

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	XENOLITOS MANTÉLICOS	1
1.2	MARCO GEOLÓGICO	3
1.2.1	<i>Marco geodinámico de la Patagonia Austral</i>	3
1.2.1.1	Marco geodinámico del Campo Volcánico Pali Aike	4
1.2.2	<i>Geología del Campo Volcánico Pali Aike</i>	7
1.2.2.1	Sucesión volcánica del Campo Volcánico Pali Aike	7
1.2.2.2	Petrografía y química mineral	10
1.2.2.3	Geoquímica de las rocas volcánicas del Campo Volcánico Pali Aike	10
1.2.2.4	Xenolitos ultramáficos	13
1.3	OBJETIVO GENERAL	20
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.5	HIPÓTESIS	20
2	METODOLOGÍA	21
2.1	PETROGRAFÍA MACROSCÓPICA	21
2.2	PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ESTUDIO PETROGRÁFICO	22
2.3	PETROGRAFÍA MICROSCÓPICA	23
2.3.1	<i>Microscopio óptico</i>	23
2.3.2	<i>Microscopio electrónico de barrido</i>	23
2.4	CONTEO MODAL	23
2.5	MICROSONDA ELECTRÓNICA	24
2.6	GEOTERMOBAROMETRÍA	25
3	RESULTADOS	28
3.1	PETROGRAFÍA Y CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	28
3.1.1	<i>Caracterización de los xenolitos</i>	28
3.1.1.1	Lherzolitas	29
3.1.1.1.1	Lherzolitas con espinela	29
3.1.1.1.2	Lherzolita con granate	32
3.1.1.1.2.1	Perfiles composicionales	33
3.1.1.1.3	Lherzolitas con granate y espinela	36
3.1.1.2	Harzburgitas	39
3.1.1.2.1	Harzburgita con espinela y granate	39
3.1.1.2.2	Harzburgita con espinela	40
3.2	QUÍMICA MINERAL	42
3.2.1	<i>Olivino</i>	42

3.2.2	<i>Clinopiroxeno</i>	43
3.2.3	<i>Ortopiroxeno</i>	45
3.2.4	<i>Granate</i>	46
3.2.5	<i>Óxidos</i>	47
3.3	CLASIFICACIÓN DE LOS XENOLITOS	49
3.4	MINERALOGÍA DE SULFUROS.....	50
3.4.1	<i>Localización micro-estructural de sulfuros</i>	50
3.4.1.1	Incluidos en silicatos	50
3.4.1.2	Ubicados en venillas intersticiales.....	51
3.4.1.3	Ubicados en zonas de reacción	52
3.4.2	<i>Distribución y composición de los sulfuros</i>	52
3.4.2.1	Composición química de los sulfuros	54
4	DISCUSIÓN	55
4.1	PETROGÉNESIS DE XENOLITOS	55
4.1.1	<i>Relaciones texturales y grados de fusión parcial</i>	55
4.1.2	<i>Metasomatismo</i>	59
4.1.2.1	Metasomatismo modal	59
4.1.2.2	Metasomatismo críptico	60
4.1.3	<i>Geotermobarometría de silicatos y espinelas</i>	62
4.1.4	<i>Mineralogía de sulfuros y temperaturas de equilibrio</i>	64
4.1.5	<i>Origen de los xenolitos</i>	66
4.1.6	<i>Consideraciones sobre la calidad de los datos químicos</i>	70
5	CONCLUSIONES	71
6	BIBLIOGRAFÍA	73
7	ANEXOS	79
7.1	ANEXO A: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA MACROSCÓPICA DE XENOLITOS ULTRAMÁFICOS.....	79
7.2	ANEXO B: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA INICIAL DE LOS CORTES TRANSPARENTES ...	80
7.3	ANEXO C: TABLAS DE DATOS	93
7.4	ANEXO D: PERFILES COMPOSICIONALES.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LOCALIDADES Y CÓDIGOS DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS	22
TABLA 2. GEOBARÓMETROS Y GEOTERMÓMETROS APLICADOS EN ESTE ESTUDIO.....	27
TABLA 3. NORMALIZACIÓN DE PORCENTAJES DE OPX, CPX Y OL PARA ASIGNACIÓN DE NOMBRE A LA ROCA. OPX= ORTOPIROXENO, CPX= CLINOPIROXENO, OL=OLIVINO.....	28
TABLA 4. TABLA RESUMEN DE FÓRMULAS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES MINERALES EN LAS MUESTRAS ESTUDIADAS.....	48
TABLA 5. TABLA RESUMEN CON #MG PROMEDIO EN SILICATOS, Y #MG Y #CR PROMEDIO EN ESPINELAS.....	48
TABLA 6. COMPOSICIONES SEMI-CUANTITATIVAS DE VENILLAS ENCONTRADAS EN LA HARZBURGITA CON ESPINELA RU-3, HARZBURGITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-01 Y LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5.	60
