



**“PETROGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS PLUTONES
CHARITO Y CAVADO DEL MAGMATISMO CHOIYOI, DISTRITO MINERO
AGUA ESCONDIDA, BLOQUE DE SAN RAFAEL”.**

BERTELLO, Matias Miguel.

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN GEOLOGÍA.**

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2019



Prólogo

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Licenciado en Geología de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Catedra de Petrología dependiente del Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, durante el periodo comprendido entre el 20 de noviembre de 2018 y (fecha de defensa de tesina), bajo la dirección del Dr. Tickyj, Hugo.

Fecha:

.....

Bertello, Matias Miguel
D.N.I.: 34.695.400

Agradecimientos

- ✚ A la Universidad Nacional de La Pampa y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- ✚ Al Departamento de Geología.
- ✚ Al director de la presente tesina, Dr. Hugo Tickyj, por la continua guía, consejos y enseñanzas durante las campañas geológicas, pasantía en la cátedra de Petrología, tareas de laboratorio, gabinete en que brindó la posibilidad de formar parte al autor, y a todo su aporte académico.
- ✚ Al personal Docente y No Docente que aportaron a la formación del autor en todo momento.
- ✚ A todas las personas que formaron parte de las campañas geológicas de las cuales emanan los datos disponibles para la realización de esta tesina.
- ✚ Al Dr. Alexis Ponce, por su guía en las tareas realizadas en la Sala de Cortes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- ✚ A la Dra. Viviana Martínez, por su apoyo en las descripciones Microscópicas.
- ✚ Al Lic. Mariano Pérez, por incentivar al autor a descubrir la Geología y sus consejos.
- ✚ Al Dr. Miguel Ángel Heritier.
- ✚ Al apoyo incondicional de mi familia.
- ✚ A mis amigos y compañeros.
- ✚ A las familias Priotto, Pérez Lang y Aguirre por brindar en todo momento su guía y apoyo.

Fecha:

.....

Bertello, Matias Miguel
D.N.I.: 34.695.400

Resumen

El Bloque de San Rafael (Mendoza, Argentina) es una unidad morfoestructural que presenta sucesiones estratigráficas completas durante el intervalo Pérmico-Triásico Temprano, atribuidas al ciclo orogénico Gondwánico. El registro se compone principalmente de vulcanitas y plutonitas con diferencias geoquímicas, que fueron generadas en un periodo de transición, desde una zona de subducción entre la placa paleo-Pacífica y el margen del continente, hasta una etapa distensiva no orogénica que representa la finalización de la subducción Gondwánica. La actividad magmática se desarrolló con gran intensidad luego de la fase orogénica San Rafael (Pérmico Temprano). Estas rocas forman parte de la provincia magmática Choiyoi, divididas en una sección inferior compuesta por rocas andesíticas (Pérmico Temprano) y una sección superior formada por ignimbritas, cuerpos subvolcánicos y lavas riolíticas (Pérmico Tardío-Triásico).

En el extremo sur del Bloque de San Rafael, próximos a la localidad de Agua Escondida, se encuentran los plutones Charito y Cavado asignados al Pérmico en base a datos geocronológicos y relaciones estratigráficas. Poseen contactos intrusivos con las formaciones Agua Escondida (Carbonífero) y Piedras de Afilas (Devónico), y se encuentran cubiertos por sedimentos Holocenos. Son leuco-sienogranitos biotíticos, con textura equigranular alotriomórfica e inequigranular porfírica asociadas a tasas de sobreenfriamiento diferentes. Presentan características geoquímicas de granitos tipo A productos de un magmatismo transicional desde un ambiente sin-colisional a otro de intraplaca, y en base a datos geoquímicos y geocronológicos se correlacionan con la sección superior del magmatismo Choiyoi del Bloque de San Rafael y del oeste de la provincia de La Pampa.

Abstract

The San Rafael Block (Mendoza, Argentina) is a morphostructural unit that presents complete stratigraphic successions during the Early Permian-Triassic interval, attributed to the Gondwanic orogenic cycle. The registry consists mainly of volcanic and plutonic rocks with geochemical differences, which were generated in a transition period, from a subduction zone between the paleo-Pacific plate and the continent margin, to a non-orogenic distensive stage that represents the completion of Gondwanic subduction. The magmatic activity developed with great intensity after the San Rafael orogenic phase (Early Permian). These rocks are part of the Choiyoi magmatic province, divided into a lower section composed of andesitic rocks (Early Permian) and an upper section formed by ignimbrites, subvolcanic bodies and rhyolitic lavas (Late Permian -Triassic).

At the southern end of the San Rafael Block, near the town of Agua Escondida, are the Charito and Cavado plutons assigned to the Permian based on geochronological data and stratigraphic relationships. They have intrusive contacts with the Agua Escondida (Carboniferous) and Piedras de Afilas (Devonian) formations, and are covered by Holocene sediments. They are biotitic leuco-syenogranites, with porphyric allotriomorphic equigranular texture and associated with different undercooling rates. They present geochemical characteristics of A-type granites products of a transitional magmatism from a non-collisional to an intraplate environment, and based on geochemical and geochronological data correlate with the upper section of the Choiyoi magmatism of the San Rafael Block and west of the La Pampa province.

Índice

• Capítulo 1: Introducción.....	8
1.1. Instrucción.....	8
1.1.1. El ciclo Gondwánico en el Bloque de San Rafael.....	8
1.2. Ubicación geográfica y accesibilidad del área de estudio.....	10
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivos generales.....	13
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Hipótesis.....	13
• Capítulo 2: Marco Geológico.....	14
2.1. Geología del área de estudio.....	14
• Capítulo 3: Materiales y métodos.....	18
3.1. Trabajos de campo.....	18
3.2. Trabajos de laboratorio.....	20
3.3. Trabajos de gabinete.....	21
• Capítulo 4: Resultados.....	23
4.1. Mapeo.....	23
4.2. Facies reconocibles.....	24
4.3. Petrografía del plutón Cavado.....	24
4.3.1. Descripción en muestra de mano.....	24
4.3.2. Descripción microscópica.....	25
4.3.3. Clasificación modal.....	33
4.4. Petrografía del plutón Charito.....	34
4.4.1. Descripción en muestra de mano.....	34
4.4.2. Descripción microscópica.....	35
4.4.3. Clasificación modal.....	42
4.5. Geoquímica de los plutones Charito y Cavado.....	44
4.5.1. Clasificación geoquímica.....	44
4.5.2. Elementos mayoritarios.....	47
4.5.3. Elementos traza.....	50

- **Capítulo 5: Discusión** 55
 - 5.1. Comparaciones geoquímicas con rocas pertenecientes
 - al magmatismo Choiyoi59
 - 5.1.1. Sector norte del Bloque San Rafael..... 60
 - 5.1.1.1. Choiyoi inferior – formación Yacimiento Los Reyunos..... 60
 - 5.1.1.2. Choiyoi superior – formación Agua de los Burros..... 65
 - 5.1.1.3. Choiyoi superior – formación Cerro Carrizalito.....70
 - 5.1.1.4. Choiyoi superior – formación Puesto Viejo..... 75
 - 5.1.2. Provincia de La Pampa..... 80
 - 5.1.2.1. Formación Zúñiga..... 80
 - 5.1.3. Distrito Minero Agua Escondida..... 85
 - 5.1.3.1. Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo..... 85
 - 5.1.3.2. Formación Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas..... 91
 - 5.2. Resultados de las comparaciones geoquímicas..... 92
 - 5.3. Correlaciones..... 93
- **Capítulo 6: Conclusiones**..... 96
- **Bibliografía**.....97

Capítulo 1: Introducción

1.1. Introducción

Durante el Paleozoico y Mesozoico Temprano, América del Sur formaba parte del supercontinente de Gondwana. En el margen sudoccidental de este supercontinente se han identificado los ciclos orogénicos Famatiniano y Gondwánico. Durante el ciclo Gondwánico (350-230 Ma.) el magmatismo cambia desde un régimen de margen de placa convergente hacia un régimen extensional, que ha sido separado en dos periodos: 1) Carbonífero-Pérmico Temprano y 2) Pérmico Tardío-Triásico. El primer periodo comprende secuencias calcoalcalinas tipo-I relacionadas a la subducción de la placa paleo-Pacífica por debajo del continente, mientras que el segundo periodo está representado por secuencias transicionales de granitoides y vulcanitas, que culmina con suites bimodales desarrolladas durante el rifting Triásico (Kleiman y Japas 2009, Llambías et al. 1993).

La provincia magmática Choiyoi se formó durante el máximo de actividad magmática del ciclo Gondwánico. La misma presenta una extensión mayor a 500.000 km². Los afloramientos de esta provincia magmática se distribuyen a lo largo de un cinturón magmático en el margen continental activo del continente de Gondwana y forma parte de varias provincias geológicas, a saber: Cordillera Frontal (donde los afloramientos presentan su máxima expresión), Bloque de San Rafael, Las Matras y Chadileuvú, Cordillera Principal y Macizo Norpatagónico (Llambías y Sato, 2011).

1.1.1. El ciclo Gondwánico en el Bloque de San Rafael

El ciclo Gondwánico en el Bloque de San Rafael está representado por sedimentos de la Formación El Imperial del Carbonífero-Pérmico Temprano, vulcanitas y rocas asociadas a la provincia magmática Choiyoi del Pérmico Temprano-Triásico Temprano y secuencias de rift Triásicas de la Formación Puesto Viejo (Llambías et al. 1993).

La Formación El Imperial corresponde al relleno de una cuenca de antepaís. Son secuencias silicoclásticas glaciomarinas que evolucionan a depósitos fan deltas y sistemas fluviales entrelazados. Estos son deformados por la fase orogénica San Rafael durante el Pérmico Temprano.

En discordancia sobre los depósitos carboníferos se desarrolla la provincia magmática Choiyoi. Esta se divide en Choiyoi Inferior emplazada en un ambiente transpresional con dirección de convergencia NNE, que fue relacionado por Kleiman y Japas (2009) con un arco

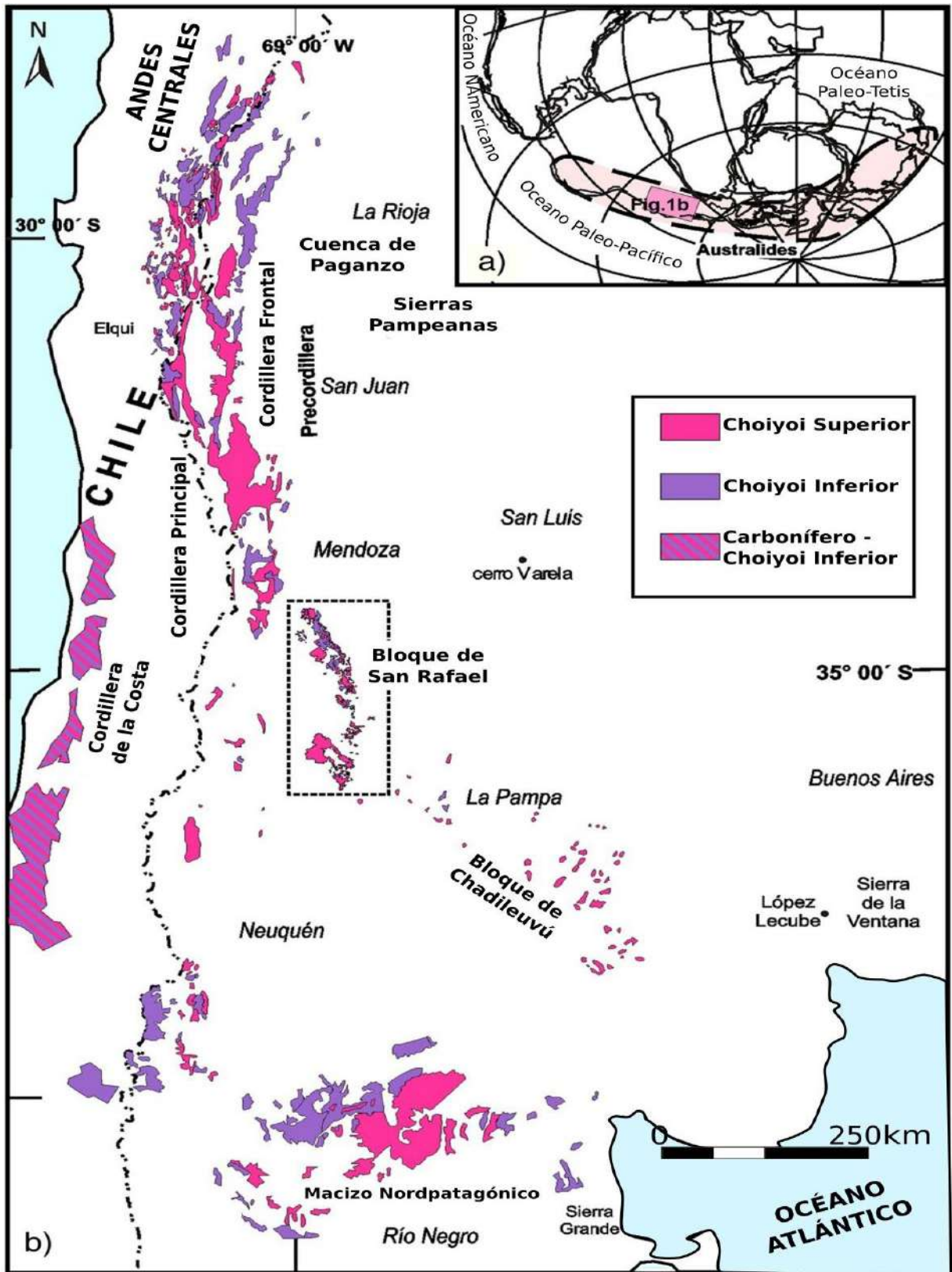


Figura 1: Distribución de la provincia magmática Choiyoi. Tomado de Kleiman y Japas (2009).

magmático activo en una zona de subducción subhorizontal; y Choiyoi Superior que es coetánea con un período postorogénico extensional (Kleiman 1999, Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2009). Estos cambios geodinámicos generan diferencias geoquímicas en los depósitos, la sección inferior presenta una composición calcoalcalina típica de ambiente de subducción continental, mientras que la sección superior representa un magmatismo de transición desde una composición calcoalcalina a una suite bimodal alcalina típica de un entorno anorogénico de intraplaca, y generadas durante la deformación transtensional que podría estar asociado con condiciones de post-convergencia (Kleiman y Japas 2009).

El Choiyoi Inferior está formado por el Grupo Cochicó, una sucesión volcano-sedimentaria compuesta por conglomerados e ignimbritas intercaladas con areniscas eólicas y brechas andesíticas. En relación de discordancia se deposita el Choiyoi superior que comprende a las Formaciones Agua de los Burros, Quebrada del Pimiento y Cerro Carrizalito. La primera unidad es una sucesión volcániclastrica intruida por diques andesíticos de la Formación Quebrada de los Pimientos. La Formación Cerro Carrizalito incluye centros volcánicos riolíticos, ignimbritas, diques e intrusiones dacíticas, entre otras litologías.

Las secuencias triásicas de la Formación Puesto Viejo son sucesiones continentales de synrift intercaladas con riolitas, ignimbritas y basaltos, estos depósitos se apoyan en discordancia sobre el Choiyoi Superior y corresponden al final del magmatismo Gondwánico en el Bloque de San Rafael.

1.2. Ubicación geográfica y accesibilidad del área de estudio

Los plutones Charito ($36^{\circ}02'S$; $68^{\circ}27'O$) y Cavado ($36^{\circ}07'S$; $68^{\circ}21'O$), objeto de esta tesina, se encuentran ubicados al sur del Bloque de San Rafael, en el departamento Malargüe, provincia de Mendoza, formando parte de las sierras que se encuentran a escasos kilómetros de la localidad de Agua Escondida. Los mismos se encuadran dentro de los límites de la Hoja Geológica 3769-II Agua Escondida, entre los paralelos 36° y 37° de latitud Sur y meridianos 69° y $67^{\circ} 30'$ de longitud Oeste (Fig. 2 y 4).

Para acceder a la localidad de Agua Escondida existen tres posibilidades. La primera, desde la provincia de La Pampa, mediante la Ruta provincial N° 10 luego de recorrer unos 40 km aproximadamente desde la localidad de La Humada; la segunda, partiendo de la localidad de General Alvear (Mendoza), mediante la Ruta nacional N° 143 que al empalmar con la Ruta provincial N° 190 (hacia el Sur) alcanza esta localidad luego de unos 180 km aproximados de

recorrido; la tercera posibilidad es partir desde la localidad de Malargüe (Mendoza), por medio de la Ruta nacional N° 40 (hacia el Sur) empalmando las Rutas provinciales N° 186, N° 180 y N° 190, luego de un recorrido de 180 km aproximadamente (Fig. 2 y 3).

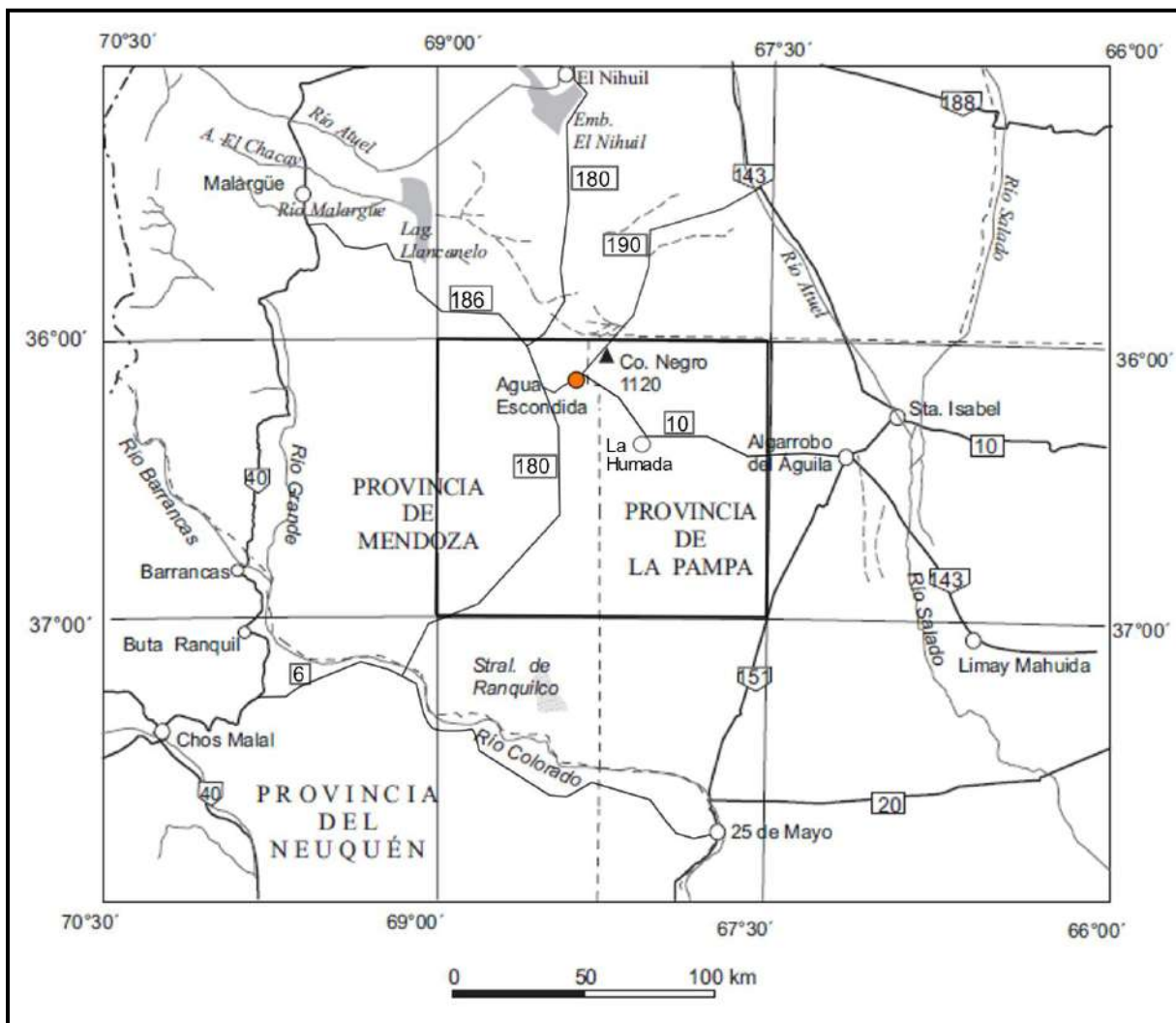


Figura 2: Ubicación geográfica del área de estudio. En el recuadro central se encuentra representada la Hoja Geológica 3769-II, Agua Escondida. El círculo naranja marca la posición de la localidad de Agua Escondida, a escasos metros del límite interprovincial. Además, se encuentran representadas las principales vías de acceso a la localidad, desde la provincia de La Pampa y desde la provincia de Mendoza (Modificado de Narciso et al. 2007).

