,63	0,35	0,55	0,71
Al ₂ O ₃	8,09	7,63	7,41	10,32	8,29	8,38
FeO	14,08	14,41	13,90	15,91	14,79	14,63
MgO	13,13	13,43	13,45	11,45	12,64	12,68
MnO	0,31	0,38	0,32	0,31	0,23	0,30
CaO	12,45	12,54	12,54	12,45	12,55	12,34
Na ₂ O	0,90	0,96	0,87	1,18	0,95	1,02
K ₂ O	0,68	0,72	0,73	0,97	0,79	0,80
Suma	97,46	97,91	97,54	97,28	96,78	97,13
H ₂ O	2,05	2,05	2,05	2,02	2,02	2,03
Fe ₂ O ₃	3,29	4,01	2,83	3,85	3,22	3,42
FeO	11,12	10,80	11,35	12,45	11,90	11,55
Suma	99,84	100,37	99,87	99,68	99,12	99,50
Si	6,91	6,89	6,98	6,60	6,83	6,83
Al (IV)	1,09	1,11	1,02	1,40	1,17	1,17
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,31	0,21	0,26	0,40	0,28	0,29
Ti	0,07	0,07	0,07	0,04	0,06	0,08
Fe ³⁺	0,36	0,44	0,31	0,43	0,36	0,38
Fe ²⁺	1,36	1,32	1,39	1,55	1,48	1,43
Mg	2,87	2,92	2,93	2,54	2,80	2,79
Mn	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,95	1,96	1,97	1,98	2,00	1,95
Na	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	0,05
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,13	0,13	0,14	0,18	0,15	0,15
K	0,21	0,23	0,21	0,32	0,27	0,24
A-Suma	0,33	0,37	0,35	0,51	0,42	0,40

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 157-

Muestras Analizadas	10770-47	10770-48	10770-49	10770-50	10770-51	10770-52
SiO ₂	46,21	46,80	46,99	46,11	45,71	47,08
TiO ₂	0,53	0,33	0,39	0,78	0,86	0,69
Al ₂ O ₃	8,39	8,29	8,05	8,56	8,93	7,60
FeO	15,05	15,27	14,15	14,64	14,75	14,05
MgO	12,77	13,16	13,06	12,50	12,31	13,16
MnO	0,30	0,32	0,28	0,35	0,32	0,25
CaO	12,40	12,52	12,44	12,36	12,18	12,57
Na ₂ O	1,00	0,97	0,94	1,01	1,03	0,86
K ₂ O	0,77	0,65	0,65	0,82	0,87	0,67
Suma	97,42	98,31	96,95	97,13	96,96	96,93
H ₂ O	2,04	2,06	2,04	2,03	2,03	2,03
Fe ₂ O ₃	4,47	5,65	3,32	3,13	3,58	2,63
FeO	11,03	10,18	11,16	11,83	11,53	11,68
Suma	99,91	100,94	99,32	99,47	99,34	99,23
Si	6,80	6,80	6,92	6,81	6,77	6,94
Al (IV)	1,20	1,20	1,08	1,19	1,23	1,06
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,25	0,22	0,31	0,31	0,32	0,27
Ti	0,06	0,04	0,04	0,09	0,10	0,08
Fe ³⁺	0,49	0,62	0,37	0,35	0,40	0,29
Fe ²⁺	1,36	1,24	1,37	1,46	1,43	1,44
Mg	2,80	2,85	2,87	2,75	2,72	2,89
Mn	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,95	1,95	1,96	1,96	1,93	1,99
Na	0,05	0,05	0,04	0,04	0,07	0,01
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,14	0,12	0,12	0,15	0,16	0,13
K	0,24	0,22	0,23	0,25	0,23	0,23
A-Suma	0,38	0,34	0,35	0,40	0,39	0,36

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 157-

Muestras Analizadas	10770-53	10770-54	10770-55	10770-56	10770-57	10770-58
SiO₂	46,88	45,65	45,98	45,86	45,89	46,73
TiO₂	0,58	0,31	0,64	0,80	0,39	0,62
Al₂O₃	7,83	8,80	8,47	8,31	9,12	8,11
FeO	14,12	14,48	14,69	14,97	15,39	14,51
MgO	13,12	12,54	12,72	12,81	12,46	12,99
MnO	0,34	0,28	0,33	0,29	0,30	0,24
CaO	12,51	12,40	12,40	12,37	12,54	12,51
Na₂O	0,90	0,93	0,94	0,98	1,11	0,93
K₂O	0,74	0,70	0,80	0,73	0,78	0,77
Suma	97,02	96,09	96,97	97,12	97,98	97,41
H₂O	2,03	2,01	2,03	2,03	2,04	2,04
Fe₂O₃	3,10	3,85	4,02	4,67	4,28	3,38
FeO	11,33	11,02	11,08	10,77	11,54	11,47
Suma	99,37	98,49	99,40	99,62	100,45	99,79
Si	6,91	6,80	6,79	6,77	6,73	6,87
Al (IV)	1,09	1,20	1,21	1,23	1,27	1,13
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,27	0,34	0,27	0,21	0,31	0,27
Ti	0,06	0,03	0,07	0,09	0,04	0,07
Fe³⁺	0,34	0,43	0,45	0,52	0,47	0,37
Fe²⁺	1,40	1,37	1,37	1,33	1,41	1,41
Mg	2,88	2,78	2,80	2,82	2,72	2,85
Mn	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,98	1,98	1,96	1,96	1,97	1,97
Na	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03
B-Suma	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Na-A	0,14	0,13	0,15	0,14	0,15	0,14
K	0,23	0,25	0,23	0,24	0,29	0,24
A-Suma	0,37	0,38	0,38	0,37	0,43	0,38

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 157-

Muestras Analizadas	10770-59	10770-60
SiO ₂	46,45	47,04
TiO ₂	0,75	0,61
Al ₂ O ₃	7,98	7,77
FeO	14,31	14,26
MgO	12,77	13,15
MnO	0,33	0,25
CaO	12,40	12,47
Na ₂ O	0,93	0,90
K ₂ O	0,73	0,72
Suma	96,65	97,17
H ₂ O	2,02	2,04
Fe ₂ O ₃	2,91	3,27
FeO	11,69	11,32
Suma	98,96	99,54
Si	6,89	6,92
Al (IV)	1,11	1,08
T-Suma	8,00	8,00
Al (VI)	0,28	0,26
Ti	0,08	0,07
Fe ³⁺	0,32	0,36
Fe ²⁺	1,45	1,39
Mg	2,82	2,88
Mn	0,04	0,03
C-Suma	5,00	5,00
Ca	1,97	1,96
Na	0,03	0,04
B-Suma	2,00	2,00
Na-A	0,14	0,14
K	0,24	0,22
A-Suma	0,37	0,36

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Anfíboles de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 157-

	11517/263	11517/264	11517/265	11517/266	11517/267	11517/268
SiO2	46,67	46,01	47,01	46,71	31,37	49,11
TiO2	0,51	0,49	0,51	0,57	0,84	0,57
Al2O3	11,33	11,51	10,46	11,75	17,22	7,09
FeO	9,95	10,43	10,25	11,38	16,58	12,57
MgO	14,50	14,16	14,33	14,00	18,64	15,96
MnO	0,07	0,13	0,21	0,19	0,10	0,34
CaO	11,94	11,53	10,81	11,26	1,45	9,81
Na2O	1,04	1,10	0,92	0,93	0,06	0,47
K2O	0,14	0,13	0,11	0,14	0,18	0,14
Suma	96,15	95,49	94,61	96,93	86,44	96,06
H2O	2,09	2,07	2,07	2,11	2,17	2,13
Fe2O3	5,11	6,59	7,98	8,76	18,42	13,97
FeO	5,35	4,50	3,07	3,50	0,00	0,00
Suma	98,75	98,22	97,48	99,92	90,45	99,59
	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Si	6,71	6,65	6,80	6,63	4,34	6,90
Al (IV)	1,29	1,35	1,20	1,37	3,66	1,10
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,63	0,62	0,59	0,60	0,00	0,08
Ti	0,06	0,05	0,06	0,06	0,09	0,06
Fe3+	0,55	0,72	0,87	0,94	1,92	1,48
Fe2+	0,64	0,54	0,37	0,42	0,00	0,00
Mg	3,11	3,05	3,09	2,96	3,84	3,34
Mn	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,86	5,00
Ca	1,84	1,79	1,68	1,71	0,21	1,48
Na	0,16	0,21	0,26	0,26	0,02	0,13
B-Suma	2,00	2,00	1,93	1,97	0,23	1,61
Na	0,13	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
A-Suma	0,16	0,12	0,02	0,03	0,03	0,03
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabla de análisis en la microsonda electrónica correspondientes al gabro de EDH

	11517/269	11517/270	11517/271	11517/272	11517/273	11517/274
SiO₂	51,50	50,91	50,85	49,67	49,69	52,05
TiO₂	0,37	0,40	0,39	0,31	0,33	0,31
Al₂O₃	5,54	6,61	6,84	7,32	6,90	4,90
FeO	14,04	9,64	9,39	12,16	12,94	13,77
MgO	16,76	16,55	16,45	15,31	15,66	17,54
MnO	0,44	0,26	0,14	0,34	0,31	0,41
CaO	8,35	11,96	12,11	9,99	9,06	7,63
Na₂O	0,38	0,47	0,49	0,50	0,50	0,41
K₂O	0,03	0,07	0,05	0,05	0,06	0,10
Suma	97,41	96,87	96,71	95,65	95,45	97,12
H₂O	2,20	2,12	2,12	2,12	2,13	2,22
Fe₂O₃	15,60	6,15	5,00	13,51	14,38	15,30
FeO	0,00	4,10	4,89	0,00	0,00	0,00
Suma	101,17	99,61	99,33	99,12	99,02	100,87
	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Si	7,02	7,20	7,21	7,03	6,98	7,04
Al (IV)	0,98	0,80	0,79	0,97	1,02	0,96
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,00	0,30	0,35	0,25	0,13	0,00
Ti	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Fe³⁺	1,60	0,65	0,53	1,44	1,52	1,56
Fe²⁺	0,00	0,48	0,58	0,00	0,00	0,00
Mg	3,40	3,49	3,48	3,23	3,28	3,54
Mn	0,05	0,03	0,02	0,04	0,04	0,05
C-Suma	5,09	5,00	5,00	5,00	5,00	5,18
Ca	1,22	1,81	1,84	1,52	1,36	1,11
Na	0,10	0,13	0,13	0,14	0,14	0,11
B-Suma	1,32	1,94	1,97	1,65	1,50	1,21
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
A-Suma	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabla de análisis en la microsonda electrónica correspondientes al gabro de EDH

	11517/275	11517/276	11517/277	11517/278	11517/279
SiO2	51,48	47,44	50,98	46,57	52,65
TiO2	0,30	0,43	0,30	0,44	0,04
Al2O3	5,78	11,07	7,12	11,61	4,34
FeO	11,41	10,02	9,35	10,30	9,01
MgO	17,41	14,63	16,70	14,43	17,84
MnO	0,23	0,18	0,18	0,04	0,19
CaO	9,71	11,85	11,66	11,74	11,32
Na2O	0,38	1,00	0,57	1,04	0,35
K2O	0,07	0,09	0,08	0,24	0,09
Suma	96,77	96,71	96,94	96,41	95,83
H2O	2,17	2,10	2,13	2,09	2,12
Fe2O3	12,68	5,60	6,99	6,17	8,17
FeO	0,00	4,98	3,06	4,75	1,66
Suma	100,21	99,37	99,77	99,12	98,77
	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Si	7,10	6,77	7,17	6,67	7,43
Al (IV)	0,90	1,23	0,83	1,33	0,57
T-Suma	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al (VI)	0,04	0,63	0,35	0,63	0,15
Ti	0,03	0,05	0,03	0,05	0,00
Fe3+	1,32	0,60	0,74	0,67	0,87
Fe2+	0,00	0,59	0,36	0,57	0,20
Mg	3,58	3,11	3,50	3,08	3,75
Mn	0,03	0,02	0,02	0,00	0,02
C-Suma	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Ca	1,44	1,81	1,76	1,80	1,71
Na	0,10	0,19	0,16	0,20	0,10
B-Suma	1,54	2,00	1,91	2,00	1,81
Na	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00
K	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02
A-Suma	0,01	0,10	0,01	0,13	0,02
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabla de análisis en la microsonda electrónica correspondientes al gabro de EDH

	11517/139	11517/140	11517/141	11517/142	11517/143	11517/144
SiO2	36,39	36,5	36,36	36,69	36,61	36,32
Al2O3	20,86	20,86	20,6	20,51	20,61	20,82
FeO	29,2	28,4	28,91	28,61	29,07	29,16
MgO	1,69	1,24	1,68	1,74	1,74	1,72
CaO	1,57	1,71	1,48	1,48	1,5	1,51
MnO	10,28	11,34	10,18	10,17	10,34	10,27
TiO2	0,05	0,01	0,01	0,02	0	0,03
Suma	100,04	100,06	99,22	99,22	99,87	99,83
Si	5,8888	5,9214	5,9333	5,9259	5,967	5,921
Al tetr	0,0786	0,0786	0,0667	0,0741	0,033	0,079
Suma	5,9675	6,0000	6,0000	6,0000	6,000	6,000
Al octa	3,8953	3,8917	3,8986	3,9043	3,926	3,921
Fe3+	0,1022	0,1083	0,0977	0,0945	0,074	0,075
Ti	0,0025	0,0000	0,0037	0,0012	0,000	0,004
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,000	4,000
Fe2+	3,8257	3,9595	4,0974	4,1036	3,888	3,900
Mg	0,2166	0,3043	0,3851	0,3933	0,423	0,418
Ca	0,3025	0,2134	0,1567	0,1570	0,262	0,264
Mn	1,6878	1,5227	1,3608	1,3461	1,427	1,418
Suma	6,0325	6,0000	6,0000	6,0000	6,000	6,000
X ALM	65,00	63,90	65,24	65,04	64,80	65,00
X PYROP	6,83	5,02	6,85	7,09	7,05	6,97
X GROSS	3,75	4,55	3,77	4,12	3,54	3,56
X SPESS	23,61	26,10	23,57	23,53	23,79	23,63
X ANDRA	0,81	0,43	0,57	0,22	0,82	0,83
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-5