TABLA 7. RESULTADOS DE CONDICIONES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CON DIFERENTES GEOTERMÓMETROS Y GEOBARÓMETROS. KB90: KÖHLER Y BREY, 1990; NT00: NIMIS Y TAYLOR, 2000; BKN90: BREY Y KÖHLER, 1990; BA91: BALLHAUS <i>ET AL</i> , 1991; HA84: HARLEY, 1984.....	63
TABLA 8. TABLA RESUMEN DE LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS DE LOS XENOLITOS ULTRAMÁFICOS.....	79
TABLA 9. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN LT-01.....	80
TABLA 10. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN LT-5.....	82
TABLA 11. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN PA-LA7.....	84
TABLA 12. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN RU-3.....	86
TABLA 13. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN SAL-1.....	88
TABLA 14. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN SAL-4.....	90
TABLA 15. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN SAL-5.....	92
TABLA 16. DETALLE DE CONTEO MODAL. OPX : ORTOPIROXENO. CPX: CLINOPIROXENO. OL: OLIVINO. ESP: ESPINELA. GRT: GRANATE. COMO VACÍO SE CONSIDERAN AQUELLOS ESPACIOS DE CADA CORTE DONDE NO HAY MINERALES.....	93
TABLA 17. DATOS SEMI-CUANTITATIVOS DE PARES DE OLIVINOS Y ESPINELAS, SEM DETECTOR EDS.....	94
TABLA 18. DATOS SEMI-CUANTITATIVOS DE SULFUROS, SEM DETECTOR EDS.....	95
TABLA 19. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE OLIVINO (OL). LOS NÚMEROS CON ASTERISCO (*) SON LOS ORIGINALES RECALCULADOS AL 100% Y SE CONSIDERAN SEMI-CUANTITATIVOS.....	96
TABLA 20. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE OLIVINOS EN BASE A 4 OXÍGENOS.....	97
TABLA 21. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE ORTOPIROXENO (OPX). LOS NÚMEROS CON ASTERISCO (*) SON LOS ORIGINALES RECALCULADOS AL 100% Y SE CONSIDERAN SEMI-CUANTITATIVOS.....	98
TABLA 22. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE ORTOPIROXENOS EN BASE A 6 OXÍGENOS.....	98
TABLA 23. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE CLINOPIROXENO (CPX). LOS NÚMEROS CON ASTERISCO (*) SON LOS ORIGINALES RECALCULADOS AL 100% Y SE CONSIDERAN SEMI-CUANTITATIVOS.....	99
TABLA 24. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE CLINOPIROXENOS EN BASE A 6 OXÍGENOS.....	100
TABLA 25. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE ESPINELA (ESP). LOS NÚMEROS CON ASTERISCO (*) SON LOS ORIGINALES RECALCULADOS AL 100% Y SE CONSIDERAN SEMI-CUANTITATIVOS.....	101
TABLA 26. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE ESPINELAS EN BASE A 32 OXÍGENOS.....	101
TABLA 27. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE GRANATE (GT). LOS NÚMEROS CON ASTERISCO (*) SON LOS ORIGINALES RECALCULADOS AL 100% Y SE CONSIDERAN SEMI-CUANTITATIVOS.....	102
TABLA 28. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE GRANATES EN BASE A 12 OXÍGENOS.....	103

TABLA 29. ANÁLISIS DE MICROSONDA DE ILMENITA. EL NÚMERO CON ASTERISCO (*) ES EL ORIGINAL RECALCULADO AL 100% Y SE CONSIDERA SEMI-CUANTITATIVOS.....104

TABLA 30. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE FÓRMULA ESTRUCTURAL DE ILMENITA.104

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. ESQUEMA DE LA CONFIGURACIÓN GEODINÁMICA DE LA PATAGONIA AUSTRAL Y DEL OCEANO PACÍFICO (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000, PÁG. 209)4
- FIGURA 2. ESQUEMA MOSTRANDO LA APERTURA DE UNA VENTANA ASTENOSFÉRICA (*SLAB-WINDOW*) BAJO LA PLACA SUDAMERICANA DESDE HACE 14 MA. PA, POSICIÓN PRESENTE DE PALI AIKE. ÁREAS GRISES: PROYECCIÓN EN SUPERFICIE DE LA REGIÓN LIBRE DE *SLAB*; ÁREAS NEGRAS: LAVAS DE PLATEAU PATAGÓNICO RELACIONADAS A *SLAB-WINDOW*; FLECHAS GRISES: FLUJOS DE MANTO ASTENOSFÉRICO; FLECHAS NEGRAS: MOVIMIENTO DE PLACAS RELATIVO A SUDAMERICA FIJO; LÍNEAS NEGRAS GRUESAS: SEGMENTOS DEL LA DORSAL DE CHILE; DELGADAS LÍNEAS PUNTEADAS: ZONAS DE FRACTURA OCEÁNICAS (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000).6