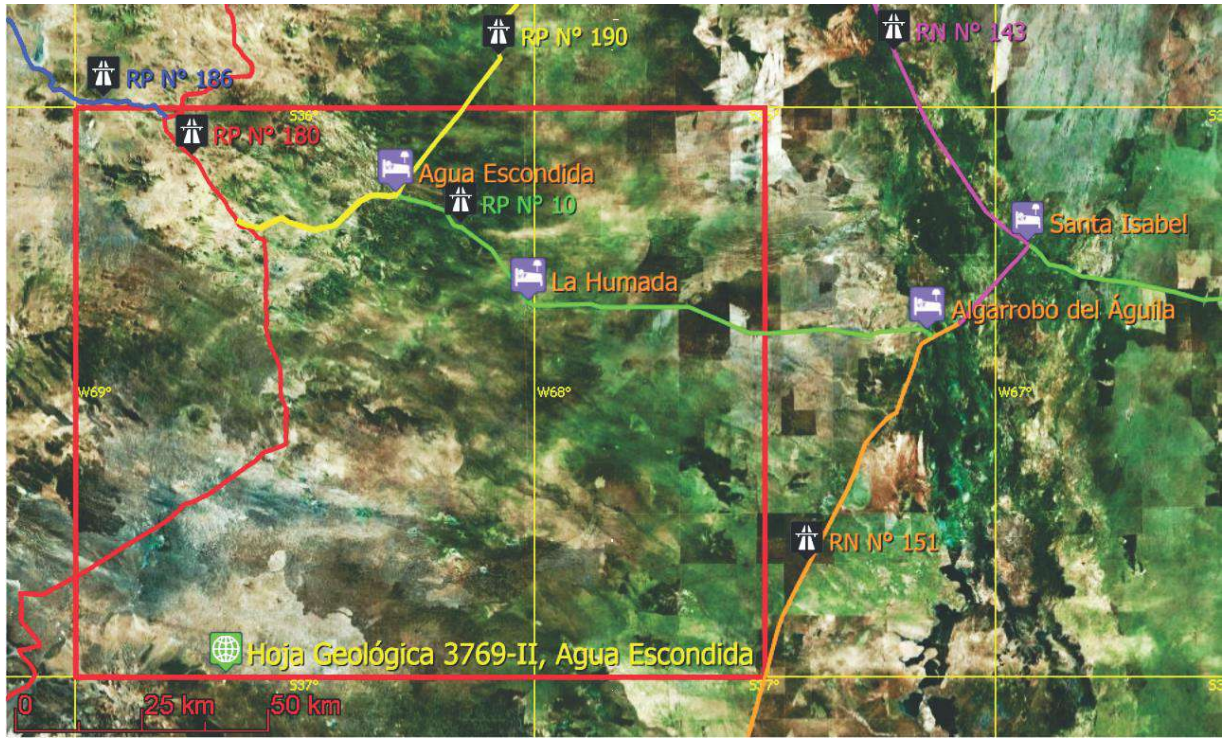


Figura 3. Imagen satelital del área de estudio. Están representadas las rutas de acceso utilizadas en las campañas geológicas, los límites de la Hoja Geológica 3769-II, la ubicación de Agua Escondida y las localidades más cercanas a los afloramientos estudiados. La imagen se obtuvo mediante el software SASPlanet, mosaicos Bing Maps, proyección WGS84.



Figura 4. Ubicación de los afloramientos, correspondientes a los plutones “Charito” y “Cavado”, hacia el Noroeste de la localidad de Agua Escondida. Imagen obtenida mediante Software SASPlanet, mosaicos Bing Maps, proyección WGS84.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Generales

- Mejorar el conocimiento de la petrología de los cuerpos plutónicos del magmatismo Choiyoi del Bloque San Rafael.
- Realizar una comparación con otras provincias geológicas con magmatismo Gondwánico.

1.3.1. Objetivos específicos

- Realizar un mapa geológico de los cuerpos plutónicos en el Distrito Minero Agua Escondida del Bloque San Rafael.
- Realizar la petrografía y caracterización geoquímica de los plutones Charito ($36^{\circ}02'S$; $68^{\circ}27'O$) y Cavado ($36^{\circ}07'S$; $68^{\circ}21'O$).

1.4. Hipótesis

- Los plutones son leuco-sienogranitos biotíticos de textura equigranular.
- Estas rocas presentan contenidos de elementos mayoritarios y traza típicos de un magmatismo transicional a intraplaca continental, que se correlaciona con la sección superior del magmatismo Choiyoi.

Capítulo 2: Marco geológico

2.1. Geología del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el Bloque de San Rafael dentro del Distrito Minero Agua Escondida en la provincia de Mendoza (Figura 2), donde se sitúan los plutones Charito (36°02'S; 68°27'O) y Cavado (36°07'S; 68°21'O). Estratigráficamente se compone de un basamento cristalino denominado Formación Piedras de Afilar del Devónico, sobre el cual se depositan en relación discordante sedimentitas marinas de la Formación Agua Escondida (Carbonífero Tardío). Estos depósitos son intruidos por plutonitas y diques que corresponden al magmatismo Choiyoi, y son cubiertos por basaltos plio-pleistoceno y sedimentos recientes (González Díaz 1972; Narciso et al. 2007; Tickyj et al. 2014, 2015, 2016).

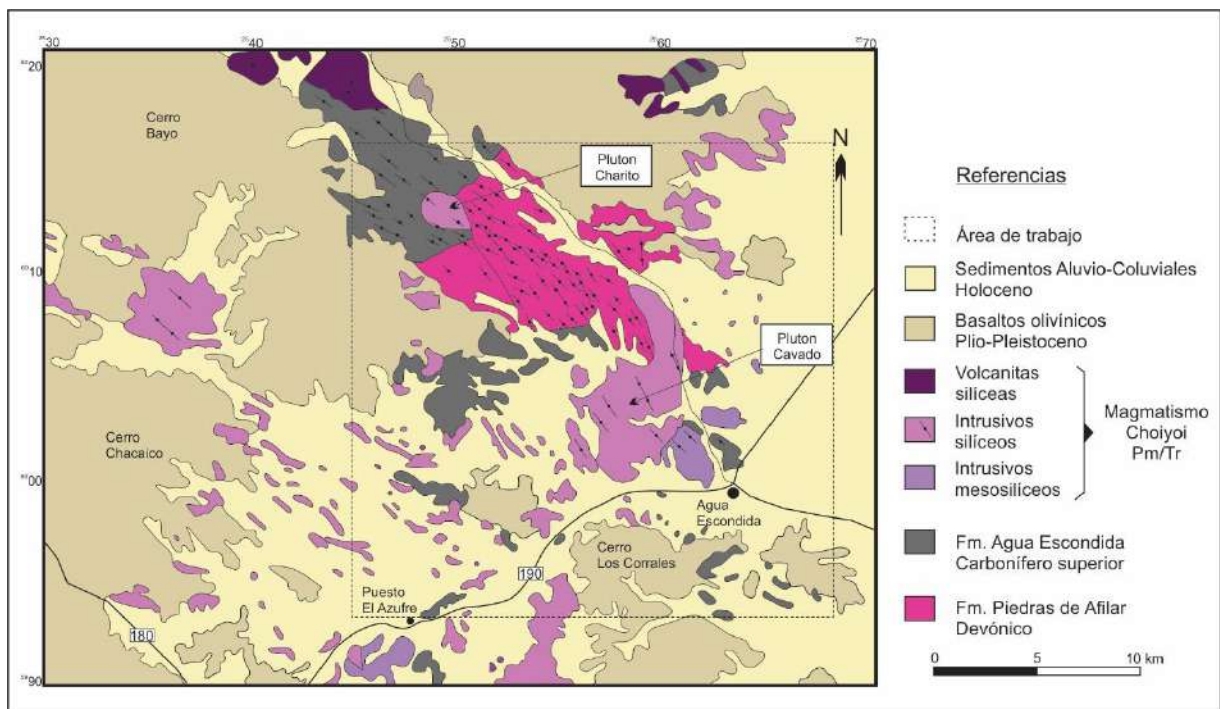


Figura 5. Mapa geológico del Distrito Agua Escondida. El recuadro con línea de puntos indica el área de trabajo.

La Formación Piedras de Afilar está caracterizada por escasos afloramientos de cuerpos ígneos graníticos ubicados al este y noroeste de la localidad de Agua Escondida. Comúnmente poseen una textura porfírica con megacrystales de feldspatos y son intruidos por diques aplíticos. Recientes estudios isotópicos de U y Pb en circones magmáticos de los plutones graníticos acotaron su edad de cristalización al Devónico Medio a Tardío (González Díaz 1972, Tickyj et al. 2015, Tickyj et al. 2016).

La Formación Agua Escondida agrupa a facies de areniscas alternadas con facies de vaques y conglomerados. Se interpreta que esta unidad se depositó en un ambiente marino marginal. La edad Carbonífero Tardío se establece a partir de restos de Articuladas del tipo de Calamites s. l. y ramas y hojas del género *Noeggerathiopsis* (*Cordaites* sp.). La discordancia que separa las Formaciones Piedras de Afilar de Agua Escondida podría corresponder a la fase orogénica Chánica de alcance regional (Tickyj et al. 2015).

En el área de Agua Escondida el magmatismo Choiyoi ha recibido distintas denominaciones (Cuadro 1). En la propuesta estratigráfica elaborada por el SEGEMAR está compuesto por una sección inferior mesosilíceica (Formación Agua de los Burros) y una superior silíceica (Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo), entre las que se intercala una sección intermedia máfica asignada a la Formación Quebrada del Pimiento (Narciso et al. 2007; Linares et al. 1980, Tickyj et al. 2014). La sección mesosilíceica está compuesta por lavas y cuerpos hipabisales de pórfido dacítico y andesitas, acompañados por sus tobas, en menor medida se encuentran traquiandesitas y dioritas cuarcíferas. En tanto que la sección silíceica está integrada por lavas, tobas, ignimbritas y brechas riolíticas, e intrusivos graníticos globosos y laminares.

Por otra parte, González Díaz (1972) fue el primero en describir en forma detallada al magmatismo Gondwánico en la Hoja Geológica 27d Agua Escondida, asignándolo a la Formación Los Corrales. Esta fue dividida en dos miembros según su composición mineralógica: el Miembro mesosilíceico, compuesto por masas hipabisales llamadas “Pórfidos grises” y cuerpos dioríticos; y el Miembro ácido caracterizado por pórfidos graníticos y riolíticos.

Finalmente, Delpino (1997) en su tesis doctoral propuso elevar la Formación Los Corrales a nivel de Grupo y dividir el mismo en dos nuevas unidades denominadas Formación Puesto Cortés y Formación Cuchillas Coloradas. La primera está compuesta por rocas volcánicas intrusivas y diques riolíticos que por su relación estratigráfica fueron asignados al Pérmico Superior-Triásico. Por otro lado, la Formación Cuchillas Coloradas está representada por rocas intrusivas de dos formas: diques riolíticos y stocks de composición granítica que se correlacionan con los cuerpos del Miembro ácido de la Formación Los Corrales de González Díaz (1972) y se las asignan al Pérmico Superior-Triásico por dataciones radimétricas (Linares 1977, 1979, 1981) y por su relación estratigráfica con la Formación Puesto Cortés.

Para el área de estudio, Tickyj et al. (2014) realizaron las primeras dataciones a los intrusivos mesosilíceo y silíceos asignados a la provincia magmática Choiyoi mediante el método U-Pb en circón. En dicho trabajo se analizó un pórfido dacítico perteneciente a la sección mesosilíceo ubicado a 2 km al oeste de la localidad de Agua Escondida (36°08'S-69°19'O), y el granito del cerro Cavado perteneciente a la sección silíceo (36°09'S-68°22'O). Para el pórfido dacítico obtuvieron una edad Concordia de $283,8 \pm 0,98$ Ma. ubicándolo en el Pérmico temprano (límite Artinskiano-Kunguriano); en tanto que para el granito del cerro Cavado los resultados arrojaron una edad Concordia de $266,7 \pm 1,0$ Ma ubicándolo en el Pérmico medio (Wordiano). Para ambos cuerpos se interpreta que las edades obtenidas representan su edad de cristalización. De esta forma, el pórfido dacítico correspondería a la sección inferior del magmatismo Choiyoi, correlacionable con el Miembro Mesosilíceo propuesto por González Díaz (1972). En tanto que, el granito del cerro Cavado correspondería a la sección superior del magmatismo Choiyoi, correlacionable con el Miembro Acido propuesto por González Díaz (1972).

Cuadro 1. Estratigrafía en la zona de estudio según los autores González Díaz (1972), Delpino (1997) y Narciso *et al.* (2007).

EDAD		LITOLOGÍA	ASIGNACIÓN ESTRATIGRÁFICA							
			González Díaz (1972)	Delpino (1997)	Narciso <i>et al.</i> (2007)					
CENOZOICO	CUATERNARIO	Limos y arenas de granulometría variada.	DEPÓSITOS ALUVIALES-COLUVIALES							
	NEOGENO	Basaltos olivínicos	FORMACIÓN ALTO MORADO	FORMACIÓN MANCHA JARILLA	FORMACIÓN CHAPÚA					
	PALEOGENO									
MESOZOICO	CRETÁSICO									
	JURÁSICO									
PALEOZOICO	TRIÁSICO	Pórfidos riolíticos y graníticos, intrusivos color rojo ladrillo y rosado.	FORMACIÓN LOS CORRALES	MIEMBRO ÁCIDO	GRUPO LOS CORRALES	FORMACIÓN CUCHILLAS COLORADAS	GRUPO CHOYOI	SECCIÓN SUPERIOR	FM. CHOIQUE MAHUIDA	
	PÉRMICO SUPERIOR	Rocas riolíticas extrusivas como tobas, ignimbritas, brechas y pórfidos afáníticos.		MIEMBRO MESOSILÍCEO					FORMACIÓN PUESTO CORTÉS	FM. QUEBRADA DEL PIMIENTO
		Rocas hipabisales dacíticas y granodioritas. Rocas efusivas volcánicas, tobas dacíticas y andesíticas.		MIEMBRO BÁSICO						
	PÉRMICO INFERIOR	Pórfido basáltico color de color gris oscuro a negro.			SECCIÓN INFERIOR					
			Discordancia							
	CARBONÍFERO	Protocarcitas y subgrauvacas alternadas con facies conglomerádicas.	FORMACIÓN AGUA ESCONDIDA							
			Discordancia							
	DEVÓNICO	Pórfidos graníticos con diques aplíticos y diferenciados pegmatíticos.	FORMACIÓN PIEDRAS DE AFILAR *							

*Edad según Tickyj *et al.* (2015, 2016).

Capítulo 3: Materiales y métodos

3.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo consistieron en observaciones a través de secciones con orientación aproximada E-O, en los Granitos Charito y Cavado y en sus rocas encajonantes. De esa forma se pudieron identificar los contactos, determinar la presencia de variaciones texturales y/o mineralógicas, y seleccionar lugares de toma de muestras para petrografía y análisis químicos.

En los lugares de mayor interés se realizaron muestreos de roca (Fig. 6 y 7) para petrografía y geoquímica. Se extrajeron un total de 5 muestras para el plutón Charito y 8 muestras para el plutón Cavado para realizar descripciones petrográficas. En cada muestra se realizó una descripción petrográfica tanto en muestra de mano como con microscopio óptico de polarización. Por otra parte, 3 muestras del plutón Charito y 8 del plutón Cavado fueron seleccionadas para realizar análisis geoquímicos de elementos mayoritarios y traza. En cada punto de muestreo se extrajo de 3 a 5 kg de roca fresca (esto quiere decir libre de alteraciones como por ejemplo pátinas de óxidos o precipitaciones de carbonatos), las cuales fueron debidamente identificadas, rotulas y geolocalizadas mediante GPS.

Todos los datos mencionados anteriormente fueron obtenidos mediante las campañas geológicas realizadas durante los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2017 por el Dr. Hugo Tickyj y sus ayudantes de campo, entre los cuales se encuentra el autor de la presente tesina.



Figura 6. Puntos de muestreos realizados en el plutón “Cavado”. Estos afloramientos se expresan en un área aproximada de 40 km². Imagen obtenida mediante Software SASPlanet, mosaicos Bing Maps, proyección WGS84.



Figura 7. Puntos de muestreos realizados en el plutón “Charito”. Estos afloramientos se expresan en un área aproximada de 3 km². Imagen obtenida mediante Software SASPlanet, mosaicos Bing Maps, proyección WGS84.

3.2. Trabajos de laboratorio

Las tareas de laboratorio fueron realizadas en la Sala de Cortes perteneciente al Departamento de Geología situada en el Campo de Enseñanza de la UNLPam. Las mismas contaron con la guía y supervisión del técnico a cargo de dicha sala y el director de la presente tesina, los Doctores Alexis Ponce y Hugo Tickyj respectivamente.

En cada una de las 13 muestras de los cuerpos plutónicos, a partir de los 3 a 5 kg recolectados, se separó una muestra de mano para petrografía y en 11 de ellas una muestra para geoquímica.

Se confeccionaron en total 13 secciones delgadas. De las cuales 5 pertenecen al plutón Charito y 8 al plutón Cavado. Las mismas fueron realizadas tomando como guía la metodología explicada en el capítulo 2.2.1 del libro “Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas” (Castro Dorado 2015).