	11517/145	11517/147	11517/148	11517/149	11517/150	11517/151
SiO₂	36,49	36,77	36,77	36,24	36,61	36,44
Al₂O₃	20,78	20,7	20,84	20,73	21,04	20,89
FeO	28,97	29,06	29,22	29,24	28,62	28,49
MgO	1,76	1,69	1,71	1,66	1,62	1,62
CaO	1,57	1,48	1,53	1,47	1,51	1,53
MnO	9,81	10,56	10,59	10,4	10,62	10,48
TiO₂	0	0,01	0,07	0,03	0,02	0,02
Suma	99,38	100,27	100,73	99,77	100,04	99,47
Si	5,9687	5,9715	5,9442	5,9167	5,9541	5,9599
Al tetr	0,0313	0,0285	0,0558	0,0833	0,0459	0,0401
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9744	3,9334	3,9146	3,9053	3,9868	3,9865
Fe³⁺	0,0256	0,0654	0,0769	0,0910	0,0108	0,0111
Ti	0,0000	0,0012	0,0085	0,0037	0,0024	0,0025
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	3,9367	3,8809	3,8730	3,9008	3,8813	3,8853
Mg	0,4292	0,4092	0,4121	0,4040	0,3928	0,3950
Ca	0,2751	0,2575	0,2650	0,2571	0,2631	0,2681
Mn	1,3590	1,4524	1,4499	1,4380	1,4628	1,4517
Suma	6,000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X ALM	65,61	64,68	64,55	65,01	64,69	64,75
X PYROP	7,15	6,82	6,87	6,73	6,55	6,58
X GROSS	4,30	3,56	3,56	3,27	4,26	4,34
X SPESS	22,65	24,21	24,16	23,97	24,38	24,19
X ANDRA	0,28	0,73	0,85	1,01	0,12	0,12
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-5

	11517/152	11517/153	11517/154	11517/155	11517/156	11517/157
SiO2	36,52	36,07	36,14	36,15	36,17	35,81
Al2O3	20,81	20,86	20,95	20,89	20,97	20,58
FeO	28,88	28,2	28,51	28,35	27,42	26,67
MgO	1,55	1,53	1,39	1,35	1,21	0,86
CaO	1,55	1,57	1,65	1,62	1,77	1,61
MnO	10,72	11,05	11,12	11,71	11,74	13,87
TiO2	0,01	0,02	0,03	0	0	0,06
Suma	100,04	99,3	99,79	100,07	99,28	99,46
Si	5,9472	5,9149	5,9035	5,8936	5,9384	5,8969
Al tetr	0,0528	0,0851	0,0965	0,1064	0,0616	0,1031
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9410	3,9462	3,9365	3,9073	3,9958	3,8907
Fe3+	0,0578	0,0513	0,0598	0,0927	0,0042	0,1018
Ti	0,0012	0,0025	0,0037	0,0000	0,0000	0,0074
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	3,8748	3,8155	3,8344	3,7721	3,7601	3,5705
Mg	0,3763	0,3740	0,3385	0,3281	0,2962	0,2111
Ca	0,2704	0,2758	0,2888	0,2829	0,3113	0,2840
Mn	1,4785	1,5346	1,5384	1,6168	1,6324	1,9343
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X ALM	64,58	63,59	63,91	62,87	62,67	59,51
X PYROP	6,27	6,23	5,64	5,47	4,94	3,52
X GROSS	3,86	4,03	4,15	3,69	5,14	3,60
X SPESS	24,64	25,58	25,64	26,95	27,21	32,24
X ANDRA	0,64	0,57	0,66	1,03	0,05	1,13
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-5

	11517/174	11517/175	11517/176	11517/177	11517/178	11517/179
SiO2	35,8900	34,2600	35,2600	35,3400	35,6800	36,0800
Al2O3	20,9100	19,4300	20,5900	20,4300	20,7800	20,9600
FeO	29,1300	28,7900	29,3400	29,8600	29,2700	30,0500
MgO	1,9500	2,1500	2,3200	2,3100	2,3800	2,4200
CaO	1,3500	1,3800	1,4100	1,3800	1,2600	1,2600
MnO	9,5500	8,9900	8,9500	8,6400	8,7700	8,9700
TiO2	0,0000	0,0400	0,0200	0,0400	0,0200	0,0300
Suma	98,7800	95,0400	97,8900	98,0000	98,1600	99,7700
Si	5,8998	5,8589	5,8388	5,8501	5,8863	5,8616
Al tetr	0,1002	0,1359	0,1588	0,1449	0,1112	0,1348
Suma	6,0000	5,9949	5,9975	5,9950	5,9975	5,9963
Al octa	3,9507	3,7800	3,8594	3,8407	3,9288	3,8782
Fe3+	0,0493	0,2149	0,1381	0,1544	0,0687	0,1181
Ti	0,0000	0,0051	0,0025	0,0050	0,0025	0,0037
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	3,9548	3,9021	3,9245	3,9789	3,9691	3,9641
Mg	0,4779	0,5481	0,5727	0,5701	0,5854	0,5861
Ca	0,2377	0,2528	0,2501	0,2447	0,2227	0,2193
Mn	1,3296	1,3021	1,2552	1,2113	1,2253	1,2342
Suma	6,0000	6,0051	6,0025	6,0050	6,0025	6,0037
X ALM	65,91	64,95	65,37	66,23	66,11	66,01
X PYROP	7,96	9,14	9,55	9,50	9,76	9,77
X GROSS	3,41	1,77	2,61	2,31	2,92	2,30
X SPESS	22,16	21,70	20,92	20,19	20,42	20,57
X ANDRA	0,55	2,44	1,56	1,77	0,79	1,35
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-4

	11517/180	11517/181	11517/182	11517/183	11517/184	11517/185
SiO₂	35,6600	35,9800	36,0100	36,0000	35,4700	35,9800
Al₂O₃	21,0400	21,1000	21,2400	20,8700	20,8900	20,8100
FeO	29,7000	29,8300	29,5200	29,0300	29,1100	29,6800
MgO	2,3500	2,3400	2,3000	2,3800	2,2100	2,1000
CaO	1,2800	1,2400	1,0800	1,1900	1,2100	1,3100
MnO	8,9300	8,8600	9,1900	9,1500	9,3000	9,4800
TiO₂	0,0000	0,0400	0,0000	0,0100	0,0100	0,0000
Suma	98,9600	99,3900	99,3400	98,6300	98,2000	99,3600
Si	5,8382	5,8659	5,8735	5,9107	5,8565	5,8812
Al tetr	0,1618	0,1292	0,1265	0,0880	0,1423	0,1188
Suma	6,0000	5,9951	6,0000	5,9988	5,9988	6,0000
Al octa	3,8978	3,9248	3,9563	3,9502	3,9225	3,8899
Fe³⁺	0,1022	0,0703	0,0437	0,0485	0,0762	0,1101
Ti	0,0000	0,0049	0,0000	0,0012	0,0012	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	3,9637	3,9962	3,9825	3,9370	3,9428	3,9465
Mg	0,5736	0,5687	0,5593	0,5826	0,5440	0,5117
Ca	0,2245	0,2166	0,1887	0,2093	0,2140	0,2294
Mn	1,2382	1,2233	1,2695	1,2723	1,3005	1,3123
Suma	6,0000	6,0049	6,0000	6,0012	6,0012	6,0000
X ALM	66,06	66,52	66,38	65,60	65,69	65,78
X PYROP	9,56	9,48	9,32	9,71	9,07	8,53
X GROSS	2,61	2,77	2,66	2,94	2,71	2,60
X SPESS	20,64	20,39	21,16	21,21	21,67	21,87
X ANDRA	1,14	0,84	0,49	0,55	0,86	1,22
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-4

	11517/186	11517/187	11517/188	11517/189	11517/190
SiO2	35,7400	36,3700	34,9000	36,1500	36,1300
Al2O3	20,6700	20,7300	19,6700	21,0300	20,7200
FeO	29,5600	29,5400	29,0600	29,9900	29,2900
MgO	2,3400	2,3900	2,3200	2,4000	2,3900
CaO	1,4600	1,3700	1,3000	1,3300	1,3800
MnO	9,0300	8,7100	8,5700	9,1300	8,6800
TiO2	0,0100	0,0600	0,0300	0,0000	0,0000
Suma	98,8100	99,1700	95,8500	100,0300	98,5900
Si	5,8635	5,9408	5,9082	5,8574	5,9331
Al tetr	0,1353	0,0519	0,0880	0,1426	0,0669
Suma	5,9988	5,9926	5,9962	6,0000	6,0000
Al octa	3,8612	3,9386	3,8363	3,8732	3,9430
Fe3+	0,1376	0,0540	0,1599	0,1268	0,0570
Ti	0,0012	0,0074	0,0038	0,0000	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	3,9176	3,9807	3,9538	3,9365	3,9649
Mg	0,5723	0,5820	0,5855	0,5797	0,5851
Ca	0,2566	0,2397	0,2358	0,2309	0,2428
Mn	1,2547	1,2049	1,2287	1,2529	1,2072
Suma	6,0012	6,0074	6,0038	6,0000	6,0000
X ALM	65,27	66,22	65,83	65,61	66,08
X PYROP	9,54	9,70	9,76	9,66	9,75
X GROSS	2,73	3,31	2,11	2,44	3,41
X SPESS	20,91	20,08	20,48	20,88	20,12
X ANDRA	1,54	0,68	1,82	1,41	0,63
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-4

	11517/192	11517/193	11517/194	11517/195	11517/197
SiO2	36,4200	36,5500	36,5200	36,5000	36,5700
Al2O3	20,7500	20,9400	21,2000	20,9500	21,0600
FeO	29,6700	29,7000	29,6200	29,4400	29,3400
MgO	2,4700	2,3100	2,3600	2,2500	1,9500
CaO	1,4100	1,1900	1,2200	1,2100	1,2400
MnO	8,6200	9,0900	8,7600	8,8300	9,5600
TiO2	0,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suma	99,3600	99,7800	99,6800	99,1800	99,7200
Si	5,9345	5,9383	5,9312	5,9631	5,9551
Al tetr	0,0630	0,0617	0,0688	0,0369	0,0449
Suma	5,9976	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9216	3,9477	3,9889	3,9967	3,9967
Fe3+	0,0759	0,0523	0,0111	0,0033	0,0033
Ti	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	3,9667	3,9826	4,0114	4,0185	3,9918
Mg	0,6000	0,5595	0,5714	0,5480	0,4734
Ca	0,2461	0,2071	0,2123	0,2118	0,2163
Mn	1,1896	1,2508	1,2049	1,2217	1,3184
Suma	6,0024	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X ALM	66,07	66,38	66,86	66,97	66,53
X PYROP	10,00	9,33	9,52	9,13	7,89
X GROSS	3,23	2,87	3,41	3,49	3,57
X SPESS	19,83	20,85	20,08	20,36	21,97
X ANDRA	0,87	0,58	0,12	0,04	0,04
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-4

	11517/198	11517/199	11517/200	11517/201	11517/202	11517/203
SiO₂	36,28	36,31	36,14	36,49	36,73	36,37
Al₂O₃	20,66	20,73	20,82	20,98	20,83	20,85
FeO	38,03	38,06	38,12	38,42	38,35	37,83
MgO	1,77	2,06	2,01	2,2	2,13	2,17
CaO	0,71	0,73	0,73	0,7	0,64	0,73
MnO	2,46	2,17	1,99	1,94	2,2	2,14
TiO₂	0,04	0,01	0,08	0,01	0,09	0
Suma	99,9500	100,0700	99,8900	100,7400	100,9700	100,0900
Si	5,9268	5,9122	5,8958	5,8961	5,9279	5,9136
Al tetr	0,0865	0,0944	0,1027	0,0612	0,0864	0,0798
Suma	6,0134	6,0066	5,9985	5,9573	6,0143	5,9933
Al octa	3,9093	3,8914	3,9085	3,8924	3,9007	3,9088
Fe³⁺	0,0858	0,1074	0,0817	0,1064	0,0884	0,0912
Ti	0,0049	0,0012	0,0098	0,0012	0,0109	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	5,1092	5,0746	5,1184	5,0846	5,0871	5,0521
Mg	0,4311	0,5001	0,4889	0,5300	0,5125	0,5260
Ca	0,1243	0,1273	0,1276	0,1212	0,1107	0,1272
Mn	0,3404	0,2992	0,2749	0,2655	0,3007	0,2947
Suma	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000
X ALM	85,07	84,56	85,14	84,72	84,60	84,20
X PYROP	7,18	8,33	8,15	8,83	8,54	8,77
X GROSS	1,06	0,92	1,11	0,82	0,74	1,11
X SPESS	5,67	4,99	4,58	4,42	5,01	4,91
X ANDRA	1,01	1,21	1,02	1,20	1,10	1,01
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-400