- FIGURA 3. MAPA GEOLÓGICO DEL CAMPO VOLCÁNICO PALI AIKE. SECUENCIA VOLCÁNICA DIVIDIDA EN TRES UNIDADES QUE CONFORMAN EL CAMPO VOLCÁNICO PALI AIKE (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000, PÁG. 411).9
- FIGURA 4. A, B Y C: PATRONES DE REE NORMALIZADOS A CONDRIITO DE ROCAS VOLCÁNICAS DE PALI AIKE SUBDIVIDIDAS EN LAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS U1, U2 Y U3. TAMBIÉN SE GRAFICA EL PATRÓN DE OIB PROMEDIO DE SUN & MCDONOUGH (1989). VALORES NORMALIZADOS A PARTIR DE MCDONOUGH & SUN (1995). (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000). D, E Y F: PATRONES DE ELEMENTOS INCOMPATIBLES NORMALIZADOS A MANTO PRIMITIVO, DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE PALI AIKE SUBDIVIDIDAS EN LAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS U1, U2 Y U3. SE GRAFICA TAMBIÉN LOS VALORES PROMEDIO DE OIB DE SUN & MCDONOUGH (1989) PARA COMPARAR. NORMALIZACIÓN DE VALORES A PARTIR DE MCDONOUGH & SUN (1995). (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000)12
- FIGURA 5. DIAGRAMA DE $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ PARA LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE PALI AIKE Y OTRAS ZONAS VOLCÁNICAS CENOZOICAS DE SUDAMÉRICA (MODIFICADO DE D'ORAZIO *ET AL.*, 2000).13
- FIGURA 6. ZONACIONES DE BORDE A BORDE DE CONCENTRACIONES DE CA (CÍRCULOS) Y AL (CUADRADOS) (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) A LO LARGO DE GRANOS DE ORTOPIROXENO EN PERIDOTITAS CON GRANATE Y ESPINELA. LAS TEMPERATURAS DE LOS NÚCLEOS Y BORDES FUERON CALCULADAS CON LOS TERMÓMETROS DE CA EN ORTOPIROXENO Y EL DE DOS PIROXENOS DE BREY Y KOHLER (1990). EL PRIMERO ES EL DE LA IZQUIERDA DEL SLASH Y EL SEGUNDO ES EL DE LA DERECHA. BASADO EN EL ANÁLISIS DE MÚLTIPLES PARES DE GRANOS, LOS ERRORES EN LAS TEMPERATURAS CALCULADAS SON ESTIMADOS DE 20°C PARA LOS NÚCLEOS Y DE 12°C PARA LOS BORDES. (MODIFICADO DE STERN *ET AL.*, 1990, PÁG. 222).15
- FIGURA 7. CONTENIDOS DE CAO Y Al_2O_3 DE ROCA TOTAL DE XENOLITOS DE PALI AIKE (SÍMBOLOS VACÍOS) GRAFICADOS VERSUS #MG Y COMPARADOS CON DOS ESTIMACIONES DIFERENTES PARA EL MANTO PRIMITIVO (DIAMANTES SÓLIDOS, PM1: HOFFMAN, 1988; PM2, ALLÈGRE *ET AL.*, 1995; PM3, PALME Y NICKEL, 1985; PM4, RINWOOD, 1979; PM5, MCDONOUGH, 1990), Y COMPILACIONES PUBLICADAS DE COMPOSICIONES PROMEDIOS DE XENOLITOS PERIDOTÍTICOS CON ESPINELA Y GRANATE (CUADRADOS SÓLIDOS, SPP-1 Y GTP-1, MAALOE Y AOKI, 1975; SPP-2, MCDONOUGH, 1990). MUESTRAS CON MÚLTIPLES ANÁLISIS (LS33, LS101, TM1, TM2 Y BN50) ESTÁN CONECTADOS CON LÍNEAS PUNTEADAS Y EL PROMEDIO DE LAS LHERZOLITAS CON GRANATE DE PALI AIKE ESTÁ INDICADO POR EL CUADRADO SÓLIDO PA. LA FIGURA ILUSTRRA LA SIMILITUD DE ELEMENTOS MAYORES ENTRE LHERZOLITAS CON GRANATE DE PALI AIKE Y ESTIMACIONES DEL MANTO PRIMITIVO, Y DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE ESTAS LHERZOLITAS Y LAS HARZBURGITAS CON GRANATE Y ESPINELA (MODIFICADO DE STERN *ET AL.*, 1999).16
- FIGURA 8. ZONACIÓN LITOLÓGICA DE LA LITÓSFERA CONTINENTAL BAJO EL SUR DE SUDAMÉRICA BASADA EN LOS DATOS CALCULADOS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE LOS XENOLITOS DE PALI AIKE. GRANULITAS MÁFICAS OCURREN EN LA PORCIÓN MÁS PROFUNDA DE LA CORTEZA CONTINENTAL (SELVERSTONE Y STERN, 1983). HARZBURGITAS INFÉRTILES CON ESPINELA PREDOMINAN EN LA SECCIÓN SUPERIOR Y MEDIA DEL MANTO, MIENTRAS QUE LA PORCIÓN MÁS PROFUNDA DE LA LITÓSFERA