En cada una de las muestras seleccionadas para geoquímica se realizó una reducción de tamaño a una granulometría inferior a 1 cm (requerida por el laboratorio que realizaría dichas determinaciones, sobre). Esta tarea fue llevada a cabo mediante impacto de piqueta geológica convencional sobre una bigornia. Para cada muestra se recolectaron 300 g de roca triturada descartando aquellos fragmentos que evidenciaban alteraciones (principalmente oxidación) debido al intemperismo y fueron seleccionados solo aquellos fragmentos de roca fresca. Posteriormente estos fragmentos fueron lavados en una primera etapa con agua corriente y en una segunda etapa con agua destilada a fin de eliminar todo resto de polvo o material metálico desprendido por las herramientas utilizadas que pudiera contaminar y generar error en su análisis químico. Cada fracción de roca fue debidamente rotulada, empaquetada y enviada a laboratorio para su posterior análisis.

Para obtener las concentraciones de elementos mayoritarios y traza que servirían para el análisis y caracterización de estas rocas las muestras fueron enviadas al laboratorio Bureau Veritas Minerals (Canadá). Allí mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) se determinaron los elementos mayoritarios y mediante ICP-ES (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer) los elementos traza. Previo al análisis y partiendo del tamaño al que fueron reducidas las rocas, el laboratorio realizó el siguiente procesamiento: molienda de las muestras (obteniéndose fragmentos de 2 mm, en donde pasa más del 70 % de la muestra original), luego pulverización (a 75 μm , donde se obtiene más del 85 % de pasante anterior). Posteriormente, procedió a la fusión de las muestras con borato de litio dando como resultado final un vidrio. Para finalizar, el vidrio es disuelto mediante un ácido débil y dicha disolución fue analizada.

Los límites de detección de los métodos utilizados para la determinación de elementos mayoritarios y traza se encuentran especificados en la tabla de datos químicos, (de todas maneras, los mismos) y pueden ser consultados en el catálogo (código LF300 y LF100) provisto por el laboratorio Bureau Veritas Minerals disponible en su página oficial www.acmelab.com.

3.3. Trabajos de gabinete

Los trabajos de gabinete realizados fueron: recopilación bibliográfica de los antecedentes geológicos locales y regionales, y de petrografía y geoquímica de rocas ígneas plutónicas, descripción de muestras de mano y de secciones delgadas, clasificación modal microscópica, interpretación de datos químicos y mapa geológico del área de interés.

La recopilación bibliográfica se centró en la búsqueda de antecedentes presentes en publicaciones científicas sobre el magmatismo Permo-Triásico. De aquí se nutrió de información tanto para el área de estudio como para aquellas áreas en que el magmatismo Permo-Triásico fue observado, descrito y analizado a fin de realizar las comparaciones necesarias. De esta manera el autor pudo interiorizarse en la temática.

En cuando a las descripciones realizadas a las muestras, fueron realizadas a dos escalas de observación diferentes. La primera aproximación a las características de estas rocas, prestando principal atención a las mineralogías y texturas presentes, se llevó a cabo mediante lupa de mano con aumentos X10 y X20 (escala mesoscópica). Posteriormente y atendiendo a las características mencionadas anteriormente, se realizaron descripciones más detalladas a escala microscópica mediante la utilización de microscopio de polarización (marca Nikon, modelo Eclipse E400 POL) que se encuentra en la sala de microscopios perteneciente al Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa.

Para las descripciones texturales que se realizaron sobre las secciones delgadas y los rangos adoptados para los tamaños de grano se tomó como guía las categorías presentes en el libro “Atlas of igneous rocks and their textures” (MacKenzie et al. 1982) y el capítulo 12, Texturas de los cuerpos ígneo, del libro “Geología de los cuerpos ígneos” (Llambías 2015).

Además, fue realizado un conteo modal a cada muestra a fin de clasificar las rocas según su mineralogía. El mismo fue realizado mediante microscopio petrocalcográfico al cual le fue acoplado un contador de puntos, herramienta también provista por el Departamento de Geología y que hace parte de la sala de microscopios. A cada una de las

13 muestras se les practicó un conteo de 300 puntos a fin de obtener los porcentajes en que se presenta cada mineralogía. Luego se realizó un recalcu al 100 % solo tomando en cuenta cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasas a fin de volcar estos porcentajes en el correspondiente diagrama ternario QAP (Streckeisen 1976) con la ayuda del programa Triplot. Tanto los porcentajes de la mineralogía total, el recalcu y la clasificación según diagrama ternario QAP, fueron volcados a la planilla correspondiente a cada muestra. De esta manera se obtuvo una base de datos para cada muestra por separado.

Para la generación de imágenes satelitales se utilizó el software SASPlanet. Las imágenes de muestras de manos fueron obtenidas mediante fotografías y escaneos de secciones pulidas, las cuales fueron procesadas mediante los softwares CorelDRAW y OpenOffice Draw. Los mapas del área de estudio fueron generados mediante los softwares CorelDRAW e Inkscape.

En cuanto al análisis e interpretación de datos geoquímicos, los mismos fueron procesados mediante los softwares GCDkit (GeoChemical Data toolkit) el cual permite la generación de los diferentes diagramas y Excel, en base a los datos disponibles. Estos mismos diagramas fueron luego procesados mediante el software CorelDRAW para obtener su acabado final.

Capítulo 4: Resultados

4.1. Mapeo

Mediante los recorridos realizados sobre estos cuerpos plutónicos pudo obtenerse información de los contactos con las litologías circundantes. Esto permitió la generación de mapas en donde se observan los límites de los cuerpos plutónicos con las rocas encajonantes. El mapa presentado a continuación es el resultado final de todos los datos obtenidos en cuanto a límites y las litologías presentes (Fig. 8). El plutón Charito posee una forma ovalado visto en planta, con un eje mayor de aproximadamente 2,3 km de orientación noroeste-sureste, que posee un contacto intrusivo con la Formación Agua Escondida en los límites occidental y sur, y con el basamento granítico de la Formación Piedras de Afilar en su sector oriental. En cambio, el plutón Cavado presenta una forma aproximadamente ovalada con su eje mayor orientado norte-sur de unos 10 kilómetros de longitud, que en su sector oriental posee un contacto intrusivo con la Formación Agua Escondida, que solo se observó en una pequeña área en su parte media, y con la Formación Piedras de Afilar en su extremo norte. El contacto mapeado con la Formación Piedras de Afilar para el sector noroccidental fue inferido a partir de las imágenes satelitales. Parte del sector noroccidental y sur del plutón está cubierto por sedimentos Holocenos. Cabe agregar que no se conoce la relación del plutón Cavado con los afloramientos graníticos ubicados hacia el sur del Cerro Los Corrales (Fig. 8).

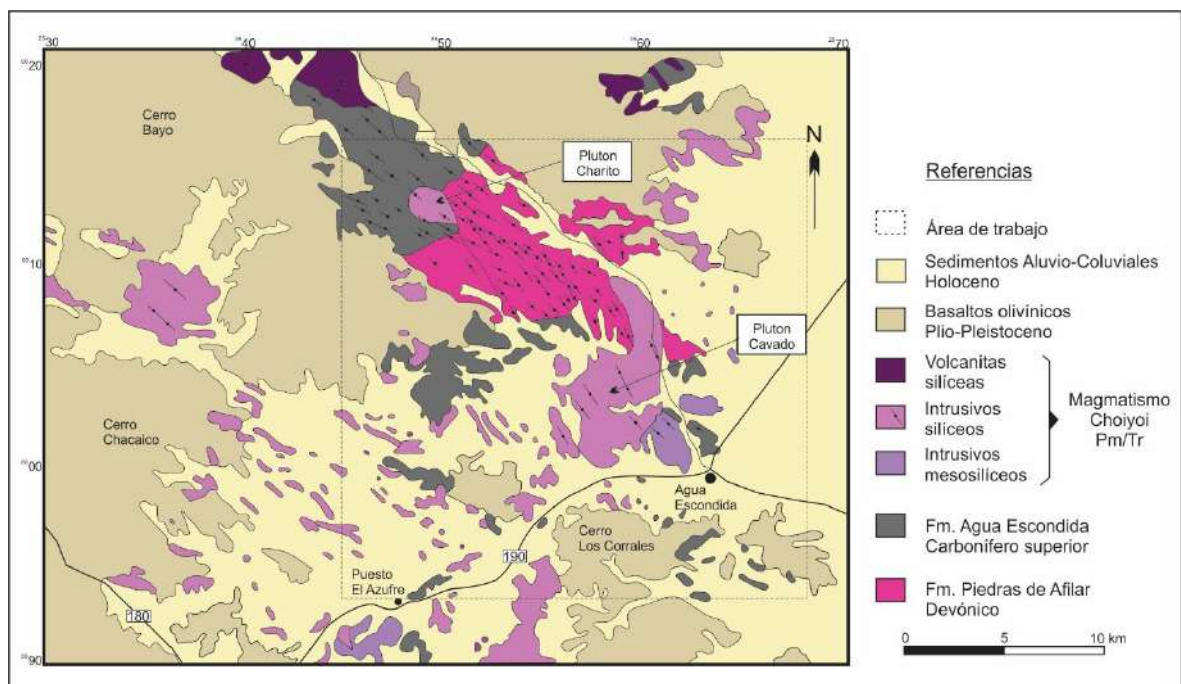


Figura 8. Mapa geológico del Distrito Agua Escondida. El recuadro con línea de puntos indica el área de trabajo.

4.2. Facies reconocidas

Producto de los recorridos realizados sobre estos dos plutones y las descripciones petrográficas fueron identificadas variaciones de tipo textural dentro de los mismos cuerpos.

Como podrá apreciarse posteriormente estas variaciones son solo de tipo textural. No se observan variaciones geoquímicas ni variaciones mineralógicas para las muestras obtenidas y no se reconocieron contactos que evidencien la presencia de otro cuerpo plutónico. Cabe mencionar que el aumento en el número de muestreo ayudaría a mapear estas facies texturales, lo cual excede el trabajo de esta tesina.

Tanto en el plutón Charito como en el plutón Cavado, las facies texturales observadas son: una “porfírica” y otra “granosa alotriomórfica”. Incluso, para el plutón Cavado podría postularse una tercera facies transicional debido a que se observa una ligera pero evidente variación en el tamaño de grano que forma la matriz de la textura porfírica. Esto requeriría mayor cantidad de muestreos dentro de la facies porfírica y confeccionar una mayor cantidad de secciones delgadas que permitan aumentar la disponibilidad de datos y de esta manera poder establecer un límite entre los dos tamaños de granos que presenta esta matriz.

Finalmente, en base a los pocos datos obtenidos en este trabajo, se asigna a la facies porfírica como una textura de zona externa de los cuerpos plutónicos, la cual sería producto de un alto grado de sobreenfriamiento, y la facies granosa alotriomórfica es asignada a zonas internas de los cuerpos plutónicos donde el grado de sobreenfriamiento habría sido bajo, permitiendo de esta manera un mayor desarrollo del tamaño de los cristales.

4.3. Petrografía del plutón Cavado

4.3.1. Descripción en muestra de mano

En muestra de mano y valiéndose de lupa (aumentos 10X y 20X), fueron determinadas las siguientes características de las rocas del plutón Cavado. Presentan colores que van desde rosas claros hasta rojizos (Fig. 9). Son rocas holocristalinas faneríticas. Predomina la textura inequigranular porfírica con cristales mayores de tamaño grueso en una matriz de grano fino, sobre aquellas granosas hipidiomórficas de tamaño medio (Fig. 10 y 11). La mineralogía reconocible a esta escala de observación consta de cuarzo, feldespato alcalino (maclado Carlsbad), plagioclasa (maclado polisintético), biotita y minerales opacos. Siendo cuarzo y feldespato alcalino las mineralogías que forman parte de los cristales mayores, tomando formas subhedrales a euhedrales, allí donde se observan

texturas inequigranulares porfíricas. Son rocas leucocráticas y hololeucocráticas (< 5 % de mafitos).



Figura 9. Fotografía de muestras de mano utilizadas para descripción en muestra de mano. En la imagen se observan principalmente los colores que toman estas rocas ya sea en zonas internas frescas (ejemplo: muestra ESC-27-17), como externas donde los colores se opacan producto del desarrollo de patinas de óxidos (ejemplo: muestra ESC-28-17). Nótese lupa utilizada para dicha descripción, a modo de escala.

4.3.2. Descripción microscópica

Antes de comenzar a detallar las descripciones realizadas a esta escala de observación es conveniente aclarar que se presentaran, ligeros pero reconocibles, contrastes entre las características descritas en la sección “Descripción en muestra de mano”, esto se debe a las limitaciones que presenta una descripción preliminar a muestra de mano mediante la ayuda de una lupa versus una escala microscópica con mayor grado de detalle.

En secciones delgadas se observan rocas holocristalinas faneríticas. La textura predominante en estas rocas es de tipo inequigranular porfírica, aunque 3 de las 8 muestras descritas presentan textura granosa alotriomórfica (descrita como hipidiomórfica en muestra de mano). Mediante las mediciones realizadas microscópicamente se llegó los siguientes promedios de tamaños absolutos de grano: para la textura de tipo inequigranular porfírica los cristales mayores alcanzan tamaños de 2,6 mm (grano medio) y los cristales que conforman la matriz 0,25 mm (grano fino); para la textura granosa alotriomórfica el tamaño de los cristales es de 1,6 mm (grano medio). Clasifican así, como texturas de grano medio a fino. Las formas que toman los cristales en su mayoría van desde anhedrales a

subhedrales. Allí donde se da la textura inequigranular porfírica, sus cristales mayores llegan a tomar formas euhedrales a subhedrales. Los minerales esenciales que constituyen estas rocas son cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasa. Los minerales accesorios, tanto mayoritarios como minoritarios, se detallarán en los párrafos siguientes. Siendo el cuarzo, feldespatos alcalinos y en escasas ocasiones plagioclasas, la mineralogía presente como cristales mayores en texturas inequigranulares porfíricas.

Minerales esenciales:

❖ Cuarzo: la proporción del mismo en estas rocas varía entre 34,33 % y 57,7 %. Toman formas euhedrales a subhedrales cuando se encuentran formando parte de los cristales mayores en texturas inequigranulares porfíricas y subhedrales hasta anhedrales cuando forman parte de la matriz o cuando la roca presenta textura granosa alotriomórfica. Es común la presencia de fracturas rellenas por hematita, inclusiones fluidas y extinción ondulosa típica de eventos de deformación (Fig. 12 y 13).

❖ Feldespatos potásicos: su proporción varía entre 27,83 % y 48,66 %. Toman formas que van desde subhedrales a anhedrales. Es común la presencia de texturas de entrecrecimiento de tipo “granofírica” y “perítica”, esta última tomando formas de cordones que por momento pasan a parches y se dificulta su observación debido a la presencia de una alteración de tipo arcillosa. Se observa una textura de sobrecrecimiento de tipo “rapakivi” y en menor medida una textura en la que el feldespato potásico se presenta creciendo sobre otro individuo mineral que no puede ser reconocido mediante propiedades ópticas. Presentan maclado tipo Carlsbad (Fig. 14, 15 y 16).

❖ Plagioclasa: se encuentra presente en estas rocas con porcentajes que van desde 8,68 % a 21 %. Toman formas anhedrales a subhedrales. Siempre se observan con alteración de tipo sericitica. El maclado observado es de tipo polisintético (macla de albita, carlsbad-albita y periclina). Se observan escasas y pequeñas “mirmequitas” (Fig. 17).

Minerales accesorios:

Mayoritarios

Biotita: el contenido de este mineral va desde 0 % (no interceptada por los nodos del conteo modal) hasta un máximo de 3 %, valores que confirman la denominación de estas rocas como hololeucocráticas (< 5% de mafitos). En la mayoría de los casos toman formas anhedrales a subhedrales donde se distingue su hábito escamoso, solo en una muestra pueden observarse escasas secciones basales. En la totalidad de las secciones delgadas observadas se presentan desferrizadas y en menor medida cloritizadas. Es común que en la vecindad de estos cristales la proporción de hematita secundaria tome valores

relevantes. Presentan inclusiones de minerales opacos y apatito. Su cristalización es de tipo intersticial, en las oquedades dejadas por el resto de minerales cristalizados tempranamente (Fig. 18 y 19).

Minoritarios

Minerales opacos que en ocasiones llega al 1 %, circón, fluorita (1,34 %) y apatito (Fig. 20 y 21).

Minerales secundarios o producto de alteración:

Alteración de tipo sericita desarrollada sobre plagioclasa, alteración de tipo arcillosa desarrollada sobre feldespato, hematita (principalmente rellenando fracturas o a modo de patinas sobre el resto de los cristales), cloritas (producto de la alteración de biotitas) y en menor medida moscovita secundaria.

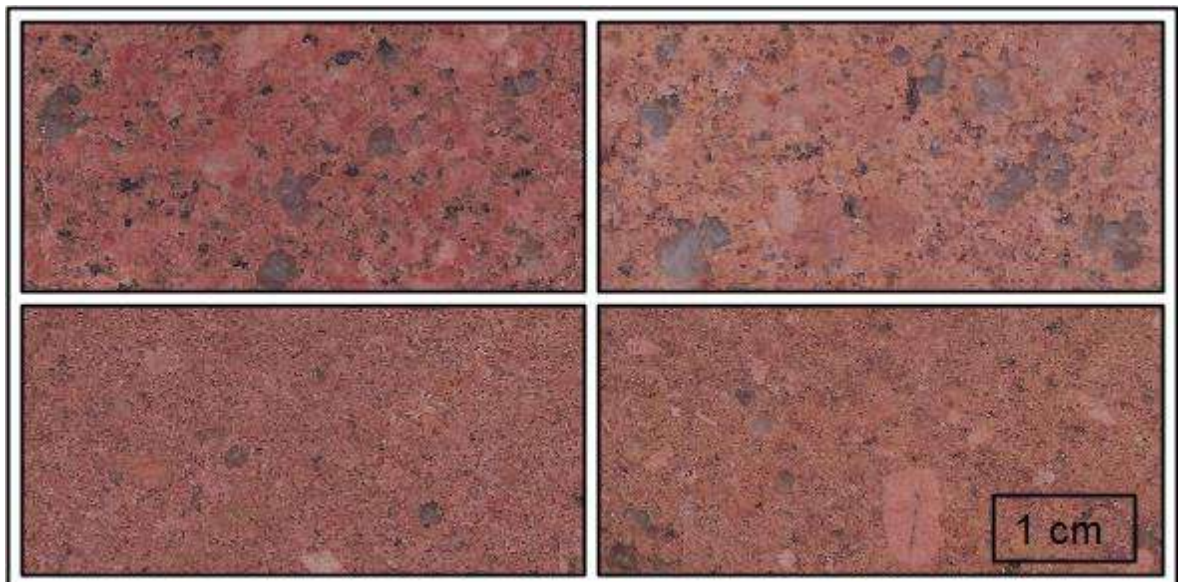


Figura 10. Fotografías de muestras de mano pulidas donde puede observarse la textura inequigranular porfírica.



Figura 11. Fotografía de muestras de mano pulidas donde puede observarse la textura granosa alotriomórfica.