	11517/204	11517/205	11517/206	11517/207	11517/208	11517/209
SiO₂	36,47	36,3	36,3	36,2	36,46	36,26
Al₂O₃	20,93	20,44	20,9	20,6	20,74	20,76
FeO	37,58	36,71	37,26	36,8	37,16	36,43
MgO	2,12	2	1,96	1,94	1,91	2
CaO	0,69	0,8	0,84	0,81	0,72	0,72
MnO	2,56	2,69	2,77	3,41	3,33	3,34
TiO₂	0,05	0,01	0,04	0,05	0,05	0
Suma	100,4000	98,9500	100,0700	99,8100	100,3700	99,5100
Si	5,9141	5,9747	5,9094	5,9142	5,9254	5,9339
Al tetr	0,0240	0,0858	0,0797	0,0685	0,0661	0,0154
Suma	5,9382	6,0605	5,9890	5,9827	5,9914	5,9493
Al octa	3,9202	3,9408	3,9239	3,8866	3,9037	3,9378
Fe³⁺	0,0737	0,0580	0,0712	0,1073	0,0902	0,0622
Ti	0,0061	0,0012	0,0049	0,0061	0,0061	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	5,0221	4,9944	5,0008	4,9200	4,9597	4,9229
Mg	0,5125	0,4908	0,4757	0,4725	0,4628	0,4879
Ca	0,1199	0,1411	0,1465	0,1418	0,1254	0,1262
Mn	0,3516	0,3750	0,3819	0,4718	0,4583	0,4629
Suma	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000
X ALM	83,60	83,22	83,27	81,90	82,56	82,05
X PYROP	8,54	8,18	7,93	7,88	7,71	8,13
X GROSS	1,11	1,69	1,60	1,10	1,02	1,41
X SPESS	5,86	6,25	6,37	7,86	7,64	7,72
X ANDRA	0,89	0,66	0,85	1,26	1,07	0,69
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-400

	11517/210	11517/211	11517/212	11517/213	11517/214
SiO2	36,73	36,65	36,35	36,6	36,43
Al2O3	20,7	20,58	20,75	20,81	20,77
FeO	36,83	37,74	38,21	38,12	38,64
MgO	1,95	2,03	2,12	2,16	2,02
CaO	0,71	0,68	0,67	0,66	0,69
MnO	3,11	2,9	1,73	1,63	1,65
TiO2	0,02	0,01	0	0	0,01
Suma	100,0500	100,5900	99,8300	99,9800	100,2100
Si	5,9822	5,9425	5,9288	5,9568	5,9252
Al tetr	0,0563	0,0712	0,0432	0,0736	0,1522
Suma	6,0385	6,0137	5,9720	6,0304	6,0774
Al octa	3,9578	3,8762	3,9172	3,9483	3,9076
Fe3+	0,0397	0,1226	0,0828	0,0517	0,0912
Ti	0,0024	0,0012	0,0000	0,0000	0,0012
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	4,9761	4,9942	5,1285	5,1361	5,1639
Mg	0,4735	0,4907	0,5155	0,5241	0,4898
Ca	0,1239	0,1181	0,1171	0,1151	0,1202
Mn	0,4290	0,3982	0,2390	0,2247	0,2273
Suma	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000
X ALM	82,89	83,22	85,47	85,60	86,04
X PYROP	7,89	8,18	8,59	8,73	8,16
X GROSS	1,60	0,59	1,03	1,34	0,98
X SPESS	7,15	6,64	3,98	3,74	3,79
X ANDRA	0,47	1,38	0,92	0,57	1,03
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-400

	11517/250	11517/251	11517/252	11517/253	11517/255
SiO₂	35,96	36,59	36,69	35,8	36,7
Al₂O₃	20,64	21,26	21,19	20,86	21,03
FeO	30,49	29,92	30,29	30,78	30,12
MgO	3,12	2,71	2,76	3,39	2,73
CaO	1,22	1,32	1,2	1,17	1,17
MnO	7,93	9,04	8,6	7,53	7,97
TiO₂	0,05	0,07	0,04	0,03	0
Suma	99,4100	100,9100	100,7700	99,5600	99,7200
Si	5,8417	5,8646	5,8878	5,7959	5,9467
Al tetr	0,1270	0,1074	0,2005	0,7606	0,0929
Suma	5,9687	5,9719	6,0883	6,5565	6,0396
Al octa	3,7993	3,8888	3,9001	3,7795	3,9626
Fe³⁺	0,1946	0,1028	0,0951	0,2168	0,0374
Ti	0,0061	0,0084	0,0048	0,0036	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	3,9471	3,9071	3,9694	3,9501	4,0437
Mg	0,7556	0,6475	0,6603	0,8182	0,6595
Ca	0,2123	0,2267	0,2063	0,2029	0,2031
Mn	1,0910	1,2271	1,1688	1,0325	1,0937
Suma	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000
X ALM	65,68	64,98	66,08	65,77	67,39
X PYROP	12,59	10,79	11,00	13,64	10,99
X GROSS	1,31	2,54	2,33	0,93	2,97
X SPESS	18,18	20,45	19,48	17,21	18,23
X ANDRA	2,23	1,24	1,11	2,45	0,42
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-90

	11517/256	11517/257	11517/258	11517/259	11517/260	11517/261
SiO2	36,57	36,53	36,65	37,14	36,92	37,01
Al2O3	20,97	20,75	21,11	21,01	20,92	20,97
FeO	30,44	28,97	30,32	30,24	30,59	31,53
MgO	2,84	2,25	3,2	3,16	3,15	3,28
CaO	1,24	1,23	1,45	1,35	1,37	1,28
MnO	7,99	9,84	7,5	7,16	6,97	6,34
TiO2	0,01	0,03	0	0,05	0,01	0,02
Suma	100,0600	99,6000	100,2300	100,1100	99,9300	100,4300
Si	5,9059	5,9497	5,8901	5,9755	5,9532	5,9374
Al tetr	0,0466	0,1099	0,0184	0,0456	0,0602	0,0495
Suma	5,9525	6,0596	5,9085	6,0211	6,0134	5,9869
Al octa	3,8982	3,9363	3,8883	3,9653	3,9298	3,9045
Fe3+	0,1006	0,0601	0,1117	0,0286	0,0690	0,0931
Ti	0,0012	0,0037	0,0000	0,0060	0,0012	0,0024
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	4,0101	3,8854	3,9628	4,0397	4,0555	4,1365
Mg	0,6838	0,5463	0,7667	0,7580	0,7572	0,7845
Ca	0,2145	0,2146	0,2497	0,2327	0,2367	0,2200
Mn	1,0928	1,3573	1,0208	0,9756	0,9518	0,8614
Suma	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000
X ALM	66,81	64,70	66,05	67,23	67,57	68,90
X PYROP	11,40	9,11	12,78	12,63	12,62	13,07
X GROSS	2,44	2,87	2,92	3,49	3,16	2,61
X SPESS	18,21	22,62	17,01	16,26	15,86	14,36
X ANDRA	1,13	0,71	1,24	0,39	0,78	1,06
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito EES-90

	11517/1	11517/2	11517/3	11517/4	11517/5	11517/6
SiO₂	36,08	36,26	36,52	36,39	36,47	36,5
Al₂O₃	20,66	20,63	20,71	20,73	20,76	20,71
FeO	28,78	29,79	30,88	30,83	30,8	30,89
MgO	0,89	1,25	1,59	1,62	1,57	1,58
CaO	1,73	1,22	0,9	0,9	0,87	0,94
MnO	12,21	11,01	9,89	9,76	9,5	9,52
TiO₂	0,02	0	0,03	0,01	0	0
Suma	100,370	100,16	100,520	100,240	99,970	100,140
Si	5,8888	5,9214	5,9333	5,9259	5,9538	5,9494
Al tetr	0,0786	0,0786	0,0667	0,0741	0,0462	0,0506
Suma	5,9675	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,8953	3,8917	3,8986	3,9043	3,9478	3,9276
Fe³⁺	0,1022	0,1083	0,0977	0,0945	0,0522	0,0724
Ti	0,0025	0,0000	0,0037	0,0012	0,0000	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	3,8257	3,9595	4,0974	4,1036	4,1523	4,1377
Mg	0,2166	0,3043	0,3851	0,3933	0,3821	0,3839
Ca	0,3025	0,2134	0,1567	0,1570	0,1522	0,1641
Mn	1,6878	1,5227	1,3608	1,3461	1,3135	1,3142
Suma	6,0325	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	63,417	65,992	68,290	68,394	69,205	68,962
X % PYROP	3,590	5,072	6,419	6,555	6,368	6,399
X% GROSS	3,885	2,353	1,525	1,567	1,956	1,931
X % SPESS	27,978	25,379	22,680	22,434	21,891	21,903
X % ANDRA	1,130	1,204	1,086	1,050	0,580	0,805
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11517/7	11517/8	11517/9	11517/11	11517/12	11517/13
SiO₂	36,26	36,37	36,55	36,25	36,24	36,11
Al₂O₃	20,73	20,51	20,53	20,66	20,62	20,66
FeO	30,6	30,95	30,98	30,15	29,78	29,17
MgO	1,59	1,57	1,5	1,31	1,25	1,14
CaO	0,88	0,91	0,84	0,85	0,95	1,14
MnO	9,95	9,9	10,14	10,44	10,79	11,34
TiO₂	0,04	0	0,01	0	0	0,02
Suma	100,050	100,210	100,550	99,660	99,630	99,580
Si	5,9171	5,9306	5,9442	5,9478	5,9494	5,9325
Al tetr	0,0829	0,0694	0,0558	0,0522	0,0506	0,0675
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9038	3,8721	3,8791	3,9428	3,9388	3,9326
Fe³⁺	0,0913	0,1279	0,1197	0,0572	0,0612	0,0650
Ti	0,0049	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0025
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	4,0842	4,0922	4,0933	4,0794	4,0268	3,9423
Mg	0,3868	0,3817	0,3637	0,3204	0,3059	0,2792
Ca	0,1538	0,1590	0,1464	0,1494	0,1671	0,2006
Mn	1,3751	1,3672	1,3966	1,4507	1,5002	1,5778
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	68,070	68,203	68,222	67,990	67,113	65,705
X % PYROP	6,447	6,361	6,061	5,341	5,099	4,654
X% GROSS	1,550	1,228	1,109	1,855	2,104	2,622
X % SPESS	22,919	22,787	23,277	24,179	25,003	26,297
X % ANDRA	1,014	1,421	1,330	0,635	0,680	0,722
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11517/7	11517/8	11517/9	11517/11	11517/12	11517/13
SiO₂	36,26	36,37	36,55	36,25	36,24	36,11
Al₂O₃	20,73	20,51	20,53	20,66	20,62	20,66
FeO	30,6	30,95	30,98	30,15	29,78	29,17
MgO	1,59	1,57	1,5	1,31	1,25	1,14
CaO	0,88	0,91	0,84	0,85	0,95	1,14
MnO	9,95	9,9	10,14	10,44	10,79	11,34
TiO₂	0,04	0	0,01	0	0	0,02
Suma	100,050	100,210	100,550	99,660	99,630	99,580
Si	5,9171	5,9306	5,9442	5,9478	5,9494	5,9325
Al tetr	0,0829	0,0694	0,0558	0,0522	0,0506	0,0675
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9038	3,8721	3,8791	3,9428	3,9388	3,9326
Fe³⁺	0,0913	0,1279	0,1197	0,0572	0,0612	0,0650
Ti	0,0049	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0025
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	4,0842	4,0922	4,0933	4,0794	4,0268	3,9423
Mg	0,3868	0,3817	0,3637	0,3204	0,3059	0,2792
Ca	0,1538	0,1590	0,1464	0,1494	0,1671	0,2006
Mn	1,3751	1,3672	1,3966	1,4507	1,5002	1,5778
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	68,070	68,203	68,222	67,990	67,113	65,705
X % PYROP	6,447	6,361	6,061	5,341	5,099	4,654
X% GROSS	1,550	1,228	1,109	1,855	2,104	2,622
X % SPESS	22,919	22,787	23,277	24,179	25,003	26,297
X % ANDRA	1,014	1,421	1,330	0,635	0,680	0,722
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11517/14	11517/15	11517/16	11517/17	11517/18	11517/19
SiO₂	36,46	36,05	36,24	36,29	36,42	36,48
Al₂O₃	20,59	20,78	20,62	20,77	20,66	20,64
FeO	29,59	29,3	28,87	28,57	29,51	30,38
MgO	0,95	1,08	1	1,04	1,22	1,24
CaO	0,92	0,97	1,08	1,57	0,98	0,95
MnO	12,09	12,03	12,29	11,82	11,35	10,79
TiO₂	0,02	0	0,08	0	0,02	0
Suma	100,620	100,210	100,180	100,060	100,160	100,480
Si	5,9451	5,8931	5,9290	5,9309	5,9498	5,9431
Al tetr	0,0549	0,1069	0,0710	0,0691	0,0502	0,0569
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9018	3,8964	3,9046	3,9313	3,9274	3,9058
Fe³⁺	0,0958	0,1036	0,0855	0,0687	0,0702	0,0942
Ti	0,0024	0,0000	0,0098	0,0000	0,0025	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	3,9388	3,9014	3,8639	3,8357	3,9610	4,0443
Mg	0,2309	0,2632	0,2439	0,2534	0,2971	0,3012
Ca	0,1607	0,1699	0,1893	0,2749	0,1715	0,1658
Mn	1,6696	1,6655	1,7029	1,6360	1,5703	1,4887
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	65,646	65,024	64,399	63,928	66,017	67,405
X % PYROP	3,849	4,387	4,065	4,223	4,952	5,019
X% GROSS	1,615	1,680	2,204	3,818	2,079	1,717
X % SPESS	27,826	27,758	28,381	27,267	26,172	24,812
X % ANDRA	1,064	1,151	0,951	0,763	0,780	1,047
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11517/20	11517/21	11517/22	11517/23	11517/24	11517/25
SiO₂	36,42	36,17	36,4	36,37	36,17	36,18
Al₂O₃	20,74	20,75	20,76	20,66	20,73	20,72
FeO	30,18	30,43	30,19	30,01	29,69	30,34
MgO	1,34	1,42	1,29	1,33	1,3	1,24
CaO	0,91	0,98	0,95	1,06	1,17	1,14
MnO	10,44	10,67	10,49	10,71	10,71	11,07
TiO₂	0,05	0,03	0,03	0	0,05	0,01
Suma	100,080	100,450	100,110	100,140	99,82	100,7
Si	5,9491	5,8876	5,9454	5,9379	5,9219	5,8817
Al tetr	0,0509	0,1124	0,0546	0,0621	0,0781	0,1183
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9417	3,8681	3,9415	3,9131	3,9217	3,8513
Fe³⁺	0,0521	0,1283	0,0548	0,0869	0,0722	0,1475
Ti	0,0061	0,0037	0,0037	0,0000	0,0061	0,0012
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe²⁺	4,0701	4,0136	4,0685	4,0100	3,9924	3,9768
Mg	0,3263	0,3446	0,3141	0,3237	0,3173	0,3005
Ca	0,1592	0,1709	0,1662	0,1854	0,2052	0,1985
Mn	1,4443	1,4709	1,4511	1,4809	1,4850	1,5241
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	67,836	66,893	67,809	66,833	66,541	66,280
X % PYROP	5,439	5,743	5,235	5,395	5,288	5,009
X% GROSS	2,075	1,423	2,162	2,124	2,618	1,670
X % SPESS	24,071	24,515	24,185	24,681	24,751	25,402
X % ANDRA	0,579	1,425	0,609	0,966	0,802	1,639
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11517/26	11517/27	11517/28	11517/29	11517/30
SiO2	36,56	35,98	36,05	36,51	36,26
Al2O3	20,78	20,47	20,82	20,7	20,8
FeO	29,54	28,59	28,35	27,87	26,78
MgO	1,15	1,05	0,89	0,75	0,63
CaO	1,47	1,48	1,98	2	2,59
MnO	11,25	11,92	12,05	12,9	12,96
TiO2	0,03	0,03	0,03	0	0
Suma	100,78	99,52	100,17	100,73	100,020
Si	5,9333	5,9178	5,8876	5,9369	5,9287
Al tetr	0,0667	0,0822	0,1124	0,0631	0,0713
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al octa	3,9076	3,8856	3,8949	3,9037	3,9367
Fe3+	0,0887	0,1107	0,1014	0,0963	0,0633
Ti	0,0037	0,0037	0,0037	0,0000	0,0000
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Fe2+	3,9199	3,8213	3,7702	3,6932	3,5981
Mg	0,2782	0,2575	0,2167	0,1818	0,1536
Ca	0,2556	0,2608	0,3464	0,3484	0,4537
Mn	1,5462	1,6604	1,6667	1,7765	1,7946
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
X % ALM	65,332	63,689	62,836	61,554	59,968
X % PYROP	4,637	4,291	3,612	3,030	2,559
X% GROSS	3,274	3,116	4,647	4,737	6,858
X % SPESS	25,771	27,673	27,779	29,609	29,911
X % ANDRA	0,986	1,230	1,127	1,070	0,703
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Microsonda en Granates de granito ETH-31