CONSISTE EN LHERZOLITAS FÉRTILES CON GRANATE. LA MÁS INFERIOR DE LA LITÓSFERA FUE MODIFICADA POR METASOMATISMO CRÍPTICO Y MODAL RELACIONADO A LA GENERACIÓN DE LOS BASALTOS DE PALI AIKE (MODIFICADO DE STERN *ET AL.*, 1999).

.....	17
FIGURA 9. FOTOGRAFÍAS DE XENOLITOS ULTRAMÁFICOS ESCOGIDOS PARA ESTUDIAR. A. CÓDIGO LT-01. B. CÓDIGO LT-5. C. CÓDIGO PA-LA7. D. CÓDIGO SAL-5. E. CÓDIGO RU-3. F. CÓDIGO SAL-1. G. CÓDIGO SAL-4.....	21
FIGURA 10. COMPARACIÓN ENTRE IMAGEN PROCESADA Y NO PROCESADA. LA IMAGEN B TIENE LOS COLORES INTENSIFICADOS PARA FACILITAR LA IDENTIFICACIÓN DE LOS MINERALES FORMADORES DE LOS XENOLITOS. OPX= ORTOPIROXENO, CPX=CLINOPIROXENO, OL=OLIVINO, GRT= GRANATE.....	24
FIGURA 11. DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN MODAL DE ROCAS ULTRAMÁFICAS, MODIFICADO DE STRECKEISEN (1973).....	28
FIGURA 12. FOTOGRAFÍAS DE LHERZOLITA PORFIROCLÁSTICA SAL-1. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE ORTOPIROXENO CON BORDE DE REACCIÓN. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE ESPINELA ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE ESPINELA ESTIRADA RODEADA DE ORTOPIROXENO. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS Y ADEMÁS CONTENIENDO UN CRISTAL SUBREDONDEADO DE OLIVINO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE ESPINELA EN CONTACTO CON CRISTALES DE OLIVINO. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS EN CONTACTO CON OLIVINO. G. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE ESPINELA CON BORDES ENRIQUECIDOS EN FE. H. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS EN CONTACTO CON CRISTALES DE OLIVINO. I. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE ESPINELA CON BORDES ENRIQUECIDOS EN FE. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.....	30
FIGURA 13. FOTOGRAFÍAS DE LHERZOLITA PROTOGRANULAR CON TENDENCIA A PORFIROCLÁSTICA SAL-5. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE TEXTURA POIKILÍTICA DE UN CRISTAL DE ORTOPIROXENO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE ESPINELA ESTIRADA QUE CONTIENE UN CRISTAL DE OLIVINO EN SU INTERIOR. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE ESPINELA ANHEDRAL INTERSTICIAL RODEADA DE CRISTALES DE ORTOPIROXENO Y OLIVINO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CRISTALES DE OLIVINO EN CONTACTO CON CLINOPIROXENOS CON BORDES ESPONJOSOS. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CRISTALES DE ESPINELA CON BORDES ENRIQUECIDOS EN FE EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO. G. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN DIFERENTES CRISTALES, ENTRE ELLOS CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS Y ESPINELA POIKILÍTICA ENGLOBANDO CLINOPIROXENO. H. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO. I. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN ESPINELA EN CONTACTO CON OLIVINOS. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.....	31
FIGURA 14. FOTOGRAFÍAS DE LHERZOLITA PROTOGRANULAR PA-LA7. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN DE ESPINELAS Y ORTOPIROXENO ALREDEDOR DE UN CRISTAL DE GRANATE. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE EXTINCIÓN ONDULANTE DE OLIVINO. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE <i>MELT POCKET</i> DE ORTOPIROXENO. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN DE ESPINELAS ALREDEDOR DE GRANATE, ADEMÁS SE OBSERVA TEXTURA POIKILÍTICA DE UN CRISTAL DE CLINOPIROXENO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO.	