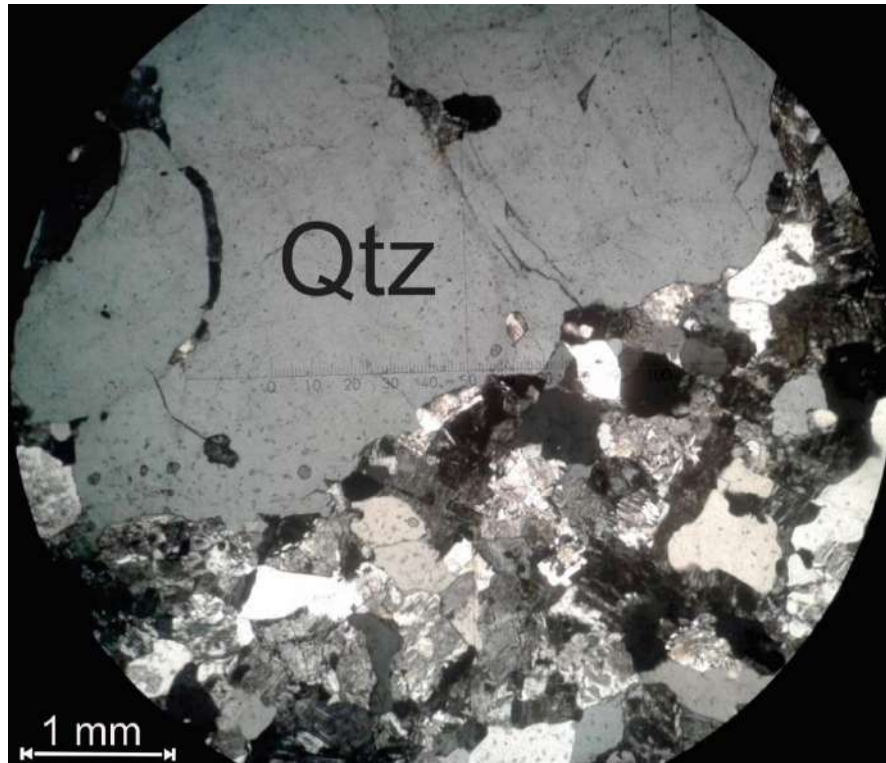


Figura 12. Fotomicrografía a nicols cruzados donde puede observarse la textura inequigranular porfírica, obsérvese que la mitad del campo óptico es ocupado por un solo individuo cristalino.



Figura 13. Fotomicrografía a nicols cruzados donde puede observarse la textura granosa aliothomórfica.

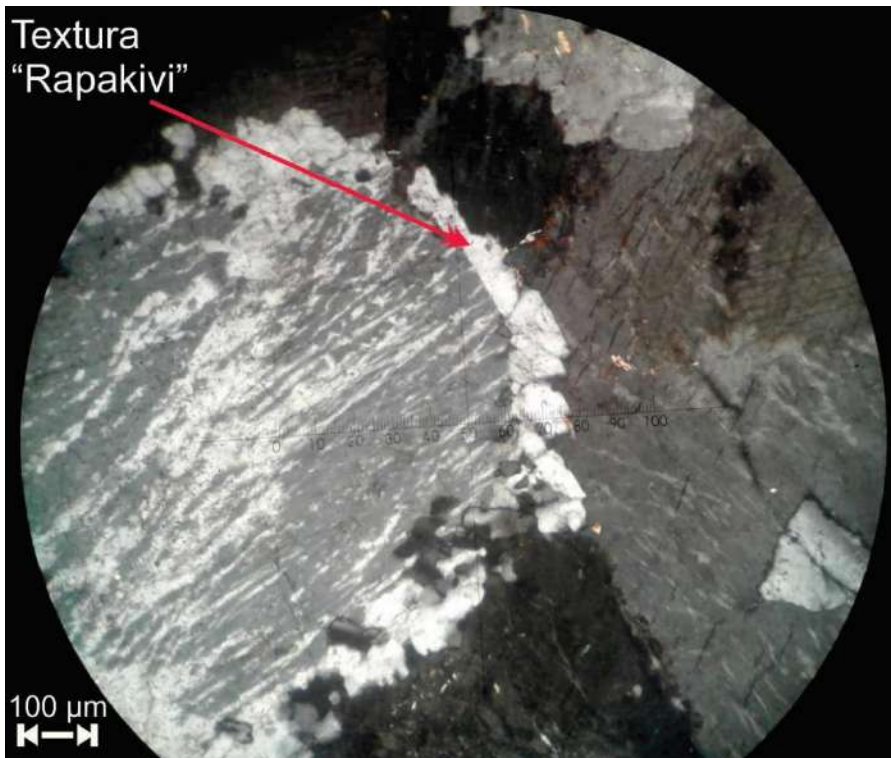


Figura 14. Fotomicrografía donde puede observarse la textura Rapakivi desarrollada sobre un cristal de feldespato alcalino que además presenta textura perítica.

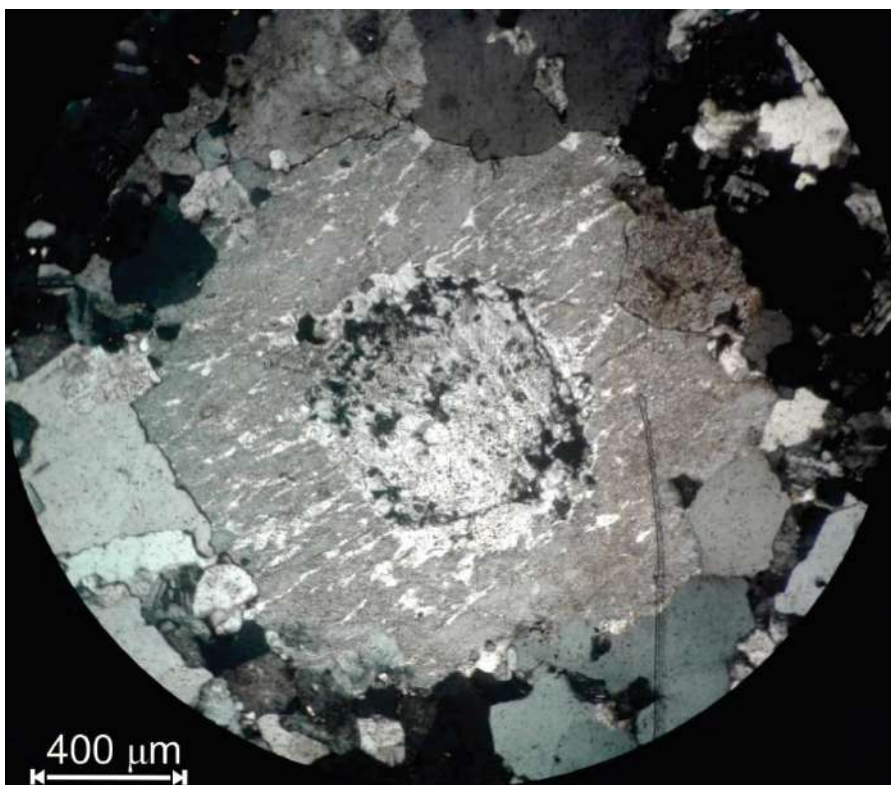


Figura 15. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde se observa una textura de sobrecrecimiento de feldespato potásico sobre otro individuo cristalino que no puede ser identificado mediante sus propiedades ópticas. Además, se observa que presenta textura perítica.

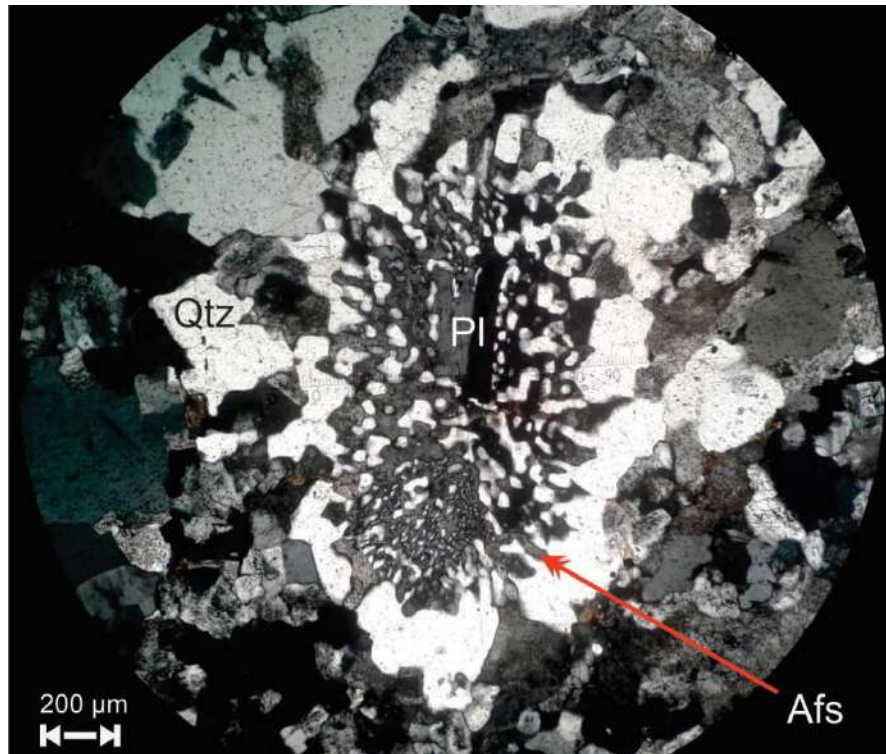


Figura 16. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde se observa la textura granofírica. Puede apreciarse el entrecrecimiento radial de cuarzo y feldespato alcalino hacia el centro, ocupado por un cristal de plagioclasa

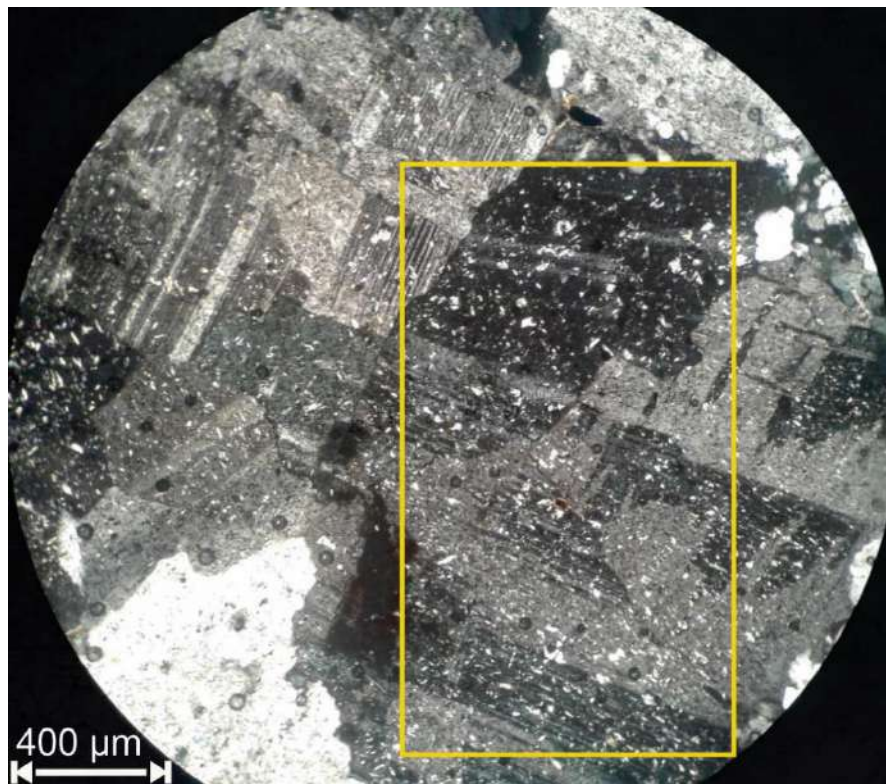


Figura 17. Fotomicrografía a nicoles cruzados, el recuadro amarillo encierra cristales de plagioclasas que están siendo alterados a sericita.

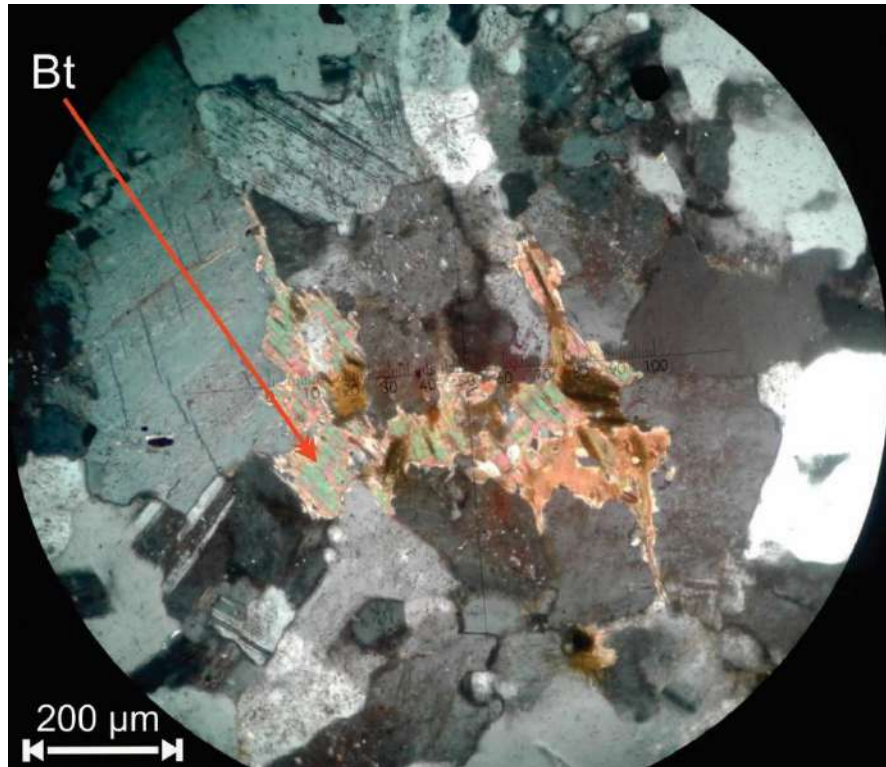


Figura 18. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde puede observarse la cristalización de biotita intersticial en las oquedades dejadas por el resto de los minerales cristalizados tempranamente.

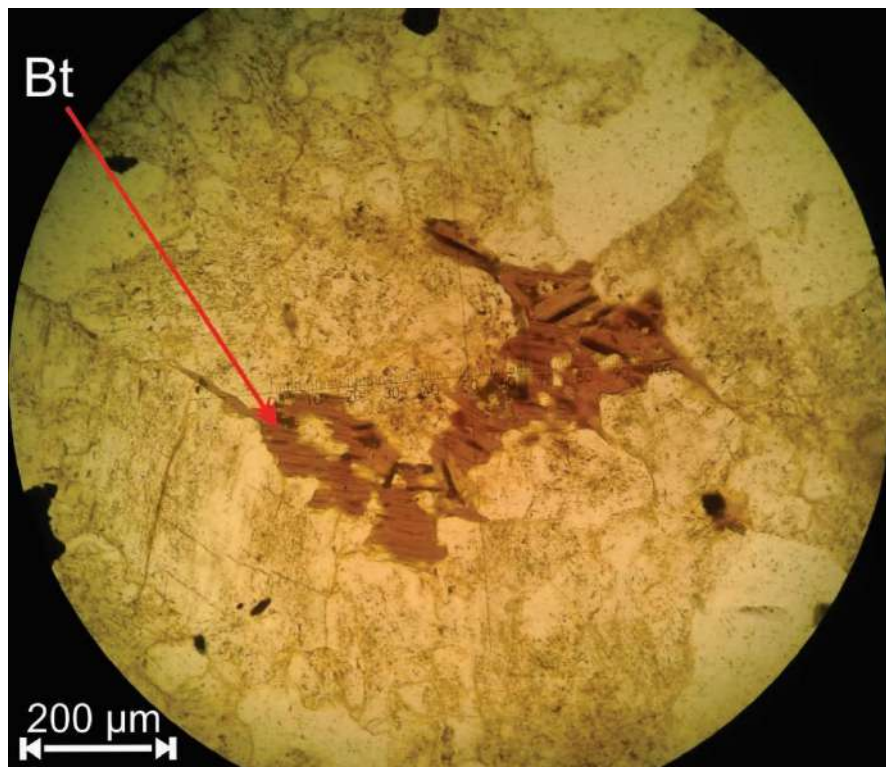


Figura 19. Fotomicrografía a nicoles paralelos donde puede observarse la cristalización de biotita intersticial en las oquedades dejadas por el resto de los minerales cristalizados tempranamente.



Figura 20. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde pueden observarse cristales subhedrales de Fluorita.

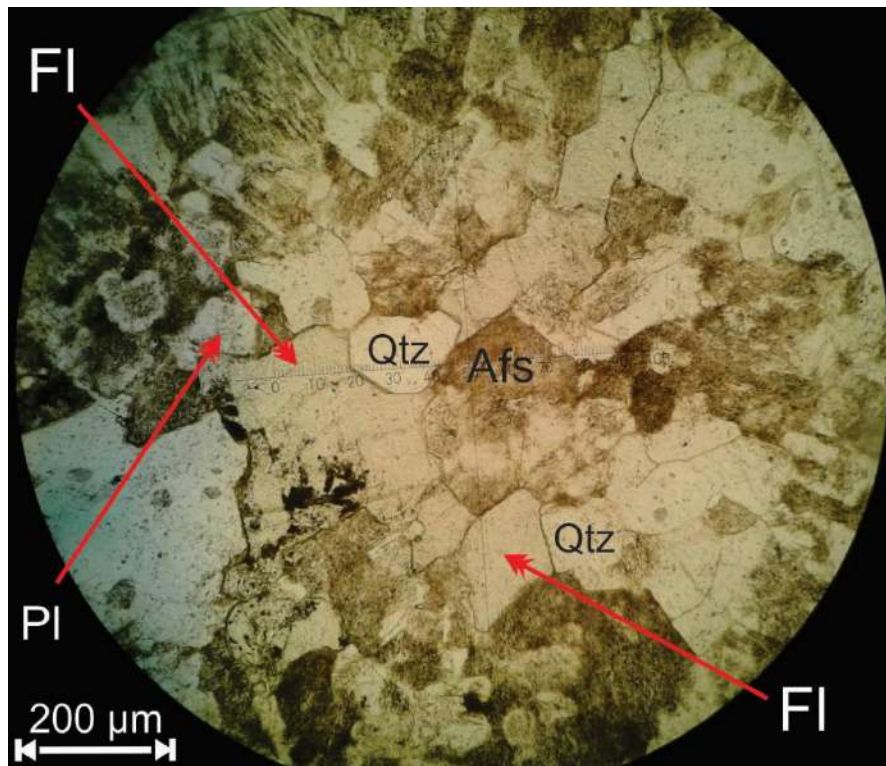


Figura 21. Fotomicrografía a nicoles paralelos donde pueden observarse cristales de Fluorita.

4.3.3. Clasificación modal para las rocas del plutón Cavado

Como fue explicado en la sección “trabajos de gabinete”, los porcentajes obtenidos mediante un conteo de puntos sobre las secciones delgadas (Cuadro 2) fueron recalculados al 100 % para cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa a fin de realizar una clasificación modal para las rocas del cuerpo plutónico Cavado. Estos valores fueron volcados al diagrama ternario QAP (Streckeisen 1976) mediante el programa Triplot para así clasificar estas rocas plutónicas.