	11494/1	11494/2	11494/3	11494/4	11494/5	11494/7
SiO2	35,82	35,59	35,38	35,54	35,44	35,38
TiO2	0,04	0,00	0,05	0,06	0,05	0,03
Al2O3	20,40	20,28	20,32	20,41	20,35	20,46
FeO	21,33	21,45	21,61	21,09	20,98	22,04
Fe2O3	0,55	0,51	0,8	0,31	0,85	0,38
MnO	20,5200	20,0800	20,10	20,46	20,78	19,59
MgO	0,4700	0,4800	0,48	0,5	0,51	0,45
CaO	0,4000	0,4000	0,42	0,37	0,42	0,4
Suma	99,53	98,8	99,16	98,73	99,39	98,73
Si	5,9404	5,9436	5,8999	5,9361	5,8965	5,9165
Alt	0,0596	0,0564	0,1001	0,0639	0,1035	0,0835
Suma	6,00	6,00	6,00	6,00	6,0000	6,0000
AlO	3,9271	3,9358	3,8940	3,9534	3,8873	3,9487
Fe3+	0,0685	0,0642	0,1000	0,0391	0,1063	0,0480
Ti	0,0044	0,0000	0,0061	0,0075	0,0065	0,0034
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1160	0,1201	0,1195	0,1234	0,1270	0,1128
Fe2+	2,9586	2,9962	3,0139	2,9457	2,1850	3,0813
Mn	2,8820	2,8406	2,8395	2,8937	2,9275	2,7743
Ca	0,0711	0,0713	0,0742	0,0653	0,0756	0,0717
Suma	6,0277	6,0282	6,0471	6,0282	6,0486	6,0401
X % ALM	49,0834	49,7031	49,8404	48,8661	41,1093	51,0141
X % PYROP	1,9244	1,9923	1,9762	2,0471	2,3894	1,8675
X% GROSS	0,4219	0,4728	0,1246	0,6508	0,0891	0,6573
X % SPESS	47,8126	47,1219	46,9564	48,0035	55,0789	45,9314
X % ANDRA	0,7576	0,7100	1,1025	0,4324	1,3333	0,5298
Suma	99,24	99,29	98,90	99,57	98,67	99,47

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/8	11494/9	11494/10	11494/11	11494/12	11494/13
SiO2	35,07	35,07	34,93	35,14	35,07	35,29
TiO2	0,06	0,03	0,07	0,04	0,07	0,08
Al2O3	20,48	20,48	20,32	20,32	20,46	20,22
FeO	22,37	22,63	22,2	22,33	21,63	21,76
Fe2O3	0,6	0,68	0,58	0,59	0,44	0,76
MnO	19,47	19,21	19,18	19,16	20,16	19,92
MgO	0,39	0,4	0,47	0,45	0,34	0,41
CaO	0,37	0,39	0,4	0,42	0,37	0,38
Suma	98,81	98,88	98,15	98,47	98,55	98,83
Si	5,8744	5,8707	5,8843	5,8992	5,8869	5,9072
Alt	0,1256	0,1293	0,1157	0,1008	0,1131	0,0928
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9175	3,9113	3,9177	3,9201	3,9349	3,8947
Fe3+	0,0752	0,0854	0,0733	0,0744	0,0559	0,0954
Ti	0,0074	0,0034	0,0091	0,0055	0,0093	0,0099
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,0985	0,1009	0,1178	0,1120	0,0842	0,1034
Fe2+	3,1326	3,1684	3,1276	3,1352	3,0352	3,0462
Mn	2,7625	2,7239	2,7358	2,7243	2,8656	0,8239
Ca	0,0655	0,0698	0,0722	0,0762	0,0669	0,0680
Suma	6,0592	6,0630	6,0534	6,0477	6,0520	6,0415
X % ALM	51,7007	52,2580	51,6668	51,8412	50,1528	75,3730
X % PYROP	1,6257	1,6642	1,9460	1,8519	1,3913	2,5585
X% GROSS	0,2536	0,2122	0,3855	0,4398	0,4897	0,1089
X % SPESS	45,5926	44,9266	45,1944	45,0469	47,3504	20,3860
X % ANDRA	0,8274	0,9390	0,8073	0,8201	0,6158	1,5737
Suma	99,17	99,06	99,19	99,18	99,38	98,43

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/14	11494/15	11494/16	11494/17	11494/18	11494/19
SiO₂	35,17	34,73	34,27	37,22	35,78	35,77
TiO₂	0,08	0	0,02	0,09	0,04	0,04
Al₂O₃	20,08	19,89	19,76	19,54	20,43	20,56
FeO	21,9	21,85	20,75	18,46	23,97	23,46
Fe₂O₃	0,99	0	0,45	1	0,06	0,19
MnO	19,69	18,58	19,53	19,43	17,57	18,31
MgO	0,45	0,41	0,45	0,32	0,53	0,52
CaO	0,37	0,32	0,39	0,46	0,3	0,34
Suma	98,73	95,78	95,62	96,52	98,7	99,18
Si	5,8977	5,9718	5,9171	6,2416	5,9693	5,9444
Alt	0,1023	0,0282	0,0829	0,0000	0,0307	0,0556
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al_o	3,8653	4,0027	3,9386	3,8627	3,9868	3,9710
Fe₃₊	0,1246	0,0000	0,0590	0,1264	0,0081	0,0242
Ti	0,0101	0,0000	0,0024	0,0109	0,0050	0,0048
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1115	0,1041	0,1165	0,0800	0,1319	0,1277
Fe₂₊	3,0712	3,1413	2,9955	2,5888	3,3444	3,2601
Mn	2,7962	2,7062	2,8558	2,7592	2,4823	2,5766
Ca	0,0674	0,0585	0,0725	0,0835	0,0543	0,0610
Suma	6,0462	6,0101	6,0403	5,5114	6,0129	6,0254
X % ALM	50,7947	52,2670	49,5919	46,9709	55,6204	54,1060
X % PYROP	1,8441	1,7321	1,9287	1,4515	2,1936	2,1194
X% GROSS	0,0000	0,9734	0,5491	0,0000	0,8133	0,7446
X % SPESS	46,2465	45,0275	47,2791	50,0626	41,2829	42,7623
X % ANDRA	1,1147	0,0000	0,6512	1,5150	0,0898	0,2678
Suma	98,89	100,00	99,35	98,48	99,91	99,73

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/20	11494/21	11494/22	11494/23	11494/24	11494/25
SiO2	35,7	35,69	35,76	35,57	35,5	35,5
TiO2	0,03	0,02	0,05	0	0,04	0,06
Al2O3	20,49	20,42	20,48	20,37	20,25	20,4
FeO	23,62	23,46	22,98	21,71	21,35	21,26
Fe2O3	0,25	0,11	0	0,43	0,79	0,49
MnO	18,06	18,02	18,65	20,17	20,46	20,43
MgO	0,51	0,52	0,4	0,35	0,44	0,47
CaO	0,35	0,34	0,34	0,34	0,36	0,38
Suma	99,02	98,57	98,67	98,93	99,2	98,99
Si	5,9446	5,9629	5,9691	5,9382	5,9176	5,9212
Alt	0,0554	0,0371	0,0309	0,0618	0,0824	0,0788
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9652	3,9833	3,9986	3,9457	3,8958	3,9315
Fe3+	0,0309	0,0141	0,0000	0,0543	0,0992	0,0610
Ti	0,0040	0,0025	0,0061	0,0000	0,0050	0,0075
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1267	0,1292	0,0998	0,0866	0,1104	0,1175
Fe2+	3,2894	3,2774	3,2077	3,0318	2,9758	2,9646
Mn	2,5467	2,5498	2,6373	2,8519	2,8878	2,8859
Ca	0,0629	0,0609	0,0605	0,0606	0,0647	0,0678
Suma	6,0257	6,0173	6,0053	6,0309	6,0309	6,0309
X % ALM	54,5895	54,4663	53,4145	50,2711	49,2788	49,1169
X % PYROP	2,1027	2,1471	1,6619	1,4359	1,8282	1,9467
X% GROSS	0,7020	0,8559	1,0074	0,4046	0,0000	0,4495
X % SPESS	42,2640	42,3745	43,9162	47,2881	47,8216	47,8130
X % ANDRA	0,3419	0,1562	0,0000	0,6002	1,0714	0,6738
Suma	99,66	99,84	100,00	99,40	98,93	99,33

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/26	11494/27	11494/28	11494/29	11494/30	11494/31
SiO2	35,51	35,64	35,8	35,46	35,83	35,75
TiO2	0,07	0,03	0,03	0,11	0,03	0,05
Al2O3	20,3	20,41	20,26	20,43	20,46	20,32
FeO	20,99	21,22	21,96	20,56	21,34	22,27
Fe2O3	0,59	0,17	0,42	0,37	0,31	0,57
MnO	20,77	20,37	21,11	19,8	20,76	20,1
MgO	0,43	0,45	0,39	0,45	0,29	0,43
CaO	0,35	0,34	0,37	0,36	0,38	0,43
Suma	99,01	98,63	99,02	98,86	99,39	99,33
Si	5,9250	5,9555	5,9653	5,9207	5,9511	5,9430
Alt	0,0750	0,0445	0,0347	0,0793	0,0489	0,0570
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9172	3,9749	3,9437	3,9399	3,9571	3,9227
Fe3+	0,0744	0,0211	0,0531	0,0467	0,0387	0,0715
Ti	0,0084	0,0040	0,0031	0,0134	0,0042	0,0058
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1072	0,1127	0,0959	0,1122	0,0706	0,1060
Fe2+	2,9283	2,9646	3,0594	2,8709	2,9640	3,0949
Mn	2,9356	2,8826	2,7945	2,9849	2,9208	2,7485
Ca	0,0623	0,0604	0,0659	0,0651	0,0670	0,0762
Suma	6,0309	6,0309	6,0309	6,0309	6,0224	6,0256
X % ALM	48,5348	49,2434	50,8569	47,5858	49,2163	51,3625
X % PYROP	1,7768	1,8720	1,5942	1,8597	1,1723	1,7592
X% GROSS	0,2105	0,7696	0,5070	0,5630	0,6841	0,4735
X % SPESS	48,6558	47,8813	46,4534	49,4754	48,4989	45,6137
X % ANDRA	0,8221	0,2337	0,5885	0,5160	0,4284	0,7911
Suma	99,18	99,77	99,41	99,48	99,57	99,21

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/32	11494/33	11494/34	11494/35	11494/36	11494/37
SiO₂	35,67	35,91	35,6	35,52	35,64	35,92
TiO₂	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Al₂O₃	20,26	20,38	20,24	20,35	20,38	20,43
FeO	21,39	20,91	20,74	20,62	21,83	23
Fe₂O₃	0,29	0,3	0,53	0,35	0,37	0,07
MnO	19,52	20,78	20,94	20,94	19,78	18,69
MgO	0,44	0,46	0,4	0,44	0,49	0,46
CaO	0,37	0,39	0,36	0,38	0,37	0,32
Suma	98,55	99,16	98,86	98,63	98,89	98,92
Si	5,9664	5,9674	5,9456	5,9413	5,9447	5,9800
Al_t	0,0336	0,0326	0,0544	0,0587	0,0553	0,0200
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al_o	3,9608	3,9583	3,9293	3,9518	3,9512	3,9886
Fe₃₊	0,0359	0,0369	0,0667	0,0440	0,0465	0,0093
Ti	0,0034	0,0048	0,0040	0,0042	0,0023	0,0021
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1095	0,1129	0,1007	0,1091	0,1212	0,1144
Fe₂₊	2,9917	2,9064	2,8970	2,8846	3,0443	3,2019
Mn	2,8470	2,9251	2,9625	2,9662	2,7943	2,6356
Ca	0,0669	0,0695	0,0651	0,0674	0,0667	0,0571
Suma	6,0152	6,0139	6,0253	6,0273	6,0266	6,0090
X % ALM	49,7365	48,3280	48,0806	47,8589	50,5152	53,2851
X % PYROP	1,8204	1,8773	1,6713	1,8101	2,0111	1,9038
X% GROSS	0,7143	0,7466	0,3424	0,6316	0,5924	0,8471
X % SPESS	47,3309	48,6390	49,1677	49,2127	46,3669	43,8609
X % ANDRA	0,3979	0,4091	0,7380	0,4867	0,5144	0,1032
Suma	99,60	99,59	99,26	99,51	99,49	99,90