E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UNA CORONA DE REACCIÓN DE GRANATE EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO, COMPUESTA POR CLINOPIROXENO Y ESPINELA. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CRISTALES DE GRANATE CON CORONAS DE REACCIÓN (POR DENTRO Y FUERA DEL CRISTAL), ADEMÁS UNO DE ELLOS SE ENCUENTRA ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.....	33
FIGURA 15. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DE LOS GRANATES DE LA MUESTRA PA-LA7, EN LOS CUALES SE REALIZARON PERFILES COMPOSICIONALES A PARTIR DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA MEDIANTE MICROSONDA ELECTRÓNICA. PARA LA IMAGEN A EL PERFIL REALIZADO FUE A-A', PARA LA IMAGEN B FUE B-B' Y PARA LA IMAGEN C FUE C-C'.....	33
FIGURA 16. PERFILES COMPOSICIONALES A-A', B-B' Y C-C' DE LOS GRANATES DE LA LHERZOLITA PA-LA7, EN FUNCIÓN DEL % EN PESO DE CAO.	34
FIGURA 17. PERFILES COMPOSICIONALES A-A', B-B' Y C-C' DE LOS GRANATES DE LA LHERZOLITA PA-LA7, EN FUNCIÓN DEL % EN PESO DE MGO.	35
FIGURA 18. FOTOGRAFÍAS DE LHERZOLITA PROTOGRANULAR CON TENDENCIA A PORFIROCLÁSTICA LT-5. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE TEXTURA POIKILÍTICA DE UN CRISTAL DE ORTOPIROXENO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE <i>MELT POCKET</i> DE ORTOPIROXENO. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN DE ORTOPIROXENO ALREDEDOR DE CRISTALES DE ESPINELA Y GRANATE. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CRISTAL DE OLIVINO ELONGADO EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ESPINELA CON BORDE DE REACCIÓN EN CONTACTO CON GRANATE. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA CLINOPIROXENO POIKILÍTICO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE ORTOPIROXENO Y EN CONTACTO CON OTROS DE ESTA MISMA FASE. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.	37
FIGURA 19. FOTOGRAFÍAS DE LHERZOLITA PROTOGRANULAR CON TENDENCIA A PORFIROCLÁSTICA SAL-4. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN DE ORTOPIROXENO ALREDEDOR DE CRISTALES DE GRANATE Y ESPINELA. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE TEXTURA POIKILÍTICA DE ORTOPIROXENO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN ALREDEDOR DE CRISTALES MACLADOS DE GRANATE, UNO DE ELLOS ADEMÁS CONTIENE UN CRISTAL DE ESPINELA EN SU INTERIOR. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE ORTOPIROXENO ENGLOBANDO CRISTALES DE ESPINELA, SE OBSERVA ADEMÁS CLINOPIROXENO CON BORDES ESPONJOSOS Y BORDE DE REACCIÓN ENTRE ORTOPIROXENO Y OLIVINO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CRISTALES DE GRANATE Y ESPINELA CON CORONAS DE REACCIÓN DE CLINOPIROXENO EN CONTACTO CON OLIVINO. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CONTACTOS ENTRE OLIVINOS, CLINOPIROXENOS Y ORTOPIROXENOS, UNO DE ESTOS ÚLTIMOS CONTIENE UN CRISTAL DE CLINOPIROXNEO. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.	38
FIGURA 20. FOTOGRAFÍAS DE HARZBURGITA PROTOGRANULAR CON TENDENCIA A PORFIROCLÁSTICA LT-01. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE GRANATES CON CORONAS DE REACCIÓN DE ESPINELA, ADEMÁS SE OBSERVA UNA VETILLA DE CLINOPIROXENO CORTANDO LOS GRANATES. B. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ILMENITA VERMICULAR EN CONTACTO CON CRISTALES DE ORTOPIROXENOS. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE TEXTURA POIKILÍTICA DE ORTOPIROXENOS ENGLOBANDO OLIVINOS. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE CORONA DE REACCIÓN DE GRANATES Y ESPINELAS CONSTITUIDA PRINCIPALMENTE POR ORTOPIROXENO MICROCRISTALINO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ILMENITA INTERSTICIAL EN CONTACTO DE OLIVINOS. F. MICROFOTOGRAFÍA DE	

ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ILMENITA EN CONTACTO CON OLIVINO, EL CUÁL POSEE BORDE DE REACCIÓN DE CLINOPIROXENO, ESTE ÚLTIMO EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.	40
FIGURA 21. FOTOGRAFÍAS DE HARZBURGITA PROTOGRANULAR CON TENDENCIA A PORFIROCLÁSTICA RU-3. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE ORTOPIROXENO CON BORDES DE REACCIÓN JUNTO A OLIVINO. B. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE EXTINCIÓN ONDULANTE DE OLIVINO Y UN BORDE DE REACCIÓN DE ORTOPIROXENO. C. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE VENILLA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO. D. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES CRUZADOS DE TEXTURA POIKILÍTICA DE UN ORTOPIROXENO ENGLOBANDO UN CRISTAL DE OLIVINO. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE ESPINELA SUBHEDRAL EN CONTACTO CON OLIVINO, EL QUE POSEE FRACTURAS RELLENAS CON CLINOPIROXENO. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIAN CRISTALES DE ESPINELA CONTENIDOS POR UN CRISTAL DE OLIVINO. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.	41
FIGURA 22. CONTENIDO DE MG VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN OLIVINOS DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01, LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5.	43
FIGURA 23. CONTENIDO DE AL VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN CLINOPIROXENOS DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01, LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5.	44
FIGURA 24. CONTENIDO DE TI VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN CLINOPIROXENOS DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01, LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5.	44
FIGURA 25. CONTENIDO DE AL VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN ORTOPIROXENOS DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01, LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5.	45
FIGURA 26. A. CONTENIDO DE TI VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN GRANATES DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01, LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7. B. CONTENIDO DE CR VS SI (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN ORTOPIROXENOS DE HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01 Y LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7.	46
FIGURA 27. CONTENIDO DE CR VS AL (U.P.F. = UNIDADES POR FÓRMULA) EN ESPINELAS DE LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5.	47
FIGURA 28. DIAGRAMA CON LAS COMPOSICIONES DE LOS PIROXENOS PERTENECIENTES A LOS XENOLITOS (MORIMOTO <i>ET AL.</i> , 1988).	49
FIGURA 29. MICROFOTOGRAFÍAS DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS OBTENIDAS UTILIZANDO SEM DE SULFUROS INCLUIDOS EN SILICATOS. A. CRISTAL DE MSS CON BORDES DE ÓXIDOS DE FE CONTENIDO EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. B. CRISTAL DE MSS CON ÓXIDOS DE FE CONTENIDO EN OLIVINO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. C. CRISTAL DE MSS CONTENIDO EN OLIVINO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. LÁMINAS DE 80 MM.	50