Como puede observarse en el diagrama QAP (Streckeisen 1976, Fig. 22) para las rocas del plutón Cavado el total de las muestras sobre las que se realizó conteo modal se posicionan dentro del campo de los granitos. Solo una de las ocho muestras cae en la sección 3b de “monzogranitos” y las siete muestras restantes lo hacen en la sección 3a de “sienogranitos”.

Datos modales: Pluton Cavado								
Minerales	Cv 1	Cv 2	Cv 3	Cv 4	Cv 5	Cv 6	Cv 7	Cv 8
Cuarzo	44,33%	51,33%	34,33%	36%	37,66%	42,66%	48%	43,33%
F. Alcalino	16,66%	15%	2%	9%	7%	8%	6%	9,33%
Plagioclasa	11,33%	8,68%	21%	12,34%	16,33%	17,33%	21%	11%
Textura perfitica	20,33%	17,33%	42,34%	39,66%	38,33%	31%	23%	33,66%
Textura Granofirica	5,33%	6,66%	-	-	-	0,33%	0,33%	-
Biotita	0,68%	1%	-	3%	-	0,68%	-	2,34%
Fluorita	1,34%	-	0,33%	-	-	-	1,33%	0,34%
Minerales Opacos	-	-	-	-	0,68%	-	0,34%	-

Cuadro 2. Datos modales para clasificación QAP (Streckeisen 1976) de las rocas del plutón "Cavado".

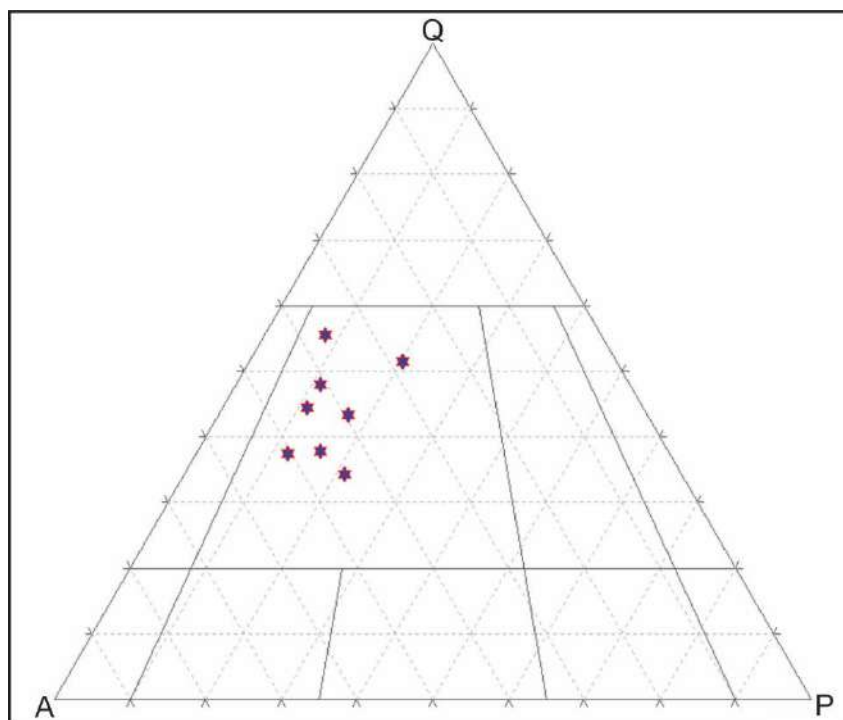


Figura 22. Clasificación QAP (Streckeisen 1976) para las rocas del plutón "Cavado".

4.4. Petrografía del plutón Charito

4.4.1. Descripción en muestra de mano

En muestra de mano y valiéndose de lupa (aumentos 10X y 20X) fueron determinadas las siguientes características de las rocas del plutón Charito. Presentan colores rosados hasta rojizos (Fig. 23), una de las muestras presenta color blancuzco. Son rocas holocristalinas faneríticas. Las texturas comunes son: granosa hipidiomorfica de tamaño medio e inequigranular con cristales mayores de tamaño grueso en una matriz de grano fino, en su mayoría porfírica y en menor medida seriada. La mineralogía reconocible a esta escala de observación consta de cuarzo, feldespato alcalino (maclado Carlsbad), plagioclasa (maclado polisintético) y biotita. Siendo cuarzo y feldespato alcalino las principales mineralogías que forman parte de los megacristales allí donde se observa textura porfírica. Estas rocas son leucocráticas y hololeucocráticas (< 5 % de mafitos).

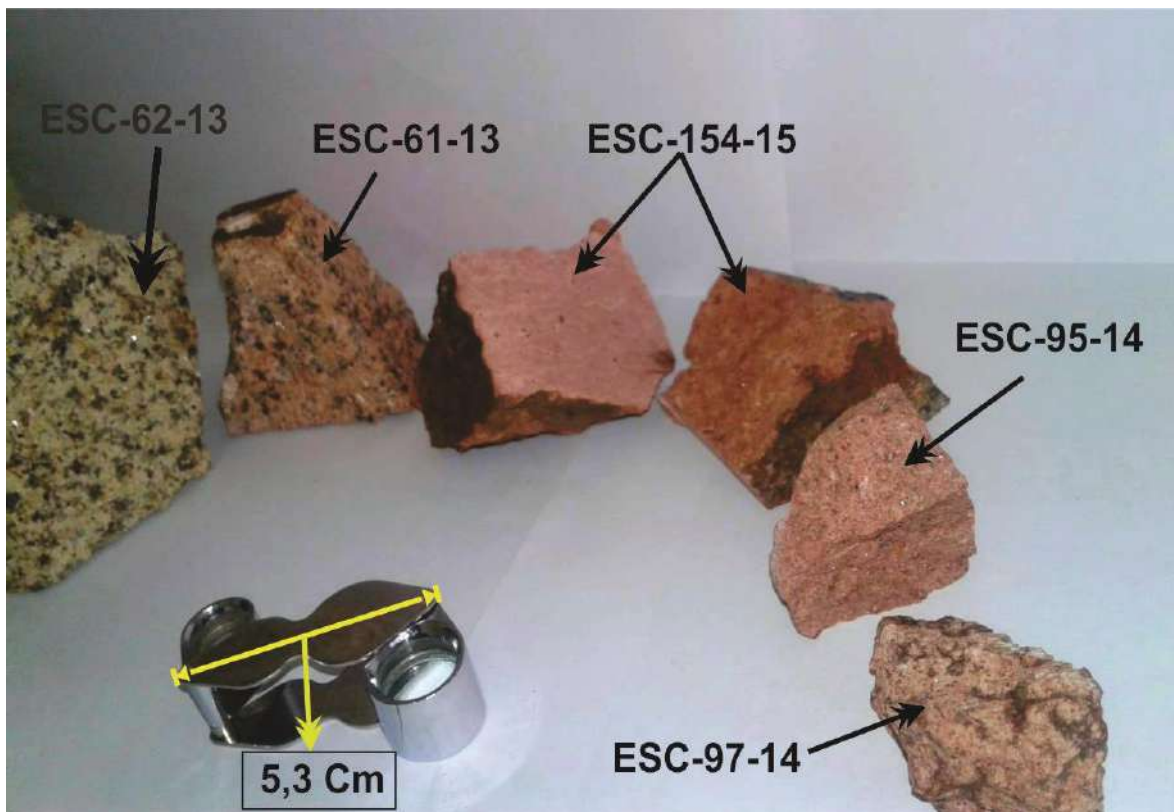


Figura 23. Fotografía de muestras de mano utilizadas para descripción en muestra de mano. En la imagen se observan principalmente los colores que toman estas rocas ya sea en zonas internas frescas (ejemplo: muestra ESC-61-13), como externas donde los colores se opacan producto del desarrollo de patinas de óxidos (ejemplo: borde izquierdo de la muestra ESC-154-15). Nótese lupa utilizada para dicha descripción, a modo de escala.

4.4.2. Descripción microscópica

Antes de comenzar a detallar las descripciones realizadas a esta escala de observación es conveniente aclarar que se presentaran, ligeros pero reconocibles, contrastes entre las características descritas en la sección “descripción en muestra de mano”, esto se debe a las limitaciones que presenta una descripción preliminar a muestra de mano mediante la ayuda de una lupa versus una escala microscópica con mayor grado de detalle.

En secciones delgadas se observan rocas holocristalinas faneríticas. Del total de 5 muestras, 3 presentan textura inequigranular porfírica (una de ellas descrita como “seriada” macroscópicamente) y las 2 muestras restantes presentan textura granosa alotriomórfica (descritas como granosas hipidiomórficas en muestra de mano). Mediante las mediciones realizadas microscópicamente se llegó los siguientes promedios de tamaños absolutos de grano: para la textura de tipo inequigranular porfírica los cristales mayores alcanzan tamaños de 1,7 mm (grano medio) y los cristales que conforman la matriz 0,2 mm (grano fino); para la textura granosa alotriomórfica el tamaño de los cristales es de 2,5 mm (grano medio). Clasifican así, como texturas de grano fino a medio. Las formas que toman los cristales que constituyen estas rocas en su mayoría va desde anhedrales a subhedrales, pero allí donde presenta la textura inequigranular porfírica sus cristales mayores pueden ser desde subhedrales a euhedrales. Los minerales esenciales que constituyen estas rocas son cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa. Los minerales accesorios, tanto mayoritarios como minoritarios, se detallarán en los párrafos siguientes. Siendo el cuarzo, feldespato alcalino y en menor medida plagioclasa, la mineralogía dominante como cristales mayores en aquellas rocas que presentan textura inequigranular porfírica.

Minerales esenciales:

❖ Cuarzo: la proporción en que este mineral se presenta en estas rocas va desde 33,49 % a 45,5 %. Sus cristales toman formas que van desde euhedrales a subhedrales en los casos en que forma parte de los megacristales de las texturas porfíricas y subhedrales a anhedrales en los casos en que se encuentran formando parte de la matriz o de la textura granosa alotriomórfica. Presentan fracturas rellenas por hematita, esta misma también se observa recubriendo los bordes de los cristales. Es frecuente que posean extinción ondulosa, típica de eventos de deformación. En la totalidad de las secciones delgadas observadas presentan inclusiones fluidas (Fig. 27).

❖ Feldespato potásico: este mineral presenta proporciones en las rocas que van desde 31 % hasta 56,49 %. Al igual que el cuarzo, cuando se encuentra formando parte de los cristales mayores en la textura inequigranular porfírica, presenta formas euhedrales a subhedrales y toman formas subhedrales a anhedrales cuando forman parte de la matriz o de la textura granosa alotriomórfica. Presentan maclado Carlsbad y exhiben texturas de entrecrecimiento tales como granofírica, micrográfica y pertítica, esta última toma forma de cordones y en menor medida de parches. Una alteración de tipo arcillosa está presente en la totalidad de las secciones delgadas observadas. Solo en una muestra se observó fracturas que atraviesan a más de un cristal y se encuentran rellenas por hematita (Fig. 28, 30 y 31).

❖ Plagioclasa: las proporciones en que se encuentra varían entre 3,66 % y 24 %. En su mayoría toman formas anhedrales a subhedrales. Su mayor proporción se encuentra formando parte de la matriz, pero, aunque en escasas ocasiones, se presenta como megacristales. Poseen alteración de tipo sericita y maclado polisintético (Fig. 29).

Minerales accesorios:

Mayoritarios

Biotita: este mineral presenta proporciones que van desde 0,34 % hasta 3,33 %. En la mayoría de los casos toman formas anhedrales a subhedrales. Se presentan desferizadas y cloritizadas con frecuentes inclusiones de minerales opacos. El porcentaje de hematita secundaria siempre toma valores mayores en la vecindad de estos cristales (Fig. 32).

Minoritarios

Fueron reconocidos en estas rocas son los siguientes: minerales opacos (0,67 % - 1 %) con formas anhedrales, cúbicas y romboidales (magnetita e ilmenita), circón, fluorita (0,35 %) y apatito (Fig. 33 y 34).

Minerales secundarios o producto de la alteración:

Alteración de tipo arcillosa sobre los feldespatos alcalinos, de tipo sericita sobre las plagioclasas, hematita, cloritas y moscovita que una de las muestras fue interceptada por los nodos de conteo modal, llegando a representar el 1 % de la sección delgada.



Figura 24. Fotografía de muestras de mano pulidas donde puede observarse la textura inequigranular porfírica.

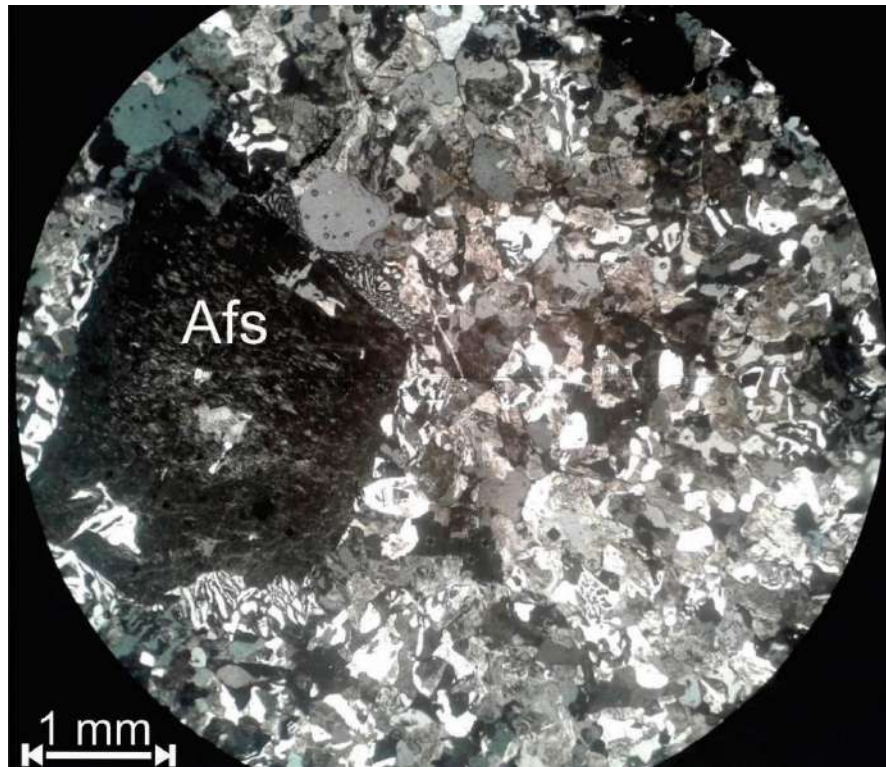


Figura 25. Fotomicrografía a nicols cruzados donde puede observarse en detalle la textura inequigranular porfírica.



Figura 26. Fotografía donde puede observarse la textura granosa alotriomórfica en muestras de mano pulidas.

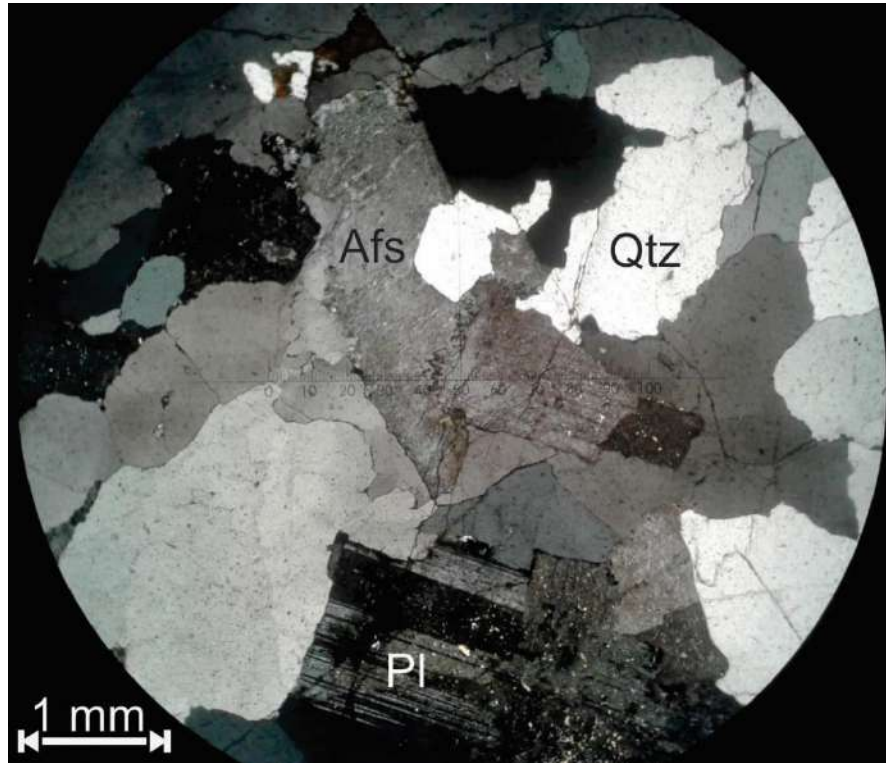


Figura 27. Fotomicrografía a nicols cruzados donde puede observarse en detalle la textura granosa alotriomórfica.

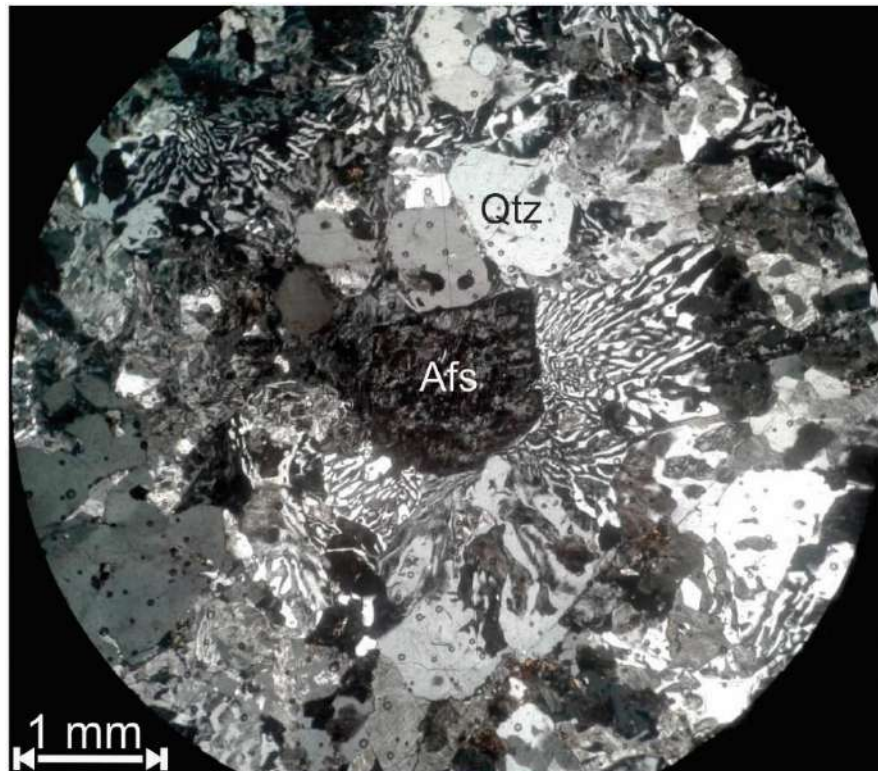


Figura 28. Fotomicrografía a nicols cruzados donde puede observarse la textura granofítica.