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/38	11494/39	11494/40	11494/41	11494/42	11494/43
SiO2	35,36	35,56	35,58	35,5	35,36	35,75
TiO2	0,06	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03
Al2O3	20,47	20,59	20,33	20,29	20,27	20,39
FeO	22,05	22,39	21,92	22,15	22,28	22,79
Fe2O3	0,28	0,5	0,49	0,65	0,42	0,53
MnO	19,54	19,51	19,84	19,47	19,1	19,34
MgO	0,44	0,49	0,4	0,47	0,47	0,37
CaO	0,4	0,4	0,38	0,42	0,4	0,29
Suma	98,6	99,48	99,01	99	98,33	99,49
Si	5,9185	5,9037	5,9343	5,9233	5,9339	5,9380
Alt	0,0815	0,0963	0,0657	0,0767	0,0661	0,0620
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9574	3,9328	3,9308	3,9144	3,9435	3,9300
Fe3+	0,0355	0,0620	0,0613	0,0821	0,0527	0,0665
Ti	0,0071	0,0052	0,0079	0,0036	0,0038	0,0035
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,1092	0,1223	0,1006	0,1179	0,1186	0,0924
Fe2+	3,0857	3,1094	3,0577	3,0912	3,1272	3,1649
Mn	2,7705	2,7433	2,8022	2,7517	2,7139	2,7202
Ca	0,0718	0,0707	0,0685	0,0758	0,0714	0,0518
Suma	6,0372	6,0456	6,0289	6,0366	6,0312	6,0293
X % ALM	51,1114	51,4316	50,7165	51,2076	51,8512	52,4920
X % PYROP	1,8088	2,0229	1,6686	1,9531	1,9665	1,5325
X% GROSS	0,7973	0,4857	0,4583	0,3490	0,6013	0,1238
X % SPESS	45,8905	45,3761	46,4787	45,5836	44,9984	45,1163
X % ANDRA	0,3920	0,6837	0,6778	0,9067	0,5825	0,7353
Suma	99,61	99,32	99,32	99,09	99,42	99,26

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 50 N de EDH

	11494/93	11494/94	11494/95	11494/96	11494/97	11494/98
SiO₂	34,44	35,25	35,36	35,39	35,2	35,14
TiO₂	0,06	0,09	0,09	0,09	0,1	0,05
Al₂O₃	19,75	20,64	20,49	20,68	20,56	20,67
FeO	24,22	24,51	23,87	24,6	24,58	24,62
Fe₂O₃	1,27	0,67	0,66	0,54	0,84	0,7
MnO	15,86	16,49	16,9	16,26	16,37	16,25
MgO	0,99	1,07	1,05	1,08	1,05	1,06
CaO	0,41	0,4	0,48	0,5	0,46	0,51
Suma	97	99,11	98,88	99,14	99,17	99
Si	5,8654	5,8598	5,8869	5,8752	5,8533	5,8499
Alt	0,1346	0,1402	0,1131	0,1248	0,1467	0,1501
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
Al_o	3,8295	3,9049	3,9068	3,9210	3,8817	3,9056
Fe₃₊	0,1632	0,0843	0,0822	0,0680	0,1056	0,0881
Ti	0,0073	0,0108	0,0111	0,0110	0,0127	0,0063
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,2513	0,2646	0,2596	0,2679	0,2613	0,2633
Fe₂₊	3,4498	3,4073	3,3235	3,4151	3,4178	3,4268
Mn	2,2882	2,3214	2,3827	2,2856	2,3061	2,2914
Ca	0,0745	0,0715	0,0853	0,0883	0,0818	0,0906
Suma	6,0638	6,0647	6,0511	6,0569	6,0671	6,0720
X % ALM	56,8917	56,1816	54,9239	56,3836	56,3343	56,4352
X % PYROP	4,1443	4,3629	4,2901	4,4231	4,3069	4,3362
X% GROSS	0,0000	0,2523	0,5040	0,7094	0,1879	0,5248
X % SPESS	37,7354	38,2766	39,3763	37,7355	38,0105	37,7365
X % ANDRA	1,2286	0,9267	0,9056	0,7485	1,1604	0,9673
Suma	98,77	99,07	99,09	99,25	98,84	99,03

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 323 de EDH

	11494/99	11494/100	11494/101	11494/102	11494/103	11494/104
SiO2	35,46	35,98	35,79	35,93	35,92	35,54
TiO2	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,07
Al2O3	20,36	20,61	20,6	20,43	20,51	20,36
FeO	25,16	26,03	24,86	24,25	24,11	23,33
Fe2O3	0,98	0,12	0,37	0,29	0,15	0,23
MnO	15,87	15,03	16,14	16,51	16,6	16,98
MgO	1,06	1,03	1,05	1,05	1,02	1,04
CaO	0,37	0,3	0,38	0,39	0,47	0,51
Suma	99,31	99,15	99,24	98,93	98,86	98,06
Si	5,8882	5,9574	5,9264	5,9607	5,9597	5,9468
Alt	0,1118	0,0426	0,0736	0,0393	0,0403	0,0532
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,8727	3,9795	3,9466	3,9558	3,9700	3,9624
Fe3+	0,1229	0,0147	0,0459	0,0357	0,0183	0,0287
Ti	0,0044	0,0058	0,0075	0,0085	0,0117	0,0088
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,2634	0,2533	0,2603	0,2607	0,2518	0,2601
Fe2+	3,4933	3,6044	3,4422	3,3650	3,3455	3,2652
Mn	2,2322	2,1079	2,2633	2,3196	2,3333	2,4061
Ca	0,0650	0,0529	0,0673	0,0701	0,0838	0,0908
Suma	6,0538	6,0184	6,0331	6,0154	6,0144	6,0222
X % ALM	57,7033	59,8887	57,0552	55,9398	55,6248	54,2194
X % PYROP	4,3509	4,2087	4,3145	4,3339	4,1866	4,3190
X% GROSS	0,0000	0,7161	0,6083	0,7697	1,1905	1,1900
X % SPESS	36,8721	35,0237	37,5147	38,5610	38,7952	39,9538
X % ANDRA	1,0737	0,1628	0,5072	0,3957	0,2028	0,3177
Suma	98,93	99,84	99,49	99,60	99,80	99,68

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 323 de EDH

	11494/105	11494/106	11494/107	11494/108	11494/109
SiO2	35,66	36,05	36,02	36,17	35,86
TiO2	0,04	0,08	0,05	0,04	0,09
Al2O3	20,48	20,63	20,56	20,54	20,64
FeO	23,28	23,88	24,52	25,82	25
Fe2O3	0,06	0,13	0,32	0,2	0,26
MnO	17,24	17	16,46	15,28	15,87
MgO	1,01	1,05	1,06	1,02	1,06
CaO	0,43	0,44	0,39	0,33	0,48
Suma	98,2	99,24	99,39	99,39	99,25
Si	5,9563	5,9576	5,9506	5,9724	5,9330
Alt	0,0437	0,0424	0,0494	0,0276	0,0670
Suma	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9874	3,9750	3,9535	3,9701	3,9568
Fe3+	0,0078	0,0157	0,0401	0,0251	0,0322
Ti	0,0048	0,0093	0,0064	0,0048	0,0110
Suma	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,2522	0,2593	0,2613	0,2506	0,2608
Fe2+	3,2511	3,2998	3,3877	35654,0000	3,4590
Mn	2,4395	2,3792	2,3027	2,1375	2,2232
Ca	0,0766	0,0783	0,0698	0,0579	0,0851
Suma	6,0194	6,0165	6,0215	6,0114	6,0280
X % ALM	54,0104	54,8449	56,2601	59,3106	57,3813
X % PYROP	4,1898	4,3097	4,3395	4,1687	4,3264
X% GROSS	1,1862	1,1274	0,7152	0,6848	1,0556
X % SPESS	40,5273	39,5439	38,2413	35,5574	36,8806
X % ANDRA	0,0864	0,1740	0,4440	0,2784	0,3561
Suma	99,91	99,83	99,56	99,72	99,64

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 323 de EDH

	11494/110	1494/111	1494/112
SiO2	35,84	35,82	36,09
TiO2	0,09	0,06	0,06
Al2O3	20,43	20,56	20,63
FeO	24,36	24,64	25,39
Fe2O3	0,17	0,24	0,15
MnO	16,16	16,15	15,67
MgO	1,06	1,06	1,04
CaO	0,47	0,43	0,36
Suma	98,58	98,94	99,39
Si	5,9618	5,9430	5,9598
Alt	0,0382	0,0570	0,0402
Suma	6,0000	6,0000	6,0000
AlO	3,9671	3,9630	3,9741
Fe3+	0,0218	0,0300	0,0189
Ti	0,0111	0,0071	0,0070
Suma	4,0000	4,0000	4,0000
Mg	0,2639	0,2612	0,2566
Fe2+	3,3893	3,4192	3,5061
Mn	2,2774	2,2690	2,1908
Ca	0,0830	0,0756	0,0631
Suma	6,0136	6,0250	6,0166
X % ALM	56,3606	56,7502	58,2738
X % PYROP	4,3884	4,3353	4,2649
X% GROSS	1,1385	0,9228	0,8393
X % SPESS	37,8708	37,6598	36,4126
X % ANDRA	0,2417	0,3320	0,2094
Suma	99,76	99,67	99,79

Análisis en la microsonda de granates correspondientes a la muestra de granito 323 de EDH