FIGURA 30. MICROFOTOGRAFÍAS DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS OBTENIDAS UTILIZANDO SEM DE SULFUROS INCLUIDOS EN SILICATOS. A. VENILLA DE MSS CON BORDES DE ÓXIDOS DE FE ENTRE CRISTALES DE OLIVINO Y ORTOPIROXENO EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. B. VENILLA DE CLINOPIROXENO QUE CONTIENE UN CRISTAL DE MSS EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. C. MSS CONTENIDA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5. D. PIRROTINA (PO) CONTENIDA POR VENILLA DE CLINOPIROXENO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5. E. ZOOM DEL CRISTAL DE PIRROTINA DE LA IMAGEN D, SE OBSERVA QUE ESTÁ COMPUESTO POR PENTLANDITA (PN) Y SUGAIKIITA (SU). F. VENILLA DE MSS CON ÓXIDOS DE FE CONTENIDA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. G. VENILLA DE PENTLANDITA CON ÓXIDOS DE FE CONTENIDA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. H. VENILLA DE PENTLANDITA CONTENIDA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5. I. VENILLA DE MSS CONTENIDA ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5. LÁMINAS DE 80 MM.	51

FIGURA 31. MICROFOTOGRAFÍAS DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS OBTENIDAS UTILIZANDO SEM DE SULFUROS INCLUIDOS EN SILICATOS. A. CRISTALES DE MSS Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTALES DE ORTOPIROXENOS EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. B. CRISTALES DE MSS Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTALES DE OLIVINOS EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5. C. CRISTALES DE MSS Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTALES DE OLIVINOS EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5. D. MSS REDONDEADO Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTAL DE OLIVINO, SE OBSERVA ADEMÁS VIDRIO, LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. E. CRISTALES DE MSS Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTALES DE OLIVINOS EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. F. CRISTALES DE MSS Y ÓXIDOS DE FE EN ZONA DE REACCIÓN ENTRE CRISTALES DE OLIVINOS EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA SAL-4. LÁMINAS DE 80 MM	52
FIGURA 32. DISTRIBUCIÓN DE DIFERENTES SULFUROS IDENTIFICADOS EN LOS XENOLITOS.	53
FIGURA 33. A. CONTENIDO DE FE VS CONTENIDO DE NI EN % EN PESO DE LOS SULFUROS UBICADOS EN DIFERENTES POSICIONES ESTRUCTURALES. B. CONTENIDO DE FE VS CONTENIDO DE S EN % EN PESO DE LOS SULFUROS UBICADOS EN DIFERENTES POSICIONES ESTRUCTURALES.....	54
FIGURA 34. A. FOTOGRAFÍA DE LHERZOLITA CON ESPINELA Y GRANATE SAL-4 CON TEXTURA PROTOGRANULAR. B. FOTOGRAFÍA DE LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-1 CON TEXTURA PORFIROCLÁSTICA, SE LOGRAN OBSERVAR LOS CRISTALES DE ESPINELA ORIENTADOS SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LAS FLECHAS ROJAS. AMBAS IMÁGENES TIENEN LOS COLORES INTENSIFICADOS PARA FACILITAR LA IDENTIFICACIÓN.....	55
FIGURA 35. DIAGRAMA DE #CR VS TiO_2 EN ESPINELAS. ESTE GRÁFICO MUESTRA QUE LA LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 SUFRIÓ MENOR GRADO DE FUSIÓN PARCIAL QUE LA LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5. AMBOS XENOLITOS SUFRIERON BAJOS GRADOS DE FUSIÓN PARCIAL (<10%). MODIFICADO DE PEARCE <i>ET AL.</i> , 2000.....	56