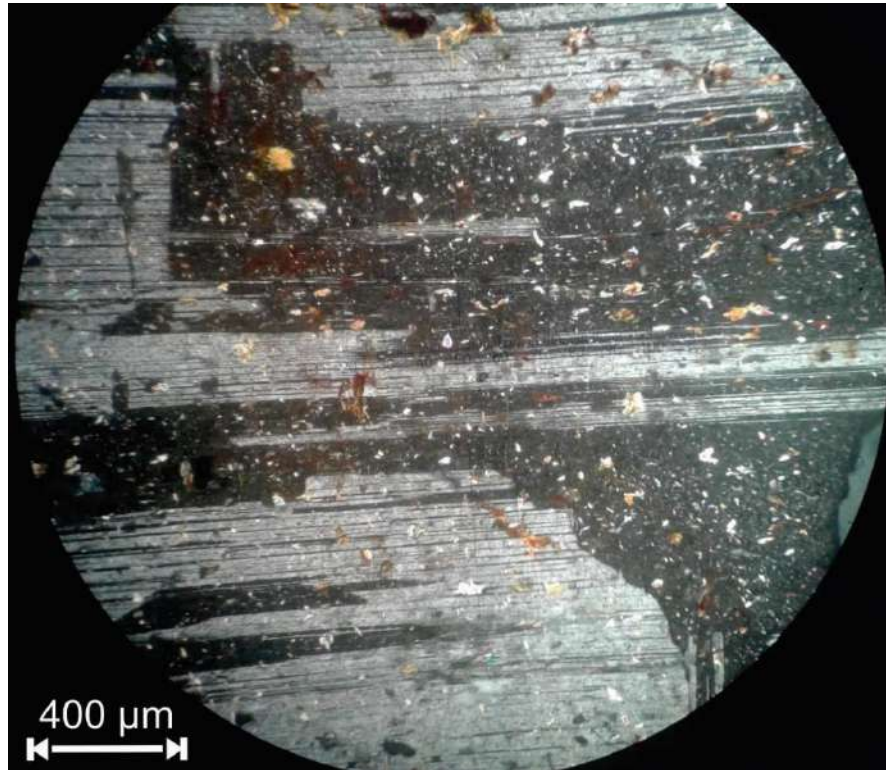


Figura 29. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde puede observarse un cristal de plagioclasa ocupando la totalidad del campo óptico. El mismo está siendo alterado a sericita, estas pueden observarse como cristalitas sobre todo el cristal de plagioclasa.

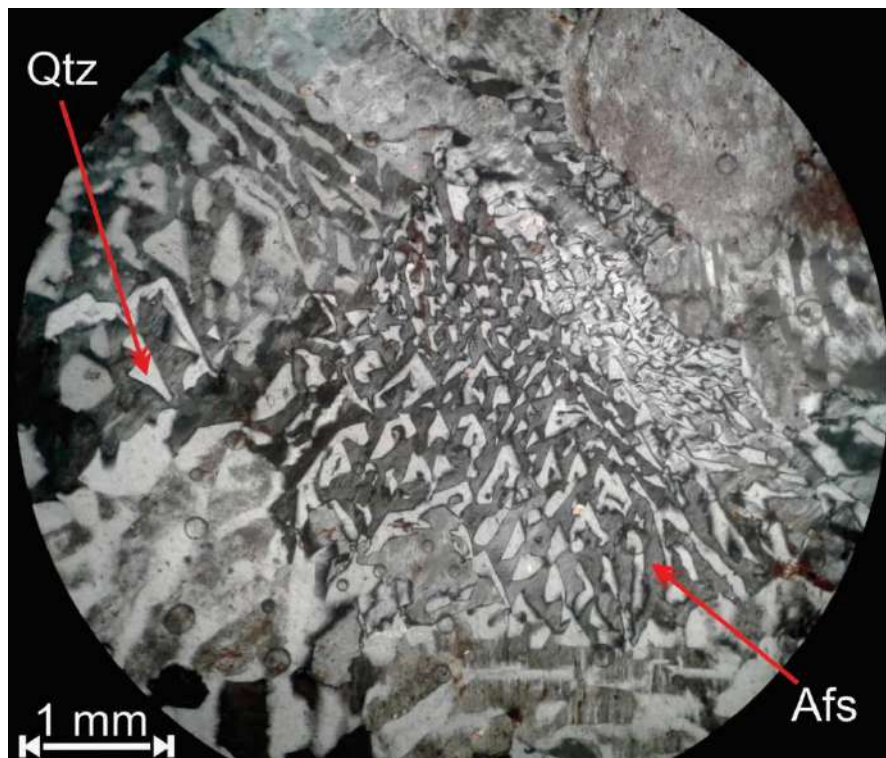


Figura 30. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde puede observarse la textura micrográfica. Nótese el entrecrecimiento de cuarzo con aspecto grafico cuneiforme en feldespato alcalino.



Figura 31. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde puede observarse un cristal de feldespato potásico que presenta textura pertítica con formas de parches y pequeños cordones, y maclado Carlsbad.

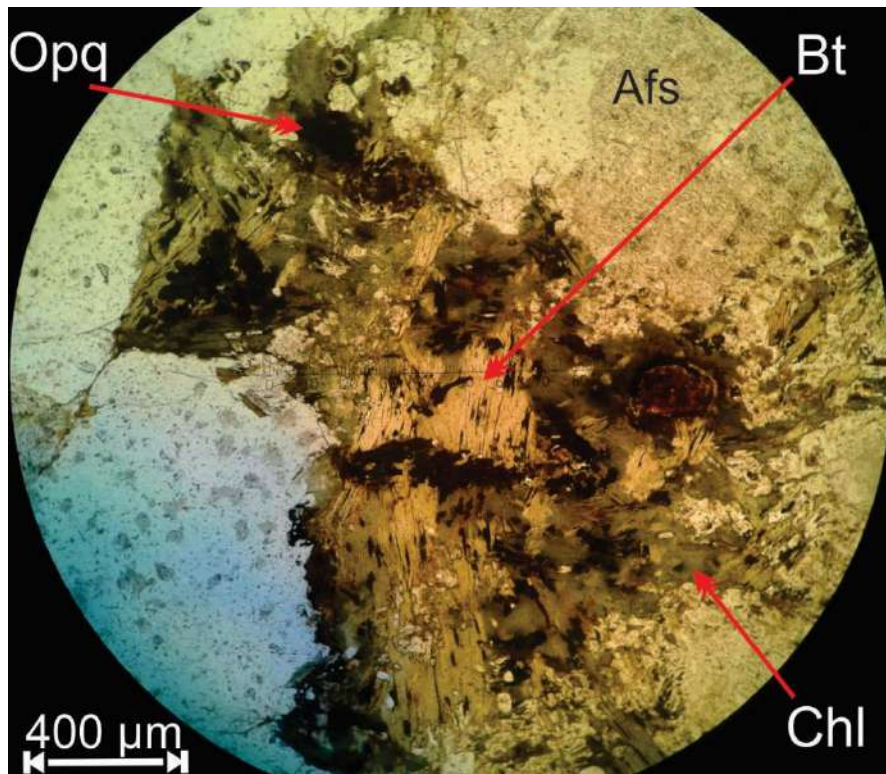


Figura 32. Fotomicrografía a nicoles paralelos donde puede observarse la cristalización de biotita intersticial en las oquedades dejadas por el resto de los minerales cristalizados tempranamente. Se encuentran siendo alterados a clorita y presentan inclusiones de minerales opacos.

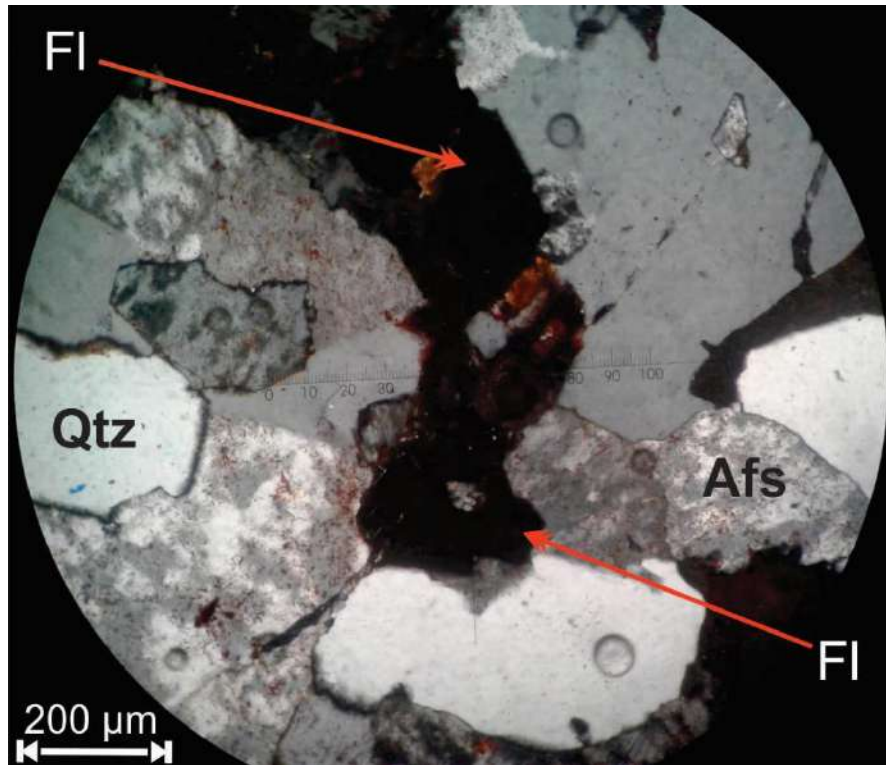


Figura 33. Fotomicrografía a nicoles cruzados donde pueden observarse cristales subhedrales de Fluorita.

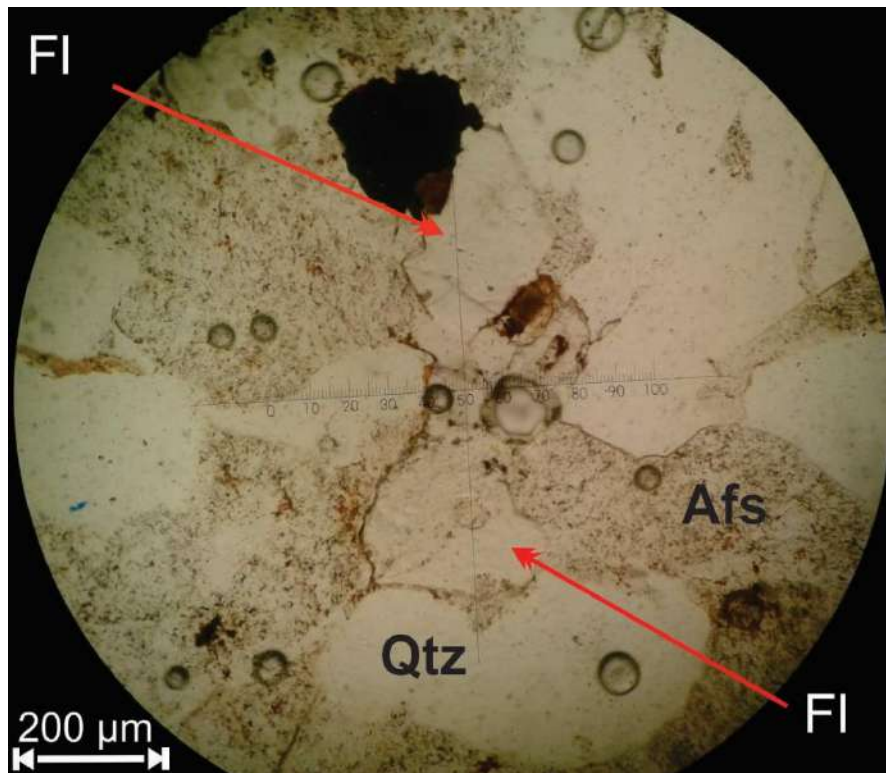


Figura 34. Fotomicrografía a nicoles paralelos donde pueden observarse cristales subhedrales de Fluorita.

4.4.3. Clasificación modal para las rocas del plutón Charito

Los porcentajes obtenidos mediante un conteo de puntos sobre las secciones delgadas (Cuadro 3) fueron recalculados al 100 % para cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa a fin de realizar una clasificación modal para las rocas del cuerpo plutónico Charito. Estos valores fueron volcados al diagrama ternario QAP (Streckeisen 1976) mediante el programa Triplot para así clasificar estas rocas plutónicas.

Datos modales: Pluton Charito					
Minerales	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5
Cuarzo	39,66%	42%	40,33%	42,33%	31,66%
F. Alcalino	5,35%	5,33%	6%	6%	16,66%
Plagioclasa	18,33%	11%	3,66%	24%	8,33%
Textura Pertítica	33,66%	40,66%	36%	25%	38%
Textura Granofírica	-	-	10,33%	-	3,66%
Biotita	2%	0,34%	3,33%	2,67%	0,69%
Fluorita	-	-	0,35%	-	-
Minerales Opacos	-	0,67%	-	-	1%
Moscovita	1%	-	-	-	-

Cuadro 3. Datos modales para clasificación QAP (Streckeisen 1976) de las rocas pertenecientes al plutón "Charito".

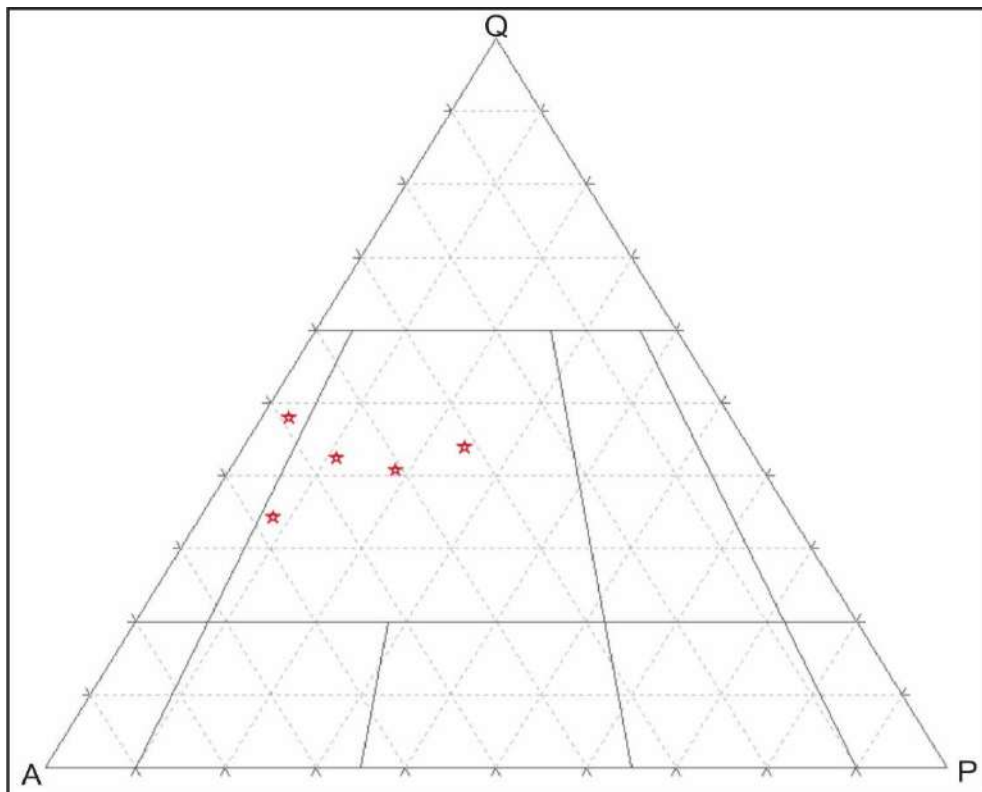


Figura 35. Clasificación QAP (Streckeisen 1976) para las rocas del plutón "Charito".

Como puede observarse en el diagrama QAP (Streckeisen 1976, Fig. 35) de la para las rocas del plutón Charito el total de las muestras sobre las que se realizó conteo modal se posicionan dentro del campo de los granitos. Del total de cinco muestras, tres ubican sobre la sección 3a de “sienogranitos” (una de estas se encuentra muy cercana al límite con la sección 3b la cual corresponde a monzogranitos), una de las muestras se posiciona sobre la sección 3b de “monzogranitos” y finalmente una de las muestras cae sobre la sección 2 de “granitos de feldespato alcalino”.

4.5. Geoquímica de los plutones Charito y Cavado

Para las 11 muestras obtenidas de los plutones Charito y Cavado se realizaron análisis químicos que permitieron conocer sus contenidos en elementos mayoritarios y traza (Cuadro 4 y 5). Los datos fueron volcados en distintos diagramas que se utilizan para la clasificación y caracterización química de rocas ígneas y para inferir el ambiente geotectónico en el que estas rocas se formaron.

4.5.1. Clasificación geoquímica

Los valores de elementos mayoritarios (ver tabla 3) fueron utilizados al diagrama para la clasificación de rocas plutónicas propuesto por Bellieni et al. (1995) según los contenidos de SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. En este diagrama (Fig. 36) puede observarse que las muestras se sitúan para los dos plutones dentro del campo delimitado para los sienogranitos.

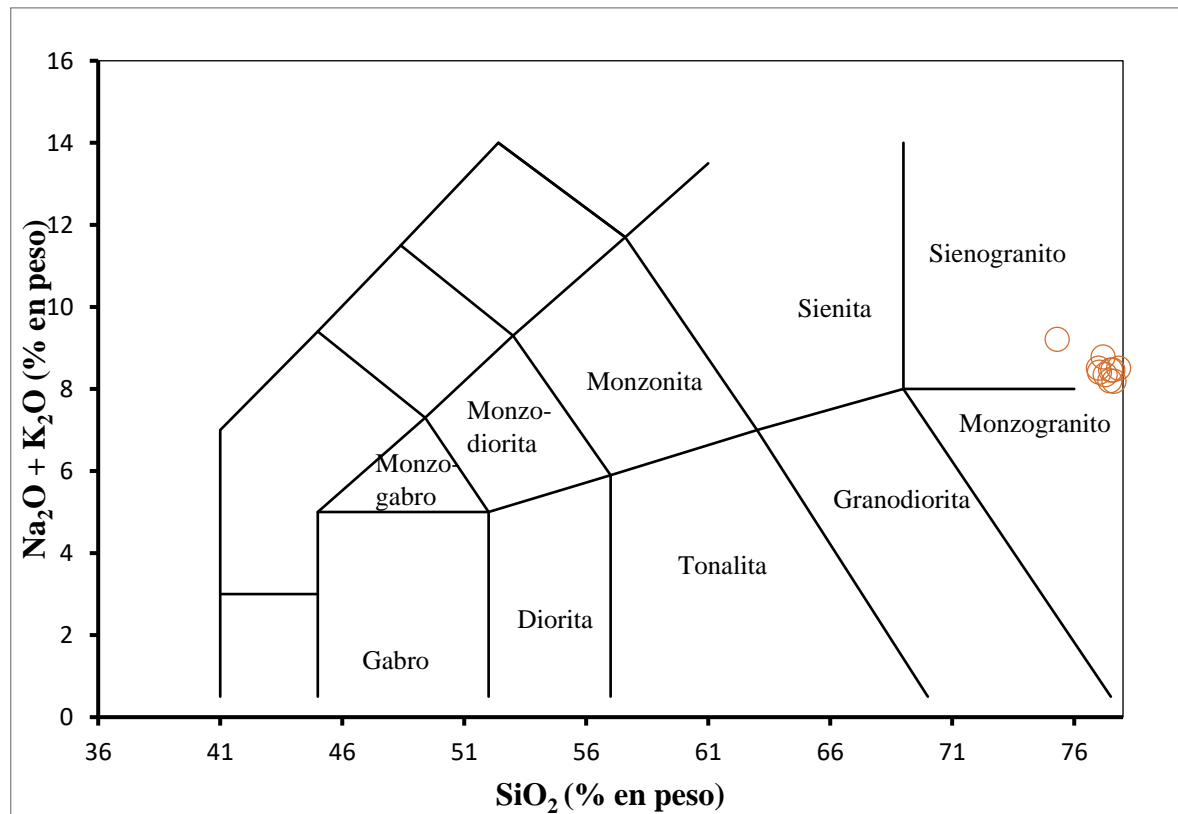


Figura 36. Diagrama de clasificación de rocas plutónicas según Bellieni et al. (1995), donde se representan los valores de elementos mayoritarios obtenidos para las muestras de los plutones “Charito” y “Cavado”.