MUESTRA	10772-1	10772-2	10772-3	10772-4	10772-5	10772-6
SiO₂	35,52	35,71	35,80	35,22	35,57	35,40
Al₂O₃	4,06	3,68	3,86	3,18	4,06	3,59
FeO	1,70	0,91	1,00	1,10	1,32	0,49
MgO	0,12	0,17	0,15	0,19	0,18	0,14
CaO	32,37	32,92	32,75	32,44	32,37	32,87
MnO	1,00	0,80	0,88	0,89	1,06	0,84
Fe₂O₃	26,480	26,97	26,60	27,48	26,34	26,74
TiO₂	0,65	0,79	0,79	0,73	0,64	0,69
Suma	101,900	101,950	101,828	101,230	101,54	100,76
Si	5,74	5,79	5,82	5,75	5,77	5,81
Al oct	0,77	0,70	0,73	0,61	0,77	0,69
Fe³⁺	3,22	3,29	3,25	3,37	3,21	3,30
Fe²⁺	0,22	0,12	0,13	0,15	0,17	0,07
Mg	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03
Ca	5,60	5,72	5,70	5,68	5,63	5,78
Mn	0,14	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11
Suma	15,71	15,78	15,79	15,73	15,73	15,79
X ALM	3,676	2,003	2,171	2,502	2,841	1,119
X PYROP	0,468	0,701	0,618	0,751	0,724	0,501
X GROSS	57,709	58,856	59,017	57,270	58,329	59,796
X SPESS	2,273	1,836	2,004	2,002	2,340	1,837
X ANDRA	35,873	36,604	36,190	37,476	35,766	36,746
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10793-1	10793-2	10793-3	10793-4	10793-5	10793-6
SiO₂	34,87	35,19	35,45	35,16	35,23	35,14
Al₂O₃	3,14	3,07	3,18	3,29	3,06	3,02
FeO	0,51	0,99	1,25	1,20	1,15	0,93
MgO	0,22	0,07	0,06	0,11	0,10	0,07
CaO	32,07	31,89	32,00	32,17	31,94	32,38
MnO	1,14	1,31	1,15	0,97	1,06	1,00
Fe₂O₃	27,30	27,66	27,65	27,72	27,66	28,01
TiO₂	1,07	0,32	0,4	0,43	0,47	0,45
Suma	100,320	100,500	101,14	101,05	100,67	101,00
Si	5,820	5,870	5,87	5,83	5,87	5,84
Al oct	0,570	0,518	0,549	0,5356	0,5312	0,4885
Fe³⁺	3,420	3,470	3,45	3,46	3,46	3,5
Fe²⁺	0,071	0,138	0,17	0,16	0,16	0,129
Mg	0,055	0,017	0,016	0,028	0,025	0,018
Ca	5,730	5,700	5,68	5,72	5,7	5,76
Mn	0,160	0,180	0,16	0,13	0,149	0,14
Suma	15,826	15,893	15,895	15,8636	15,8952	15,8755
X ALM	1,180	2,287	2,821	2,650	2,652	2,133
X PYROP	0,914	0,282	0,266	0,464	0,414	0,298
X GROSS	57,347	56,117	56,090	56,531	56,237	56,667
X SPESS	2,660	2,983	2,655	2,153	2,469	2,315
X ANDRA	37,899	38,332	38,168	38,202	38,228	38,587
Suma	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10793-7	10793-8	10793-9	10793-10	10793-11	10793-12
SiO₂	35,09	35,36	35,23	35,14	35,350	35,250
Al₂O₃	3,10	2,26	2,50	3,21	3,590	3,390
FeO	1,13	1,16	0,79	1,15	1,330	1,180
MgO	0,10	0,07	0,08	0,08	0,080	0,090
CaO	32,15	31,85	32,00	31,96	32,090	32,050
MnO	0,87	1,33	1,41	1,10	1,070	1,050
Fe₂O₃	27,75	28,49	28,58	27,53	27,180	27,340
TiO₂	0,52	0,37	0,36	0,47	0,53	0,430
Suma	100,71	100,89	100,95	100,64	101,220	100,78
Si	5,84	5,87	5,870	5,856	5,840	5,860
Al oct	0,5212	0,433	0,409	0,547	0,615	0,570
Fe³⁺	3,47	3,56	3,580	3,450	3,380	3,420
Fe²⁺	0,157	0,16	0,100	0,160	0,180	0,160
Mg	0,0255	0,018	0,020	0,020	0,020	0,230
Ca	5,73	5,67	5,710	5,700	5,680	5,700
Mn	0,12	0,18	0,190	0,155	0,150	0,140
Suma	15,8637	15,891	15,879	15,888	15,865	16,080
X ALM	2,603	2,654	1,661	2,651	2,985	2,568
X PYROP	0,423	0,299	0,329	0,331	0,338	3,692
X GROSS	56,638	54,689	55,207	56,338	56,823	54,896
X SPESS	1,989	2,986	3,156	2,568	2,487	2,247
X ANDRA	38,348	39,372	39,647	38,111	37,366	36,597
Suma	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10793-13	10793-14	10793-15	10793-16	10793-17	10793-18
SiO₂	35,110	35,160	35,220	34,970	35,120	35,040
Al₂O₃	3,190	2,73	2,760	2,990	3,250	3,160
FeO	1,030	0,970	0,510	0,120	0,260	0,010
MgO	0,080	0,040	0,110	0,180	0,210	0,250
CaO	31,920	31,980	32,490	32,770	32,540	32,950
MnO	1,230	1,260	0,930	0,950	1,070	0,960
Fe₂O₃	27,510	28,200	28,050	27,860	27,360	27,800
TiO₂	0,390	0,410	0,580	0,730	0,850	0,820
Suma	100,46	100,75	100,65	100,57	100,66	100,99
Si	5,860	5,860	5,860	5,824	5,835	5,800
Al oct	0,530	0,450	0,480	0,500	0,570	0,520
Fe³⁺	3,450	3,540	3,510	3,490	3,420	3,460
Fe²⁺	0,140	0,130	0,072	0,017	0,035	0,002
Mg	0,019	0,011	0,028	0,045	0,050	0,060
Ca	5,700	5,710	5,800	5,840	5,790	5,840
Mn	0,170	0,170	0,130	0,130	0,150	0,130
Suma	15,869	15,871	15,880	15,846	15,850	15,812
X ALM	2,322	2,159	1,189	0,282	0,581	0,030
X PYROP	0,315	0,178	0,464	0,746	0,830	0,995
X GROSS	56,394	55,641	57,383	58,245	58,257	58,578
X SPESS	2,820	2,824	2,156	2,155	2,490	2,155
X ANDRA	38,149	39,198	38,808	38,572	37,842	38,242
Suma	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10793-19	10772-7	10772-8	10772-9	10772-10	10772-11
SiO₂	35,010	35,57	35,46	35,41	35,77	35,69
Al₂O₃	3,370	3,53	3,21	3,97	3,81	4,05
FeO	0,230	0,78	1,23	1,70	1,17	1,43
MgO	0,22	0,17	0,15	0,12	0,11	0,12
CaO	32,780	32,73	32,52	32,13	32,56	32,49
MnO	0,990	0,85	0,83	0,94	0,90	0,85
Fe₂O₃	27,520	26,97	27,55	26,40	26,61	26,32
TiO₂	0,820	0,82	0,64	0,67	0,52	0,6
Suma	100,94	101,42	101,59	101,34	101,45	101,55
Si	5,800	5,81	5,78	5,77	5,83	5,80
Al oct	0,560	0,68	0,61	0,76	0,77	0,77
Fe³⁺	3,430	3,31	3,38	3,23	3,26	3,22
Fe²⁺	0,032	0,11	0,16	0,23	0,16	0,19
Mg	0,054	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Ca	5,820	5,73	5,68	5,61	5,69	5,66
Mn	0,130	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Suma	15,826	15,79	15,76	15,75	15,86	15,78
X ALM	0,537	1,771	2,673	3,841	2,662	3,170
X PYROP	0,895	0,685	0,601	0,468	0,444	0,469
X GROSS	58,534	58,850	57,245	57,727	58,641	58,613
X SPESS	2,154	1,837	1,838	2,004	2,002	1,935
X ANDRA	37,881	36,858	37,643	35,961	36,251	35,813
Suma	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10772-15	10772-16	10772-17	10772-18	10772-19	10772-20
SiO₂	35,33	35,35	35,68	35,64	35,78	35,70
Al₂O₃	3,04	3,67	3,92	3,59	3,91	3,90
FeO	0,49	0,75	0,92	0,76	1,24	1,61
MgO	0,12	0,18	0,09	0,10	0,09	0,10
CaO	33,16	32,87	32,78	33,07	32,62	32,21
MnO	0,83	0,75	0,85	0,77	0,85	0,96
Fe₂O₃	27,86	26,79	26,41	27,03	26,52	26,50
TiO₂	0,63	0,73	0,53	0,68	0,51	0,53
Suma	100,83	100,36	100,65	100,96	101,01	100,98
Si	5,75	5,79	5,82	5,80	5,82	5,81
Al oct	0,58	0,70	0,75	0,69	0,75	0,74
Fe³⁺	3,41	3,30	3,24	3,31	3,25	3,25
Fe²⁺	0,07	0,10	0,12	0,10	0,17	0,21
Mg	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca	5,78	5,75	5,73	5,76	5,69	5,62
Mn	0,11	0,10	0,12	0,11	0,12	0,13
Suma	15,73	15,79	15,80	15,79	15,82	15,78
X ALM	1,102	1,668	2,004	1,670	2,832	3,510
X PYROP	0,484	0,701	0,351	0,384	0,367	0,384
X GROSS	58,552	59,216	59,619	59,341	58,703	57,719
X SPESS	1,903	1,718	1,954	1,754	1,999	2,173
X ANDRA	37,958	36,697	36,072	36,851	36,099	36,214
Suma	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

MUESTRA	10772-21	10772-22	10772-23
SiO ₂	35,63	35,49	35,56
Al ₂ O ₃	3,82	3,96	3,39
FeO	0,85	1,09	0,65
MgO	0,09	0,11	0,18
CaO	33,03	32,82	32,92
MnO	0,89	0,82	0,79
Fe ₂ O ₃	26,79	26,51	27,25
TiO ₂	0,53	0,58	0,81
Suma	101,10	100,80	100,74
Si	5,77	5,76	5,80
Al oct	0,73	0,76	0,65
Fe ³⁺	3,27	3,24	3,34
Fe ²⁺	0,11	0,15	0,09
Mg	0,02	0,03	0,04
Ca	5,73	5,71	5,75
Mn	0,12	0,11	0,11
Suma	15,75	15,75	15,78
X ALM	1,839	2,470	1,469
X PYROP	0,368	0,417	0,735
X GROSS	59,345	59,236	58,820
X SPESS	2,006	1,835	1,803
X ANDRA	36,443	36,042	37,173
Suma	100,000	100,000	100,000

**Análisis en la microsonda de granates
correspondientes a esquistos de ETH-161.**

Muestras Analizadas	10794-9	10794-10	10794-11	10794-12	10794-13	10794-14
SiO ₂	51,68	51,38	50,87	50,89	51,40	51,59
TiO ₂	0,08	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10
Al ₂ O ₃	1,40	1,63	1,89	1,82	1,94	1,60
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,06	0,02	0,03
MnO	0,48	0,52	0,46	0,56	0,40	0,49
MgO	11,79	11,47	11,23	10,76	11,61	11,98
CaO	23,90	23,45	23,33	23,15	23,88	24,07
Na ₂ O	0,75	0,91	0,90	0,99	0,75	0,71
FeO	6,29	6,23	6,41	6,97	6,4	5,8
Fe ₂ O ₃	4,34	4,62	5,01	5,02	4,21	4,14
Suma	100,71	100,31	100,22	100,32	100,73	100,51
Si	1,9330	1,9289	1,9163	1,9163	1,9205	1,9217
Al (IV)	0,0617	0,0711	0,0837	0,0837	0,0795	0,0783
T-Suma	1,9947	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Al (VI)	0,0000	0,0011	0,0003	0,0016	0,0071	0,0000
Ti	0,0022	0,0027	0,0034	0,0028	0,0032	0,0028
Cr	0,0000	0,0001	0,0000	0,0018	0,0007	0,0009
Fe ³⁺	0,1222	0,1305	0,1421	0,1426	0,1186	0,1166
Fe ²⁺	0,1966	0,1984	0,2019	0,2201	0,2000	0,1813
Mn	0,0152	0,0165	0,0148	0,0178	0,0128	0,0154
Mg	0,6573	0,6417	0,6303	0,6054	0,6467	0,6674
Ca	0,9576	0,9430	0,9416	0,9359	0,9564	0,9643
Na	0,0542	0,0660	0,0656	0,0721	0,0545	0,0517
Suma	2,0053	2,0000	2,0000	2,0001	2,0000	2,0004

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Piroxenos de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 161-

Muestras Analizadas	10794-15	10794-16	10794-17	10794-18	10794-19	10794-20
SiO ₂	51,19	51,72	52,04	51,55	51,83	50,94
TiO ₂	0,11	0,08	0,13	0,14	0,08	0,07
Al ₂ O ₃	1,65	1,39	1,44	1,53	1,41	1,57
Cr ₂ O ₃	0	0	0,07	0	0,01	0
MnO	0,52	0,47	0,52	0,52	0,5	0,49
MgO	11,97	12,43	12,43	11,58	12,06	11,29
CaO	24,23	24	24,06	23,31	23,57	23,67
Na ₂ O	0,76	0,74	0,61	0,91	0,68	0,8
FeO	4,89	5,12	6,01	6,51	6,73	6,3
Fe ₂ O ₃	5,16	4,35	3,25	4,06	3,25	4,83
Suma	100,48	100,3	100,56	100,11	100,12	99,96
Si	1,9154	1,9329	1,9404	1,9381	1,9448	1,9238
Al (IV)	0,0730	0,0612	0,0596	0,0619	0,0552	0,07
T-Suma	1,9884	1,9941	2,0000	2,0000	2,0000	1,9938
Al (VI)	0,0000	0,0000	0,0035	0,0058	0,0073	0
Ti	0,0030	0,0022	0,0036	0,0039	0,0024	0,002
Cr	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0003	0,0001
Fe ³⁺	0,1453	0,1223	0,0911	0,1147	0,0919	0,1373
Fe ²⁺	0,1530	0,1601	0,1875	0,2046	0,2111	0,199
Mn	0,0164	0,0149	0,0165	0,0167	0,0158	0,0158
Mg	0,6673	0,6921	0,6907	0,6488	0,6746	0,6354
Ca	0,9715	0,9607	0,9611	0,9390	0,9475	0,9578
Na	0,0551	0,0536	0,0440	0,0664	0,0491	0,0589
Suma	2,0116	2,0059	2,0000	1,9999	2,0000	2,0063

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Piroxenos de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 161-

Muestras Analizadas	10794-21	10794-22	10794-23	10794-24	10794-26	10794-27
SiO ₂	50,59	50,83	50,52	50,38	51,57	50,36
TiO ₂	0,08	0,06	0,06	0,05	0,03	0,1
Al ₂ O ₃	1,63	1,63	1,92	1,58	1,05	1,69
Cr ₂ O ₃	0	0	0,04	0	0,06	0,05
MnO	0,67	0,74	0,58	0,62	0,68	0,65
MgO	9,29	9,58	9,3	9,51	10,69	8,99
CaO	22,48	22,45	21,53	22,47	22,79	22,2
Na ₂ O	1,28	1,33	1,22	1,21	1,19	1,27
FeO	8,6	8,06	10,06	8,35	7,22	9,28
Fe ₂ O ₃	6	5,75	4,24	5,67	5,24	5,54
Suma	100,62	100,43	99,47	99,84	100,52	100,13
Si	1,9227	1,9288	1,9386	1,9261	1,9441	1,9258
Al (IV)	0,073	0,0712	0,0614	0,0711	0,0468	0,0742
T-Suma	1,9957	2,0000	2,0000	1,9972	1,9909	2,0000
Al (VI)	0	0,0016	0,0254	0	0	0,0019
Ti	0,0021	0,0017	0,0017	0,0015	0,0008	0,0027
Cr	0	0,0001	0,0012	0,0001	0,0018	0,0016
Fe ³⁺	0,1715	0,1643	0,1224	0,1631	0,1488	0,1595
Fe ²⁺	0,2733	0,2558	0,3227	0,2668	0,2278	0,2968
Mn	0,0217	0,0238	0,0189	0,0199	0,0216	0,0212
Mg	0,5262	0,542	0,5316	0,5417	0,6006	0,5123
Ca	0,9152	0,9125	0,885	0,9202	0,9205	0,9096
Na	0,0943	0,0982	0,091	0,0895	0,0872	0,0943
Suma	2,0043	2,0000	1,9999	2,0028	2,0091	1,9999

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Piroxenos de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 161-

Muestras Analizadas	10794-28
SiO ₂	50,2
TiO ₂	0,06
Al ₂ O ₃	1,79
Cr ₂ O ₃	0,01
MnO	0,63
MgO	8,96
CaO	22,22
Na ₂ O	1,27
FeO	9,15
Fe ₂ O ₃	5,42
Suma	99,71
Si	1,9265
Al (IV)	0,0735
T-Suma	2,0000
Al (VI)	0,0077
Ti	0,0016
Cr	0,0003
Fe ³⁺	0,1565
Fe ²⁺	0,2936
Mn	0,0205
Mg	0,5122
Ca	0,9134
Na	0,0942
Suma	2,0000