FIGURA 36. DIAGRAMA OSMA = OLIVINE-SPINEL MANTLE ARRAY. #CR (CR/(CR+AL)) EN ESPINELAS VS #MG (MG/(MG+FE)) EN OLIVINOS. CAMPO DE PERIDOTITAS ABISALES TRAZADO POR DICK Y BULLEN (1984), CAMPOS DE PERIDOTITAS DE ZONAS OCEÁNICAS DE SUPRA SUBDUCCIÓN Y DE MARGEN CONTINENTAL PASIVO TRAZADOS Y GRADO DE FUSIÓN (ESCRITO COMO % DE FUSIÓN) DEFINIDOS POR ARAI (1994). FMM=FERTILE MORB MANTLE. EL GRÁFICO MUESTRA QUE LA LHERZOLITA CON GRANATE PA-LA7 Y LA LHERZOLITA CON ESPINELA SAL-5 SE UBICAN ENTRE EL CAMPO DE PERIDOTITAS DE MARGEN PASIVO Y EL DE PERIDOTITAS ABISALES. DIAGRAMA REALIZADO A PARTIR DE INFORMACIÓN DE MICROSONDA ELECTRÓNICA.	57
FIGURA 37. DIAGRAMA OSMA = OLIVINE-SPINEL MANTLE ARRAY. #CR (CR/(CR+AL)) EN ESPINELAS VS #MG (MG/(MG+FE)) EN OLIVINOS. CAMPO DE PERIDOTITAS ABISALES TRAZADO POR DICK Y BULLEN (1984), CAMPOS DE PERIDOTITAS DE ZONAS OCEÁNICAS DE SUPRA SUBDUCCIÓN Y DE MARGEN CONTINENTAL PASIVO Y GRADO DE FUSIÓN (ESCRITO COMO % DE FUSIÓN) DEFINIDOS POR ARAI (1994). FMM=FERTILE MORB MANTLE. DIAGRAMA REALIZADO A PARTIR DE INFORMACIÓN DE MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM).....	58
FIGURA 38. A. FOTOGRAFÍA A NÍCOLES PARALELOS DE VENILLA DE CLINOPIROXENO ENTRE CRISTALES DE OLIVINO EN HARZBURGITA CON ESPINELA RU-3. B. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA UN CRISTAL DE ESPINELA SUBHEDRAL EN CONTACTO CON OLIVINO, EL QUE POSEE FRACTURAS RELLENAS CON CLINOPIROXENO, EN HARZBURGITA CON ESPINELA RU-3. C. PIRROTINA (PO) CONTENIDA POR VENILLA DE CLINOPIROXENO EN LHERZOLITA CON GRANATE Y ESPINELA LT-5. D. VENILLA DE CLINOPIROXENO QUE CONTIENE UN CRISTAL DE MSS EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. E. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ILMENITA INTERSTICIAL EN CONTACTO DE OLIVINOS EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. F. MICROFOTOGRAFÍA DE ELECTRONES RETRODISPERSADOS UTILIZANDO SEM DONDE SE APRECIA ILMENITA EN CONTACTO CON OLIVINO, EL CUÁL POSEE BORDE DE REACCIÓN DE CLINOPIROXENO, ESTE ÚLTIMO EN CONTACTO CON ORTOPIROXENO EN HARZBURGITA CON ESPINELA Y GRANATE LT-01. CORTES DE 30 MM VISTOS EN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO Y DE 80 MM VISTOS EN SEM.	59

FIGURA 39. DIAGRAMA FE-S-NI CON CAMPOS DE TEMPERATURA PARA MSS, MODIFICADO DE WANG <i>ET AL.</i> , 2009.....	65
FIGURA 40. DIFERENTES DETERMINACIONES DE LA TRANSICIÓN GRANATE-ESPINELA EN EL SISTEMA CMAS Y LAS LOCALIZACIONES APROXIMADAS DE LAS MUESTRAS PA-LA7, LT-01 Y SAL-5 A PARTIR DE LAS PRESIONES Y TEMPERATURAS CALCULADAS. NOTAR QUE EN EL CASO DE LA MUESTRA SAL-5, SE TIENE UNA PRESIÓN MÁXIMA DE 16,5 KBAR PARA LA TEMPERATURA ESTIMADA Y CONSIDERANDO EL LÍMITE DEL CAMPO DE ESTABILIDAD DE LA ESPINELA. LOS CÍRCULOS GRANDES REPRESENTAN LOS PUNTOS P-T INVARIANTES DONDE LA TRANSICIÓN SUBSOLIDUS SE INTERSECTA CON EL SOLIDUS. LA LÍNEA CORTADA ES LA TRANSICIÓN DETERMINADA POR KLEMME Y O'NEILL, 2000, LA CUAL ES CONSISTENTE CON EL PUNTO INVARIANTE DETERMINADO POR MILHOLLAND Y PRESNALL (1998); Y LA LÍNEA CONTINUA ES LA DETERMINADA POR GASPARIK, 1984 Y JENKINS Y NEWTON, 1979, LA CUAL ES CONSISTENTE CON EL PUNTO INVARIANTE DETERMINADO POR LONGHI Y BAKER, 1999.	67
FIGURA 41. COMPARACIÓN ENTRE GRANATES DE MUESTRA PA-LA7 (A) CON AQUELLOS DE MUESTRA LT-01 (B). EN LA IMAGEN B SE OBSERVA UN MAYOR GRADO DE DESEQUILIBRIO, REPRESENTADO POR UN MAYOR PORCENTAJE DE ESPINELAS Y DE MAYOR TAMAÑO. FOTOGRAFÍAS DE MICROSCOPIO PETROGRÁFICO, A NÍCOLES PARALELOS.....	67
FIGURA 42. PERFILES COMPOSICIONALES A-A', B-B' Y C-C' DE LOS GRANATES DE LA LHERZOLITA PA-LA7, EN FUNCIÓN DEL % EN PESO DE Al_2O_3	105
FIGURA 43. PERFILES COMPOSICIONALES A-A', B-B' Y C-C' DE LOS GRANATES DE LA LHERZOLITA PA-LA7, EN FUNCIÓN DEL % EN PESO DE FEO.....	106