Muestras	Cv 1	Cv 2	Cv 3	Cv 4	Cv 5	Cv 6	Cv 7	Cv 8	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Límites de detección	
	Granito Cavado								Granito Charito				
Latitud (S)	36° 5'19,50"	36° 5'51,40"	36° 6'34,40"	36° 7'40,40"	36° 7'21,60"	36° 7'22,30"	36° 7'15,10"	36° 6'37,70"	36° 1'28,60"	36° 2'4,70"	36° 1'20,70"		
Longitud (O)	68° 19'54,40"	68° 19'48,90"	68° 20'17,40"	68° 23'12,20"	68° 20'44,60"	68° 21'27,70"	68° 22'1,30"	68° 22'53,10"	68° 26'39,90"	68° 26'24,40"	68° 27'22,30"		
Óxidos mayoritarios (% en peso)													
SiO ₂	75,54	76,3	76,62	77,83	76,01	75,65	77,32	76,04	76,32	78,29	76,96	0,01	
TiO ₂	0,05	0,07	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,06	0,05	0,01	
Al ₂ O ₃	12,15	12,27	12,14	12,25	12,08	12,3	12,01	13,44	12,04	12,1	11,49	0,01	
Fe ₂ O _{3T}	1,45	1,61	1,32	1,36	1,21	1,42	1,16	1,49	1,48	1,62	1,28	0,04	
MnO	0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	
MgO	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,02	<0,01	0,05	0,11	<0,01	0,01	0,01	
CaO	0,34	0,36	0,34	0,44	0,44	0,44	0,35	0,53	0,33	0,24	0,19	0,01	
Na ₂ O	3,86	3,83	4,26	3,68	4,36	4,37	4,46	4,17	3,49	4,26	3,43	0,01	
K ₂ O	4,3	4,5	4,1	4,53	4,28	3,99	3,99	5,13	4,59	4,28	4,52	0,01	
P ₂ O ₅	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,01	<0,01	0,01	
LOI	0,39	0,25	0,29	0,45	0,37	0,3	0,33	0,28	0,4	0,19	0,43	0,1	
Total	98,15	99,3	99,17	100,71	98,85	98,56	99,69	101,26	98,93	101,1	98,4		

LOI = pérdida por calcinación; Fe total = Fe₂O_{3T}

Cuadro 4. Valores obtenidos mediante análisis químico para elementos mayoritarios de las muestras correspondientes a los Plutones "Charito" y "Cavado".

Muestras	Cv 1	Cv 2	Cv 3	Cv 4	Cv 5	Cv 6	Cv 7	Cv 8	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Límites de detección
	Granito Cavado								Granito Charito			
Latitud (S)	36° 5'19,50"	36° 5'51,40"	36° 6'34,40"	36° 7'40,40"	36° 7'21,60"	36° 7'22,30"	36° 7'15,10"	36° 6'37,70"	36° 1'28,60"	36° 2'4,70"	36° 1'20,70"	
Longitud (O)	68° 19'54,40"	68° 19'48,90"	68° 20'17,40"	68° 23'12,20"	68° 20'44,60"	68° 21'27,70"	68° 22'1,30"	68° 22'53,10"	68° 26'39,90"	68° 26'24,40"	68° 27'22,30"	
Elementos traza (ppm)												
Rb	276,3	235	268,4	271,7	315,9	287,9	368,1	248,1	314,7	225,4	375,1	0,1
Sr	9,5	8,6	22,2	12,8	10,3	10,4	5,7	14,8	29,1	3,4	4,8	0,5
Cs	1,2	1,7	1,5	3	2,8	1,5	2	2,8	2,5	1,3	8,2	0,1
Ba	37	85	53	75	29	29	15	135	85	17	25	1
Zr	94,1	110,9	143,6	103,9	120,1	130,1	106,3	123,3	102,7	188,1	156,4	0,1
Hf	5,1	5,5	9	5	7,9	9,3	7,2	6,2	4,3	8,2	6,8	0,1
Nb	33,2	28	53,2	20,4	48,3	51,6	50	28,3	38,3	24,3	18,7	0,1
Ta	3,5	2,9	4,8	1,8	3,9	4,8	4,7	2,3	4,3	1,8	1,5	0,1
U	5,8	6,1	5,6	3,5	5,4	7,9	3,9	7	5,7	4,2	3,1	0,1
Th	30	25,7	38,5	27,8	37,7	44,4	42,8	32,4	34,9	22,8	20,2	0,2
Co	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	1,1	0,5	0,6	0,2
V	<8	<8	<8	<8	<8	<8	11	<8	<8	<8	<8	8
Be	5	4	5	4	6	5	5	4	5	2	2	1
Sn	2	2	4	9	5	4	6	2	2	3	11	1
W	2,6	3	1,5	3,9	2,8	3,4	2,9	1,8	4,4	3,9	2,4	0,5
Ga	20,8	18,8	22,8	10,1	17,8	10,9	21	19,9	19,5	25,4	22,5	0,5
Y	55,5	47,8	74,9	50,8	74,4	71,4	72,3	58,5	31,3	48,4	33,5	0,1
La	22,1	38	8,4	27,9	13,3	12,9	9,2	27,8	24,4	19,9	24,5	0,1
Ce	52,3	85,4	27,4	59,8	27	33,6	29,2	61,4	56,8	50,2	47,4	0,1
Pr	5,15	9,24	3,71	7,8	5,77	5,13	4,23	8,35	5,97	7,23	8,57	0,02
Nd	21,6	37,4	16,7	34,2	26,8	24,9	18,2	34,2	22,9	30,3	36,9	0,3
Sm	6,23	8,57	6,47	8,93	10,24	10,19	6,67	10,04	5,63	8,09	10,14	0,05
Eu	0,16	0,34	0,1	0,28	0,15	0,14	0,15	0,35	0,35	0,18	0,22	0,02
Gd	6,2	6,93	7,72	7,5	10,24	10,49	7,64	9,88	4,75	7,93	7,46	0,05
Tb	1,09	1,22	1,57	1,3	1,78	1,9	1,52	1,72	0,8	1,22	1,1	0,01
Dy	7,58	8,05	10,83	8,35	11,69	12,65	10,28	10,78	5,52	8,2	6,7	0,05
Ho	1,53	1,5	2,28	1,69	2,24	2,56	2,25	2,19	1,07	1,59	1,27	0,02
Er	5,15	4,73	7,92	4,96	7,08	8,46	7,56	6,72	3,49	4,96	3,9	0,03
Tm	0,86	0,78	1,39	0,81	1,21	1,4	1,28	1,12	0,55	0,81	0,65	0,01
Yb	6,21	5,38	9,45	5,3	8,42	9,83	9,1	7,42	4,13	5,35	4,27	0,05
Lu	0,86	0,84	1,58	0,87	1,34	1,59	1,48	1,1	0,62	0,81	0,67	0,01

Cuadro 5. Valores obtenidos mediante análisis químico para elementos traza de las muestras correspondientes a los Plutones "Charito" y "Cavado".

4.5.2. Elementos mayoritarios

Con el objetivo de realizar una caracterización geoquímica e inferir el ambiente tectónico en el cual estas rocas graníticas se formaron, fueron volcados los contenidos de sus elementos mayoritarios en la serie de diagramas propuestos por Frost et al. (2001). Esta clasificación consta de 3 diagramas binarios: a) el número de Fe = $\text{FeO total}/(\text{FeO total}/\text{MgO})$; el índice calcio/álcalis modificado = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$; y c) el índice de saturación de alúmina = relación molecular $\text{Al}/(\text{Ca}-1,67\text{P} + \text{Na} + \text{K})$. En la figura 37 diagrama a), puede observarse que las rocas tanto para el plutón Charito como para el plutón Cavado caen en el campo de rocas ferrosas. En el diagrama b) de la misma figura, las rocas del plutón Charito caen sobre el campo de rocas calco-alcálicas y las rocas del plutón Cavado caen en su mayoría sobre el campo de rocas calco-alcálicas, pero se observa que unas pocas muestras (2) caen en el campo de rocas alcalino-cálcicas. Mientras que en el diagrama c) puede observarse que la mayoría de las muestras cae en el campo peraluminoso, como las rocas del plutón Charito, pero presentan una leve tendencia hacia el campo metaaluminoso (Fig. 37).

También fue utilizado el diagrama propuesto por Peccerillo y Taylor (1976) el cual clasifica las rocas según campos dispuestos en base a los contenidos de SiO_2 vs K_2O . En el mismo, la totalidad de las muestras analizadas para los plutones Charito y Cavado se ubican dentro de la serie de rocas calcoalcálicas potásicas (Fig. 38).

Además, los datos fueron volcados sobre el diagrama propuesto por Irvine y Baragar (1971) el cual diferencia a las rocas alcalinas de las subalcalinas en base al contenido de SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. A su vez, este diagrama posee una clasificación en base al contenido en SiO_2 propuesto por Le Maitre et al. (2002). En dicho diagrama puede observarse que la totalidad de las muestras para los plutones Charito y Cavado se sitúan sobre el campo de las rocas subalcalinas. En este diagrama puede observarse además que estas rocas son en su totalidad rocas ácidas (Fig. 39).

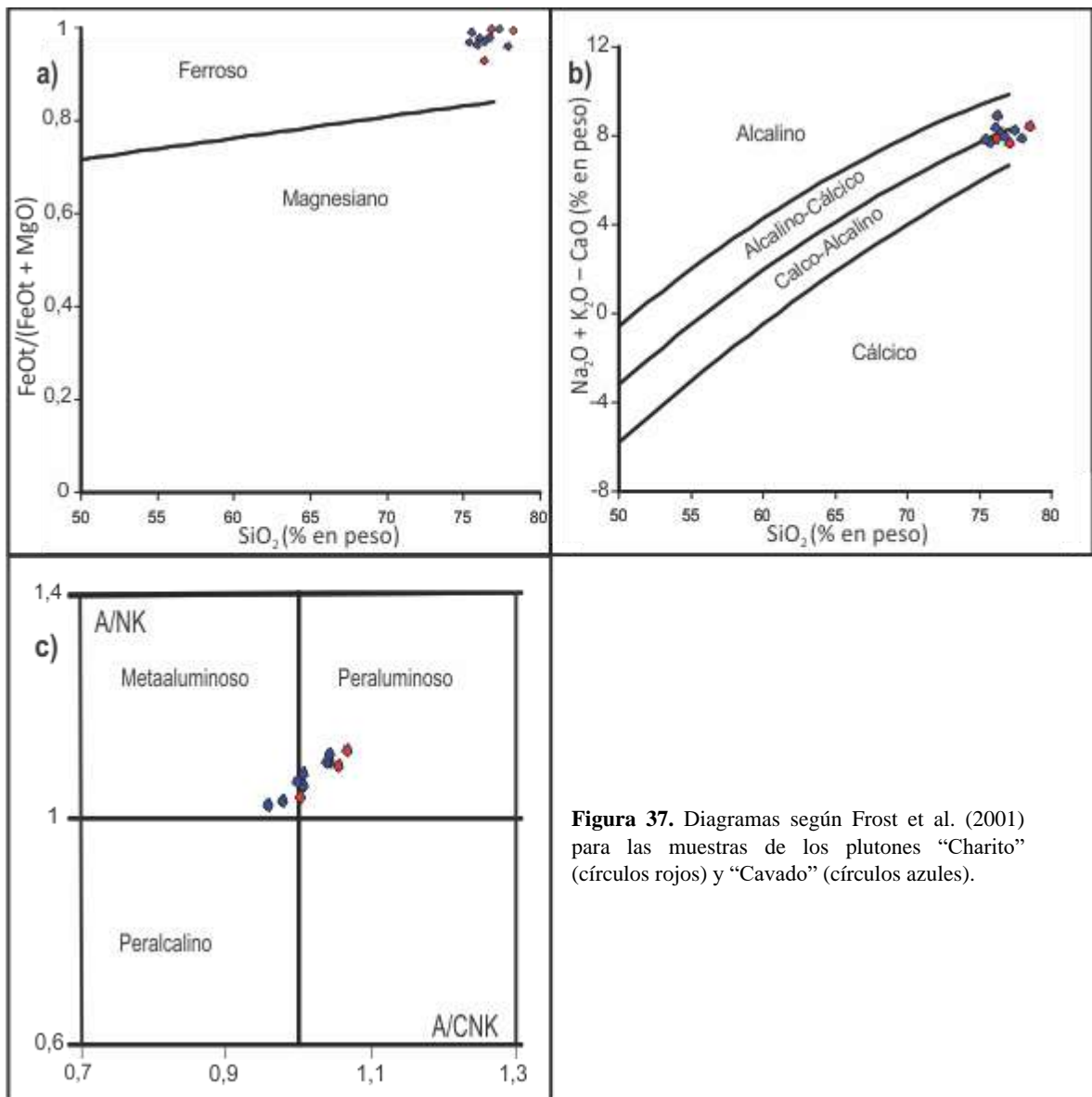


Figura 37. Diagramas según Frost et al. (2001) para las muestras de los plutones "Charito" (círculos rojos) y "Cavado" (círculos azules).

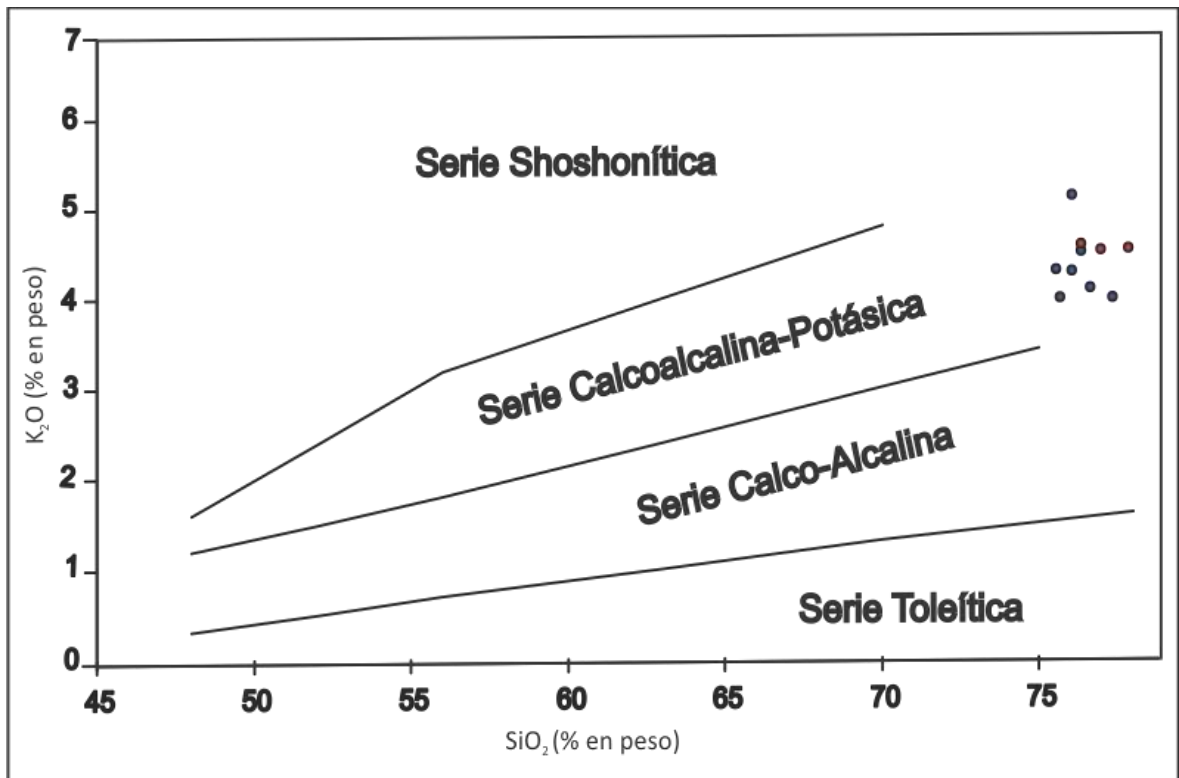


Figura 38. Diagrama según Peccerillo y Taylor (1976) para las muestras de los plutones “Charito” (rojo) y “Cavado” (azul).

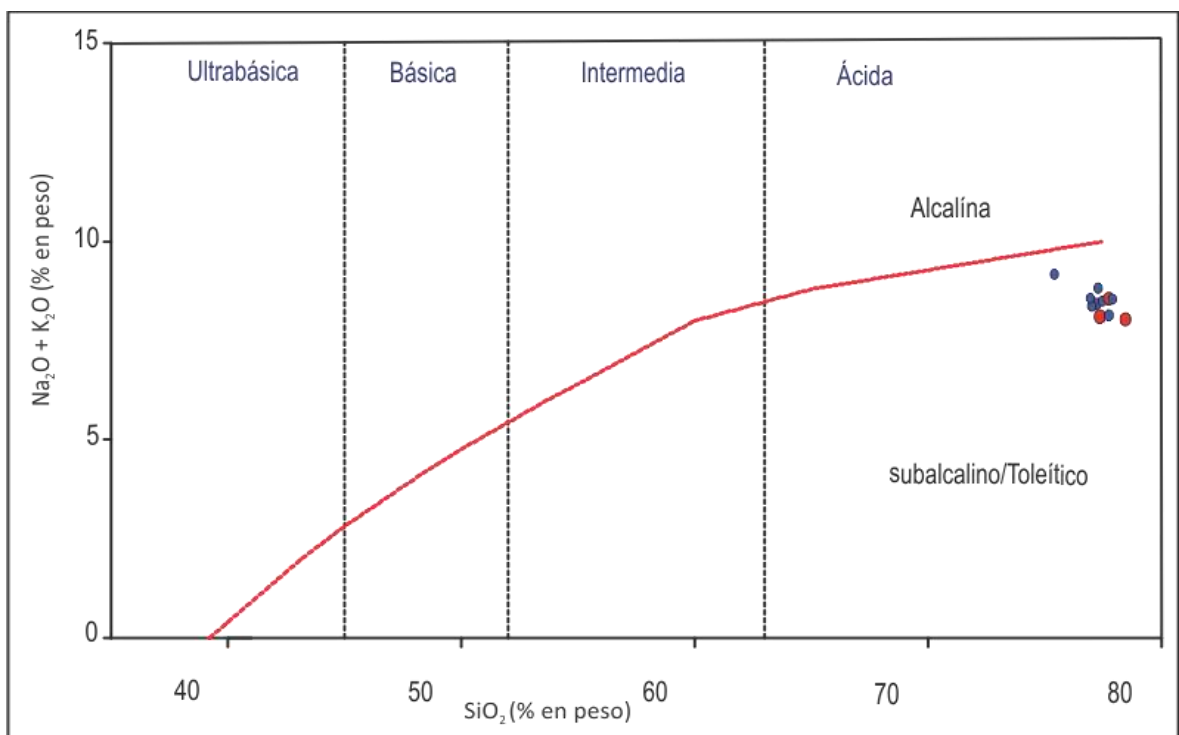


Figura 39. Diagrama propuesto por Irvine y Baragar (1971) para las muestras de los plutones “Charito” (rojo) y “Cavado” (azul).