Tabla de muestras analizadas en la microsonda correspondientes a Piroxenos de Esquistos anfibólicos ETH - muestra 161-

Muestras Analizadas	EDH-327	EDH-50	EDH-323	EDH-323b	EDH-49	EDH-65
Elementos mayoritarios (% peso)						
SiO ₂	77.57	74.31	77.09	75.74	72.82	73.54
TiO ₂	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.16
Al ₂ O ₃	13.29	14.36	14.31	14.11	13.98	13.08
Fe ₂ O ₃	0.18	0.90	0.36	0.37	0.55	1.3
FeO	0.17	0.39	0.19	0.17		
MnO	0.01	1.00	0.04	0.04	0.1	0.03
MgO	0.20	0.16	0.19	0.18	0.03	0.59
CaO	0.36	0.36	0.51	0.51	0.32	0.82
Na ₂ O	4.86	5.47	4.82	4.73	4.8	5.68
K ₂ O	1.56	2.58	2.03	2.01	2.94	0.99
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.15	0.14	0.11	0.11
	99.38	100.53	100.71	99.25	96.76	97.84
Elementos Trazas (ppm)						
As	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	8	5	0	375
Be	0	0	0	0	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0
Co	53	7	9	8	55	49
Cr	0	0	0	0	0	0
Cs	0		0		0	0
Cu	0	8	9	0	196	20
Ga	18	14	15	17	18	11
Hf	0	1	3			
Li	0	0	0		0	0
Nb	19	9	19	18	14	11
Ni	0	0	0	0	0	3
Pb	8	17	12	11	20	7
Rb	129	211	135	136	205	55
Sb	0	0	0		0	0
Sc	2	0	0		0	0
Sn	11	11	17	12	25	6
Sr	18	11	52	52	10	227
Ta	15	5	8			
Th	9	9	17			
U	0	3	0		0	
V	0	0	0	3	0	10
Y	12	13	14	12	5	
Zn	20	17	10	8	140	27
Zr	52	39	29	25	84	81
La	0	0	0		0	0
Ce	6	2	0		0	0
Pr	0	0	0		0	0
Nd	12	11	21			

Muestras Analizadas	EDH-301	EDH-325	EDH-309	EDH-310	EDH-310 a	EDH-328
Elementos mayoritarios (% peso)						
SiO ₂	51.56	50.6	50.23	50.79	52.19	49.14
TiO ₂	0.66	0.38	0.37	0.4	0.4	0.63
Al ₂ O ₃	17.53	16.03	15.36	15.24	15.09	14.42
Fe ₂ O ₃	1.95	1.18	0.56	1.1	0.86	1.41
FeO	5.99	5.38	5.98	5.84	6.03	7.43
MnO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15
MgO	8.11	9.63	11.35	10.54	10.44	11.69
CaO	6.52	12.02	11.13	11.37	11.36	11.11
Na ₂ O	2.08	1.78	1.54	1.31	1.32	1.45
K ₂ O	1.82	0.44	0.45	0.37	0.39	0.35
P ₂ O ₅	0.11	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04
	100.03	99.12	99.7	99.33	99.89	99.68
Elementos Trazas (ppm)						
As	0	0	0	0	0	0
Ba	716	58	83	40	28	15
Be	0	0	0	0	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0
Co	66	47	42	43	39	49
Cr	339	422	1127	569	560	690
Cs	0	0	0	0	0	0
Cu	27	66	18	72	82	57
Ga	20	12	11	13	11	12
Hf	5	0	1	4	2	3
Li	0	0	0	0	0	0
Nb	9	5	5	8	6	6
Ni	161	133	156	85	162	249
Pb	2	2	2	2	0	0
Rb	54	23	26	39	23	17
Sb	0	0	0	0	0	0
Sc	30	47	38	46	39	45
Sn	15	10	15	17	12	5
Sr	151	231	129	148	118	142
Ta	15	13	15	12	19	13
Th	31	9	7	9	13	15
U	0	0	0	0	0	0
V	146	154	139	151	153	176
Y	27	14	12	25	14	18
Zn	77	38	47	63	44	55
Zr	83	26	27	78	34	48
La	0	0	0	0	0	0
Ce	30	0	0	0	0	0
Pr	0	0	0	0	0	0
Nd	29	12	18	26	16	26

Anexo III a. Tabla de análisis químico en plutonitas del Macizo del Deseado

Muestras Analizadas	EDH-330	Muestras Analizadas	ETH-100a	ETH-100b	ETH-100c	ETH-31a	ETH-31b	ETH-31c	ETH-31e
Elementos mayoritarios (% peso)		Elementos mayoritarios (% peso)							
SiO ₂	37.8	SiO ₂	71.87	75.61	73.44	72.44	72.76	73.36	74.52
TiO ₂	0.49	TiO ₂	0.06	0.04	0.1	0.03	0.05	0.05	0.05
Al ₂ O ₃	8.77	Al ₂ O ₃	13	13.62	13.49	11.86	13.91	12.39	13
Fe ₂ O ₃	1.96	Fe ₂ O ₃	0.03	0.02	0.04	0.15	0.01	0.1	0.05
FeO	8.32	FeO	0.51	0.38	0.54	0.88	0.47	0.47	0.046
MnO	0.27	MnO	0.01	0.01	0.01	0.2	0.01	0.02	0.01
MgO	15	MgO	0.29	0.25	0.31	0.27	0.22	0.23	0.23
CaO	8.42	CaO	0.95	1.19	1.16	3.57	1.08	1.89	0.95
Na ₂ O	0	Na ₂ O	4.26	5.52	5.36	3.42	4.41	4.06	4.45
K ₂ O	0.01	K ₂ O	4.19	2.51	2.66	4.09	4.55	3.78	3.81
P ₂ O ₅	0.07	P ₂ O ₅	0.03	0.02	0.02	0.03	0.14	0.07	0.07
	99.1		96.33	100.19	98.42	100.05	98.57	98.57	98.71
Elementos Trazas (ppm)		Elementos Trazas (ppm)							
As	0	As							
Ba	6	Ba	2536	1835	1973	2049	2378	2167	2511
Be	0	Be							
Bi	0	Bi							
Co	65	Co	64	25	19	82	7	15	50
Cr	2005	Cr	0	0	0	0	0	0	0
Cs	0	Cs							
Cu	48	Cu	0	0	0	0	0	0	0
Ga	8	Ga	13	14	13	11	14	13	12
Hf	0	Hf				0	3	0	0
Li	0	Li							
Nb	6	Nb	10	9	9	8	1	13	8
Ni	729	Ni	0	0	0	0	0	0	7
Pb	6	Pb	46	28	41	38	49	37	32
Rb	3	Rb	75	44	45	74	84	66	73
Sb	0	Sb	0						
Sc	29	Sc	178			6	2	3	0
Sn	28	Sn		14	0	0	6	0	0
Sr	107	Sr		202	191	158	170	167	155
Ta	7	Ta				10	8	8	9
Th	11	Th				10	13	7	11
U	0	U				0	0	0	0
V	149	V	3	0	2	3	0	2	4
Y	16	Y	10	11	13	17	14	11	9
Zn	77	Zn	11	3	9	15	11	14	11
Zr	41	Zr	15	19	15	11	5	17	0
La	0	La							
Ce	0	Ce				0	0	1	13
Pr	0	Pr							
Nd	19	Nd				13	2	0	0

Análisis químicos
de filones capa pérmicos de EDH

Análisis químicos de granitos de ETH

Muestras Analizadas	EES-4	EES-5	EES-8	EES-19	EES-109	EES-321
Elementos mayoritarios (% peso)						
SiO ₂	72.21	74.14	73.99	74.36	66.61	74.13
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.06	0	0.01
Al ₂ O ₃	15.23	14.62	14.47	12.63	18.11	13.74
Fe ₂ O ₃	0.14	0.1	0.06	0.06	0.04	0.03
FeO	0.32	0.05	0.33	0.28	0.14	0.01
MnO	0.11	0.02	0.09	0.01	0.01	0
MgO	0.14	0.23	0.16	0.2	0.11	0.09
CaO	0.86	1.89	1.61	0.34	0.87	0.12
Na ₂ O	3.24	4.06	3.38	1.78	4.58	2.32
K ₂ O	7.02	3.78	5.11	7.75	8.36	8.52
P ₂ O ₅	0.02	0.07	0.01	0.1	0.04	0.17
	99.83	99.53	99.77	98.57	99.88	99.72
Elementos Trazas (ppm)						
As						
Ba	278	201	498	1502	134	131
Be						
Bi						
Co	65	35	11	16	59	38
Cr	0	0	0	0	0	0
Cs						
Cu	0	0	0	0	0	0
Ga	18	14	16	8	20	10
Hf	6	4	1	0	0	0
Li						
Nb	4	0	1	6	9	2
Ni	0	0	0	2	0	0
Pb	75	80	71	67	31	42
Rb	205	165	105	180	382	241
Sb						
Sc	0	2	1	5	0	0
Sn	0	21	0	21	0	9
Sr	210	165	187	207	43	74
Ta	11	8	8	5	10	14
Th	30	17	17	13	21	14
U	0	0	0	0	0	0
V	3	0	0	15	0	0
Y	60	22	38	37	19	3
Zn	0	1	2	5	1	4
Zr	39	28	41	5	14	0
La						
Ce	26	0	0	17	5	8
Pr						
Nd	32	13	0	4	20	13

Análisis químicos de granitos de EES

Muestras Analizadas	EES-568	EES-90	EES-14	EES-400	EES-384	EES-387	EES-390
Elementos mayoritarios (% peso)							
SiO ₂	71.32	67.27	73.23	74.26	76.37	54.97	76.04
TiO ₂	0.21	0.35	0.1	0.04	0.08	1.35	0.03
Al ₂ O ₃	15.62	16.44	15.08	14.65	12.08	16.21	12.37
Fe ₂ O ₃	0.23	0.74	0.19	0.26	0.45	1.99	0.2
FeO	1.11	2.98	0.45	0.47	0.68	5.8	0.45
MnO	0.02	0.18	0.01	0.03	0.01	0.14	0.01
MgO	0.55	1.31	0.47	0.16	0.13	4.35	0.13
CaO	1.59	4.03	2.94	1.15	0.11	7.14	0.54
Na ₂ O	4.22	3.34	2.95	3.77	3.72	3.66	3.92
K ₂ O	4.3	1.87	4.31	4.27	4.54	1.44	4.39
P ₂ O ₅	0.04	0.14	0.02	0.02	0	0.22	0
	100.45	99.84	100.71	99.91	99.32	99.44	98.81
Elementos Trazas (ppm)							
As							
Ba	501	203	1339	525	177	238	0
Be							
Bi							
Co	31	19	25	2	72	64	29
Cr	0	0	0	0	0	63	0
Cs							
Cu	0	0	0	0	0	0	0
Ga	22	18	16	15	17	18	18
Hf							
Li							
Nb	7	14	7	7	31	26	17
Ni	0	0	0	0	0	2	0
Pb	62	17	26	26	32	0	37
Rb	167	87	98	98	196	60	227
Sb							
Sc							
Sn	19	2	14	4	10	0	13
Sr	225	311	436	265	42	308	15
Ta							
Th							
U							
V	8	31	7	2	8	148	4
Y	13	38	10	10	72	36	33
Zn	45	65	19	19	48	72	22
Zr	60	135	26	36	179	185	77
La							
Ce					0	0	
Pr							
Nd					22	22	

Análisis químicos de diques de EES

Anexo III a. Tabla de análisis químico en plutonitas del Macizo del Deseado

Muestra	EES-29a	EES-29	EES-385a	EES-385	EES-100a	EES-100	EES-22
SiO ₂	74.53	74.55	76.43	76.57	75.20	75.07	76.21
TiO ₂	0.14	0.14	0.08	0.08	0.12	0.12	0.09
Al ₂ O ₃	12.99	13.03	12.37	12.43	12.84	12.75	12.47
Fe ₂ O ₃	0.53	0.55	0.66	0.42	0.43	0.43	0.94
FeO	0.18	0.17	0.10	0.32	0.66	0.67	0.02
MnO	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00
CaO	0.59	0.59	0.12	0.12	0.74	0.74	0.27
Na ₂ O	2.94	2.94	2.96	2.95	3.16	3.16	2.85
K ₂ O	6.29	6.31	4.91	4.93	4.80	4.79	5.56
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O ⁺	0.52	0.48	0.85	0.78	0.54	0.65	0.49
H ₂ O ⁻	0.15	0.06	0.37	0.31	0.25	0.16	0.07
Suma	99.23	99.03	99.12	99.10	99.08	99.05	99.12
CO ₂	0.35	0.19	0.26	0.18	0.29	0.43	0.14
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	174	217	243	272	309	309	66
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Co	39	38	17	18	44	42	28
Cr	0	0	0	0	0	0	0
Cs					0	0	
Cu	14	23	24	34	21	15	20
Ga	14	17	25	20	15	125	22
Hf	8	15	0	6	8	10	5
Li							
Nb	15	16	13	15	13	13	11
Ni	23	25	28	30	31	27	27
Pb					0	0.00	
Rb	188	191	291	293	128		210
Sb					0	0	
Sc					0	0	
Sn					0.00	0	
Sr	83	84	25	25	38	36	6
Ta					0.00	0.00	
Th					0.00	0.00	
U					0.00	0.00	
V	19	23	23	27	23	23	19
Y	36	26	41	41	12	12	78
Zn	17	13	33	38	28	25	39
Zr	308	313	61	62	142	156	79
Zr/Y					0.00	0.00	
Zr/Nb					0.00	0.00	
La					0.00	0.00	
Ce	177.00	168.00	49.00	40.00	73	77.00	68.00
Pr					0	0	
Nd					0	0	
Pm					0	0	
Sm					0	0	
Eu					0	0	
Gd					0	0	
Dy							
Ho					0.00	0.00	
Er					0.00	0.00	
Yb					0.00	0.00	
Lu					0.00	0.00	

Tabla de análisis químicos del Plutón Lag. Jorge

Anexo III a. Tabla de análisis químico en plutonitas del Macizo del Deseado

Muestra	EES-21	EES-25a	EES-25	EES-386	EES-388	EES-389	EES-391
SiO ₂	56.95	53.69	53.99	54.06	52.00	49.99	49.96
TiO ₂	0.97	1.20	1.21	1.45	0.87	1.23	1.74
Al ₂ O ₃	19.43	16.00	16.17	16.36	18.82	18.77	16.70
Fe ₂ O ₃	2.22	2.31	2.09	2.18	0.84	2.22	2.78
FeO	5.37	6.03	6.25	6.05	6.23	5.65	6.98
MnO	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.18
MgO	0.60	5.51	5.54	4.28	5.14	4.68	5.80
CaO	4.98	8.60	8.65	6.31	7.96	8.09	8.68
Na ₂ O	5.57	3.10	3.17	3.53	3.64	3.55	3.34
K ₂ O	1.07	0.80	0.80	1.99	1.03	0.88	0.79
P ₂ O ₅	0.15	0.09	0.09	0.21	0.17	0.21	0.21
H ₂ O ⁺	1.37	1.72	1.55	2.43	2.51	1.55	1.85
H ₂ O ⁻	0.12	0.29	0.15	0.36	0.36	0.51	0.21
Suma	99.04	99.77	100.04	99.83	99.85	99.04	99.81
CO ₂	0.11	0.27	0.22	0.47	0.13	1.56	0.59
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	693	123	123	379	351	587	189
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Co	27	46	52	48	42	45	56
Cr	0	74	66	37	78	66	42
Cs							
Cu	5	44	49	13	42	37	37
Ga	25	12	15	15	23	19	11
Hf	41	4	0	10	2	8	0
Li							
Nb	22	12	12	15	16	22	17
Ni	17	32	31	14	43	40	22
Pb							
Rb	29	28	28	81	39	25	28
Sb							
Sc							
Sn							
Sr	375	247	249	351	382	398	265
Ta							
Th							
U							
V	44	224	216	37	138	141	247
Y	45	28	30	32	36	42	34
Zn	118	64	65	79	65	74	78
Zr	1639	130	127	202	345	120	172
Zr/Y							
Zr/Nb							
La							
Ce	94	53.00	41	39.00	59.00	71.00	36.00
Pr							
Nd							
Pm							
Sm							
Eu							
Gd							
Dy							
Ho							
Er							
Yb							
Lu							

Tabla de análisis químicos del Plutón Lag. Gregorio

Anexo III a. Tabla de análisis químico en plutonitas del Macizo del Deseado

Muestra	EES-398a	EES-398	EES-529a	EES-529	EES-567a	EES-567	EES-398a	EES-398	EES-529a	EES-529
SiO ₂	62.64	62.49	63.99	64.06	63.90	63.72	62.64	62.49	63.99	64.06
TiO ₂	0.67	0.69	0.48	0.50	0.70	0.68	0.67	0.69	0.48	0.50
Al ₂ O ₃	16.71	16.80	16.98	16.99	15.74	15.84	16.71	16.80	16.98	16.99
Fe ₂ O ₃	1.21	1.43	1.75	1.63	1.61	1.85	1.21	1.43	1.75	1.63
FeO	3.48	3.37	2.01	2.11	3.12	2.77	3.48	3.37	2.01	2.11
MnO	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10
MgO	2.23	2.25	1.95	1.96	2.13	2.05	2.23	2.25	1.95	1.96
CaO	5.07	5.15	3.72	3.71	4.58	4.52	5.07	5.15	3.72	3.71
Na ₂ O	3.05	3.09	2.94	2.94	2.78	2.83	3.05	3.09	2.94	2.94
K ₂ O	1.71	1.74	3.12	3.12	2.20	2.27	1.71	1.74	3.12	3.12
P ₂ O ₅	0.17	0.17	0.13	0.13	0.17	0.16	0.17	0.17	0.13	0.13
H ₂ O ⁺	1.63	1.56	2.10	1.75	2.01	1.98	1.63	1.56	2.10	1.75
H ₂ O ⁻	0.08	0.03	0.10	0.19	0.14	0.19	0.08	0.03	0.10	0.19
Suma	99.04	99.11	99.81	99.66	99.33	99.10	99.04	99.11	99.81	99.66
CO ₂	0.28	0.23	0.44	0.47	0.14	0.14	0.28	0.23	0.44	0.47
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
Ba	315	306	419	460	380	367	315	306	419	460
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00
Co	36	32	42	40	29	54	36	32	42	40
Cr	10	16	19	22	15	19	10	16	19	22
Cs							0	0	0	0
Cu	31	25	24	23	25	22	31	25	24	23
Ga	23	18	20	22	23	27	23	18	20	22
Hf	8	12	0	3	2	4	8	12	0	3
Li							0	0	0	
Nb	15	14	20	20		16	15	14	20	20
Ni	28	30	42	40	24	25	28	30	42	40
Pb							0	0	0	0
Rb	89	90	115	111	117	121	89	90	115	111
Sb							0	0.00	0	0
Sc							0	0.00	0	0
Sn							0	0	0.00	0.00
Sr	393	395	274	272	389	395	393	395	274	272
Ta							0	0	0.00	0.00
Th							0	0	0.00	0.00
U							0	0	0.00	0.00
V	110	109	89	86	115	112	110	109	89	86
Y	24	26	26	29	20	20	24	26	26	29
Zn	86	85	58	58	79	74	86	85	58	58
Zr	163	182	144	150	161	159	163	182	144	150
Zr/Y							0	0	0.00	0.00
Zr/Nb							0	0	0.00	0.00
La							0	0	0.00	0.00
Ce	49.00	32.00	49.00	57.00	58.00	43.00	49	32	49.00	57
Pr							0	0	0	0
Nd							0	0	0	0
Pm							0	0.00	0	0
Sm							0	0.00	0	0
Eu							0	0.00	0	0
Gd							0	0.00	0	0
Dy							0	0.00	5	
Ho							0	0.00	0.00	0.00
Er							0	0.00	0.00	0.00
Yb							0	0.00	0.00	0.00
Lu							0	0.00	0.00	0.00

Tabla de análisis químicos del Plutón El Laurel

NORMA CIPW (% en peso)

Muestras Analizadas	EDH-327	EDH-50	EDH-323	EDH-323b	EDH-49	EDH-65
Qz	43.1	30.6	40.1	40	34.4	35.1
Cor	3.3	2.2	3.6	3.6	2.7	1.5
Or	9.4	15.3	12	12.1	18.2	6.1
Ab	41.8	46.5	40.9	40.8	42.5	50
An	1.1	1	1.6	1.6	0.9	3.5
En	0.5	0.4	0.5	0.5	0.1	1.5
Fs	0.5	3.1	0.8	0.8	0.9	1.4
Ap	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2

Muestras Analizadas	EDH-301	EDH-325	EDH-309	EDH-310 a	EDH-328
Qz	2.3	0	0	3.9	0
Cor	0.6		0	0	0
Or	11.2	2.7	2.7	2.3	2.1
Ab	18.3	15.4	13.4	11.4	12.5
An	32.8	35.3	34.6	34.7	32.5
En	20.9	17.2	21.2	19.9	18.1
Fs	10.2	6.2	6.5	7	7
Ap	0.2	0	0	0	0.1

Composición mineral normativa según norma CIPW en gabro localizado en Estancia Dos Hermanos (EDH).

Muestras Analizadas	EES-321	EES-568	EES-90
Qz	28.1	25.7	28.7
Cor	0.7	1.2	1.9
Or	50.8	25.6	11.2
Ab	19.8	36	28.6
An	0	7.7	19.3
En	0.2	1.4	3.3
Fs	0	1.5	4.8
Ap	2.2	0.1	0.3

Composición mineral normativa según norma CIPW en plutonitas del Macizo del Deseado

NORMA CIPW (% en peso)

Muestras	ETH-100a	ETH-100b	ETH-100c	ETH-31a	ETH-31b	ETH-31c
Analizadas						
Qz	29.9	31.2	29.9	31.9	27.8	32.9
Cor	0	0	0	0	0.1	0
Or	26	15	16.2	24.9	27.5	23.2
Ab	37.9	47.1	46.7	29.8	38.2	35.6
An	4.2	5	5	5.1	4.6	4.6
En	0.6	0.4	0.6	0	0	0
Fs	0.6	0.4	0.5	0	0	0
Ap	0.1	0	0	0.1	0.3	0.2

Muestras	ETH-31e	EES-4	EES-5	EES-8	EES-19	EES-109
Analizadas						
Qz	32.8	24.3	32.1	31.1	34.3	6
Cor	0	0.8	0.6	0.5	1	0
Or	23.2	41.8	22.6	30.4	46.9	50
Ab	38.7	27.6	34.7	28.8	15.4	39
An	4.4	4.2	9	8	1.1	4.1
En	0.6	0.3	0.6	0.4	0.5	0.3
Fs	0	0.8	0.2	0.7	0.4	0.3
Ap	0.2	0	0.2	0	0.2	0.1

Tabla : Composición mineral normativa según norma CIPW en plutonitas localizados en Estancia El Sacrificio (EES).

Muestras	EES-14	EES-400	EES-384	EES-387	EES-390
Analizadas					
Qz	32.4	33.2	37	5.7	35.4
Cor	0.3	1.8	0.9	0	0.2
Or	25.5	25.5	27.3	8.8	26.5
Ab	25	32.2	32.1	31.9	33.8
An	14.5	5.6	0.6	24.2	2.7
En	1.2	0.4	0.3	8.7	0.3
Fs	0.7	1	1.4	6.6	0.9
Ap	0	0	0	0.5	0

Composición mineral normativa según norma CIPW en diques localizados en Estancia El Sacrificio (EES).

NORMA CIPW (% en peso)

Muestras Analizadas	EES-100	EES-100a	EES-21	EES-22	EES-25	EES-29
Qz	36.9	37	5.5	37.9	5	32.3
Cor	1	1.1	0.4	1.3	-	0.3
Or	28.9	28.9	6.5	33.4	4.8	37.9
Ab	27.3	27.3	48.4	24.5	27.4	25.3
An	3.8	3.7	24.4	1.4	28.1	3
En	-	-	-	-	3.6	-
Fs	-	-	-	-	2.4	-
Ap	-	-	0.3	-	0.2	-

Muestras Analizadas	EES-29a	EES-384	EES-385	EES-385a	EES-386	EES-387
Qz	32.4	37	40.8	40.8	4.3	5.7
Cor	0.3	0.9	2.1	2	-	-
Or	37.9	27.3	29.8	29.7	12.2	8.8
Ab	25.3	32.1	25.5	25.7	31	31.9
An	3	0.6	0.6	0.6	23.7	24.2
En	-	-	-	-	1.6	2.4
Fs	-	-	-	-	1.3	1.9
Ap	-	-	-	-	0.5	0.5

Muestras Analizadas	EES-388	EES-389	EES-391	EES-398	EES-398a	EES-529
Qz	0.2	-	-	22.1	22.9	23.3
Cor	-	-	-	0.9	1.1	2.4
Or	6.3	5.5	4.8	10.6	10.4	19
Ab	31.8	31.5	29.1	26.9	26.6	25.6
An	33	34.3	29.1	25.1	24.8	18.1
En	1.6	1.5	3.2	-	-	-
Fs	1	1.1	2.3	-	-	-
Ap	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3

Muestras Analizadas	EES-529a	EES-567	EES-567a
Qz	23.2	24.8	25.2
Cor	2.4	0.9	0.9
Or	19	13.9	13.4
Ab	25.6	24.8	24.3
An	18.1	22.1	22.3
En	-	-	-
Fs	-	-	-
Ap	0.3	0.4	0.4

Composición mineral normativa según norma CIPW en plutonitas del
Macizo del Deseado

NORMA CIPW (% en peso)

Muestras Analizadas	EES-100	EES-100a	EES-21	EES-22	EES-25	EES-29
Qz	36.9	37	5.5	37.9	5	32.3
Cor	1	1.1	0.4	1.3	-	0.3
Or	28.9	28.9	6.5	33.4	4.8	37.9
Ab	27.3	27.3	48.4	24.5	27.4	25.3
An	3.8	3.7	24.4	1.4	28.1	3
En	-	-	-	-	3.6	-
Fs	-	-	-	-	2.4	-
Ap	-	-	0.3	-	0.2	-

Muestras Analizadas	EES-29a	EES-384	EES-385	EES-385a	EES-386	EES-387
Qz	32.4	37	40.8	40.8	4.3	5.7
Cor	0.3	0.9	2.1	2	-	-
Or	37.9	27.3	29.8	29.7	12.2	8.8
Ab	25.3	32.1	25.5	25.7	31	31.9
An	3	0.6	0.6	0.6	23.7	24.2
En	-	-	-	-	1.6	2.4
Fs	-	-	-	-	1.3	1.9
Ap	-	-	-	-	0.5	0.5

Muestras Analizadas	EES-388	EES-389	EES-391	EES-398	EES-398a	EES-529
Qz	0.2	-	-	22.1	22.9	23.3
Cor	-	-	-	0.9	1.1	2.4
Or	6.3	5.5	4.8	10.6	10.4	19
Ab	31.8	31.5	29.1	26.9	26.6	25.6
An	33	34.3	29.1	25.1	24.8	18.1
En	1.6	1.5	3.2	-	-	-
Fs	1	1.1	2.3	-	-	-
Ap	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3

Muestras Analizadas	EES-529a	EES-567	EES-567a
Qz	23.2	24.8	25.2
Cor	2.4	0.9	0.9
Or	19	13.9	13.4
Ab	25.6	24.8	24.3
An	18.1	22.1	22.3
En	-	-	-
Fs	-	-	-
Ap	0.3	0.4	0.4

Composición mineral normativa según norma CIPW en plutonitas del
Macizo del Deseado