4.5.3. Elementos traza

Atendiendo a la geoquímica de elementos traza en primera instancia se realizaron diagramas discriminantes de ambientes tectónicos para granitoides propuesto por Pearce et al. (1984). Los diagramas que propone el autor en total son 4 y se basan en las siguientes relaciones de elementos traza expresadas en ppm: a) Rb vs Y + Nb; b) Nb vs Y; c) Rb vs Ta + Yb; y d) Ta vs Yb. Estos gráficos hacen la distinción de 4 o 3 campos, según sea el caso, asignados a diferentes ambientes tectónicos de generación de granitos: VAG (granitoides de arco volcánico); ORG (granitoides de dorsales oceánicas); WPG (granitoides de intraplaca); Syn-COLG (granitoides sin-colisionales).

Los resultados obtenidos al utilizar la propuesta de Pearce et al. (1984) (ver figura 40) son los siguientes: a) en este gráfico, exceptuando una de las muestras del plutón Charito que se sitúa sobre el campo de granitoides sin-colisionales, casi la totalidad de las muestras se ubican sobre el campo de los granitoides de intraplaca; b) aquí, todas las muestras están incluidas en el campo de los granitoides de intraplaca; c) en este diagrama 2 muestras del plutón Charito y 1 del plutón Cavado se encuentran en el campo de los granitoides sin-colisionales, las 9 muestras restantes se caen en el campo de los granitoides de intraplaca; d) aquí, la totalidad de las muestras se sitúan sobre el campo de los granitoides de intraplaca.

A su vez, estos datos sobre el diagrama propuesto por Whalen et al. (1987) el cual utiliza $Ce + Zr + Nb + Y$ vs $(10000 * Ga) / (5292 * Al_2O_3)$ para la distinción entre granitos Tipo A de granitos Tipo I, S y M. En este diagrama, los granitos Tipo I, S y M se encuentran en el campo interno del pequeño rectángulo con los límites de 250 ppm en el eje Y para la sumatoria de $Ce + Zr + Nb + Y$, y el límite de 2,6 para la relación $(10000 * Ga) / (5292 * Al_2O_3)$ en el eje X. La zona externa a estos límites pertenece al campo de los granitos Tipo A. El resultado obtenido de utilizar este diagrama para las muestras de los plutones Charito y Cavado, es que: la totalidad de las muestras del plutón Charito se ubican en el campo de los granitos Tipo A; para el plutón Cavado solo 2 muestras se sitúan dentro del campo designado para granitos Tipo I, S y M, las 6 muestras restantes caen en el campo de los granitos Tipo A (Fig. 41).

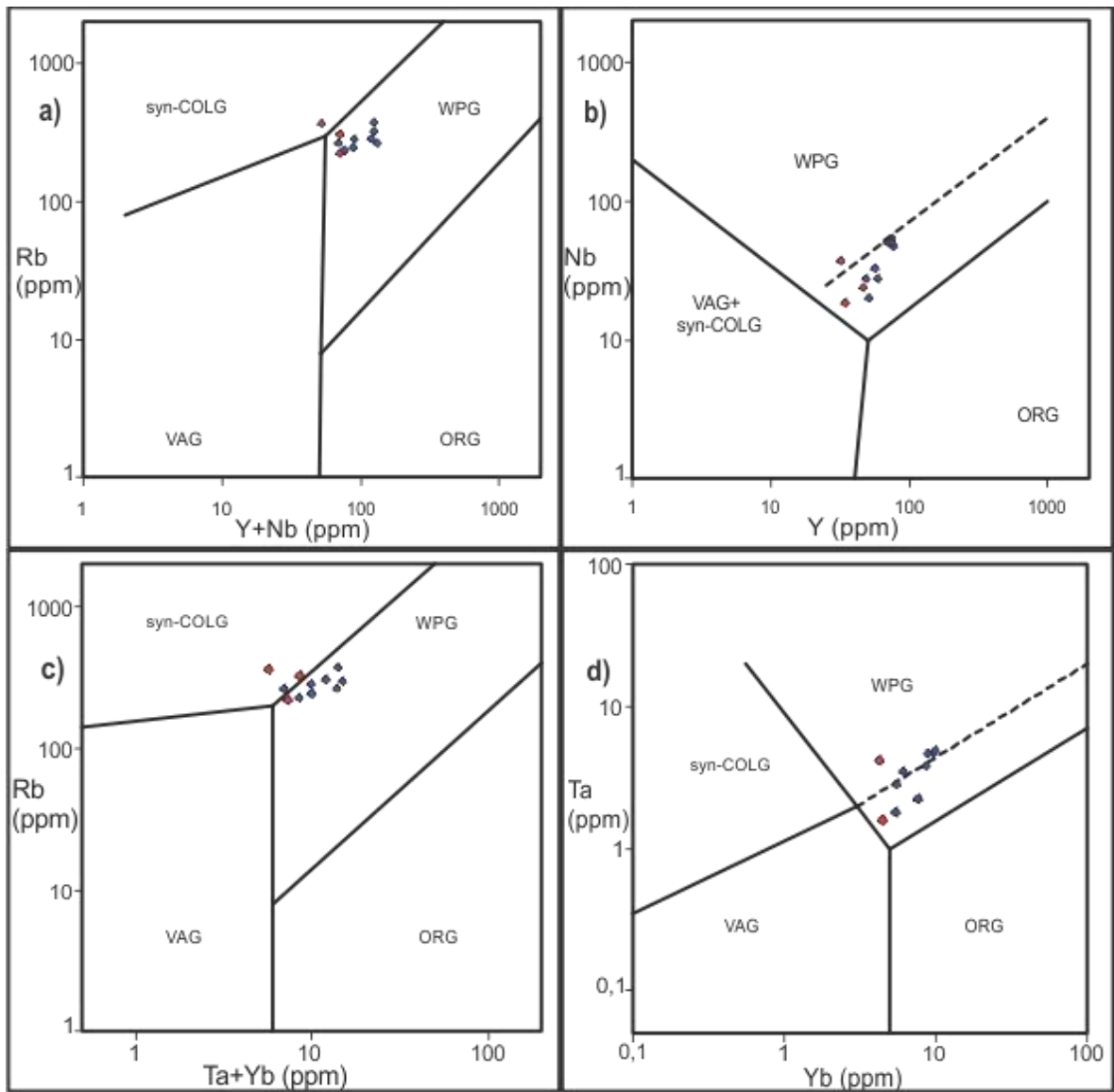


Figura 40. Diagrama según Pearce et al. (1984) para las muestras de los plutones "Charito" (rojo) y "Cavado" (azul).

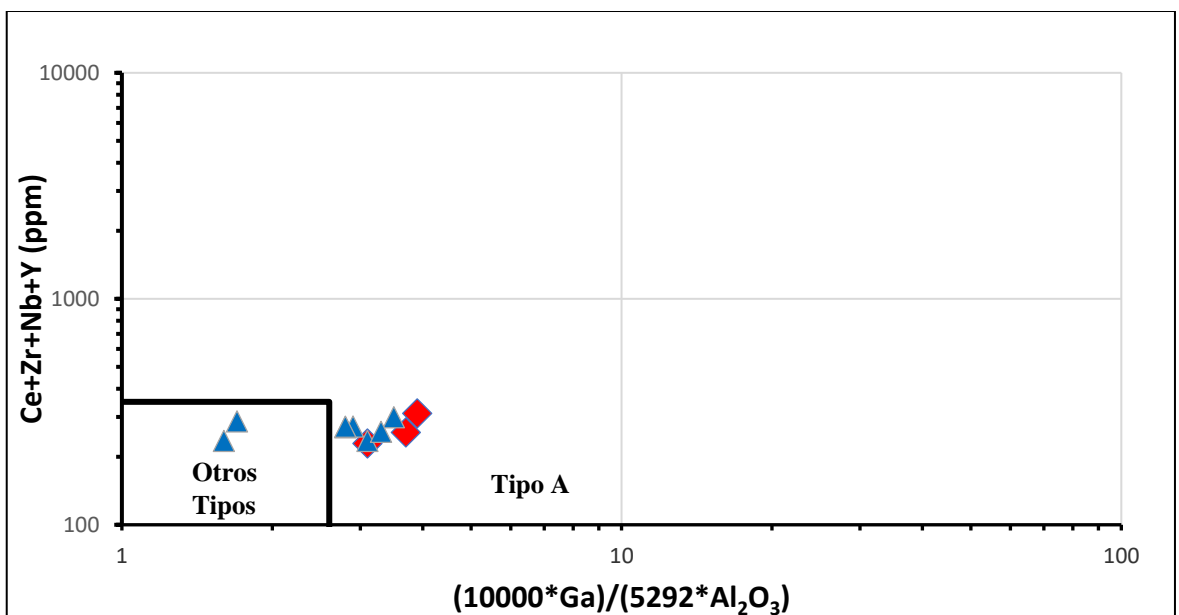


Figura 41. Diagrama propuesto por Whalen et al. (1987) para las muestras de los plutones "Charito" (Rojo) y "Cavado" (Azul).

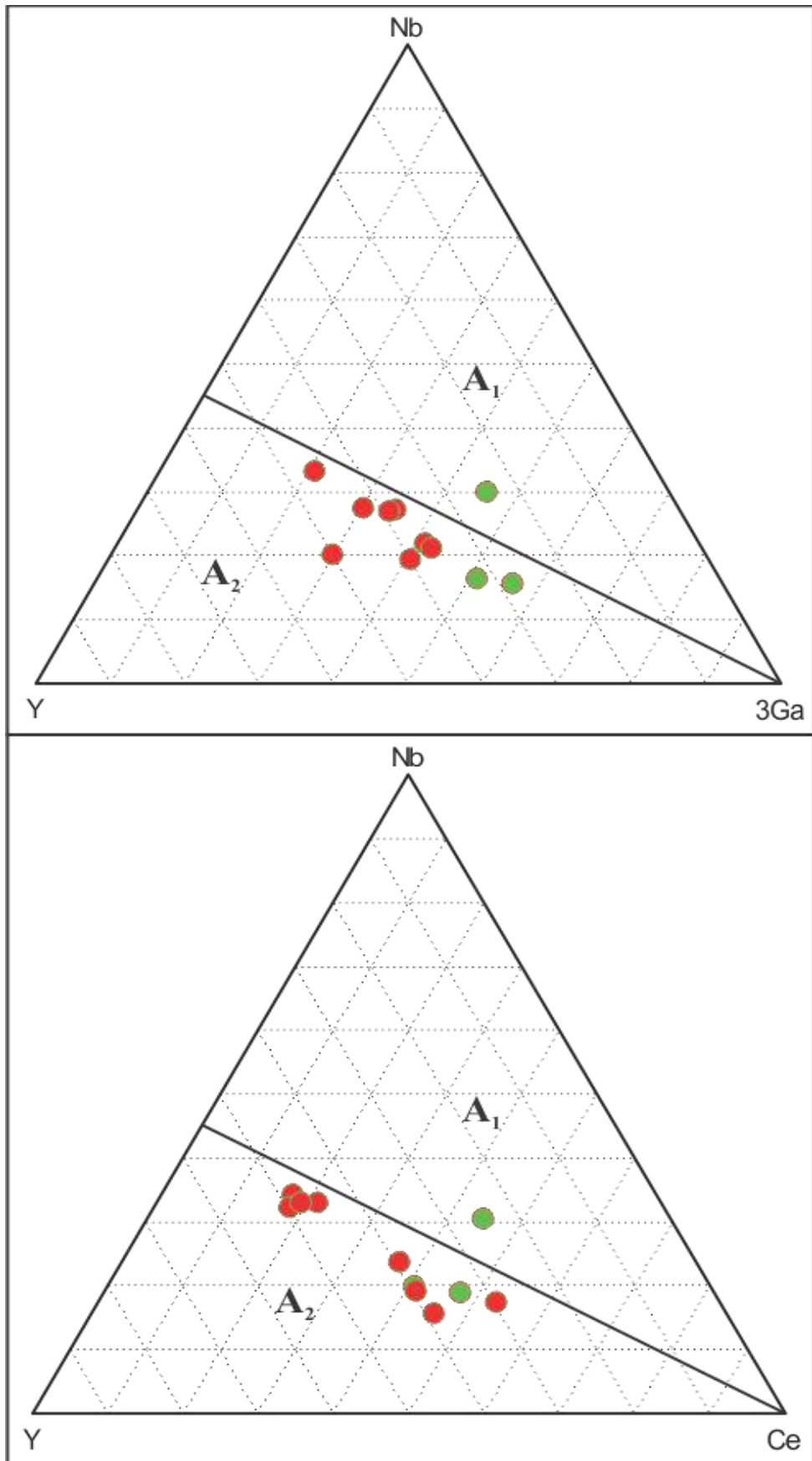


Figura 42. Diagrama propuesto por G. Nelson Eby (1992) para las muestras de los plutones “Charito” (verde) y “Cavado” (rojo).

Fueron realizados los diagramas ternarios propuestos por G. Nelson Eby (1992) para la discriminación tectónica de granitos tipo A (Fig. 42). Estos diagramas utilizan los contenidos en Nb, Y, Ga y Ce. Los mismos sirven para discriminar aquellos granitoides tipo A₁, generados en zonas de rift y asociados a puntos calientes con proporciones en estos elementos similares a basaltos de islas oceánicas, de aquellos granitoides tipo A₂ emplazados en ambientes post-colisionales, post-orogénicos o anorogénicos con concentración en estos elementos propios de la corteza continental promedio. Puede observarse que para los plutones Charito y Cavado en ambos diagramas las muestras están representadas en un 81.81 % dentro del campo asignado para los granitos tipo A₂.

Fue realizado un diagrama de elementos de tierras raras normalizado a condrito propuesto por Boynton (1984) el cual dispone a los elementos en un orden de compatibilidad creciente de izquierda a derecha. En este diagrama se observa que todos estos elementos se encuentran enriquecidos respecto al condrito propuesto en proporciones similares. Resultado de lo anterior es que tanto las tierras raras livianas, medias y pesadas presenten un diseño plano, solo observándose una pequeña pendiente en las tierras raras livianas que se encuentran levemente más enriquecidas respecto al resto, y una marcada anomalía negativa de Eu (Fig. 43).

Además, fue realizado un gráfico multielementos extendido normalizado a N-MORB propuesto por Sun y McDonough (1989) el cual distribuye los elementos en orden de compatibilidad creciente de izquierda a derecha. En el mismo se observa una pendiente esperada para elementos incompatibles, más enriquecidos, y un diseño tendido o plano para los elementos más compatibles que presentan solo un leve enriquecimiento. Según el diseño esperado para este orden de elemento en cuanto a su compatibilidad se destacan anomalías marcadas de Ba, Sr, P, Eu, Nb y Ta como también leves anomalías de La, Ce, Cs y Zr (Fig. 44).

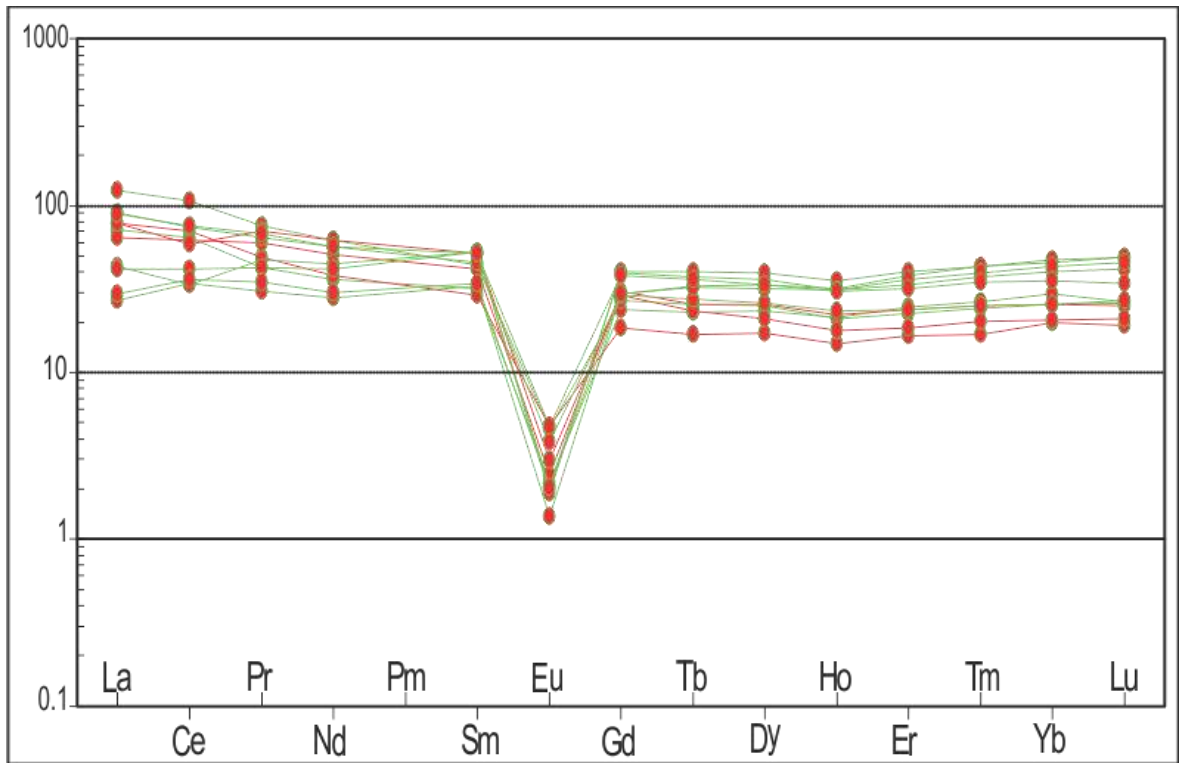


Figura 43. Diagrama de Tierras Raras normalizado a condrito según Boynton (1984) para las muestras de los plutones “Charito” (traza roja) y “Cavado” (traza verde).

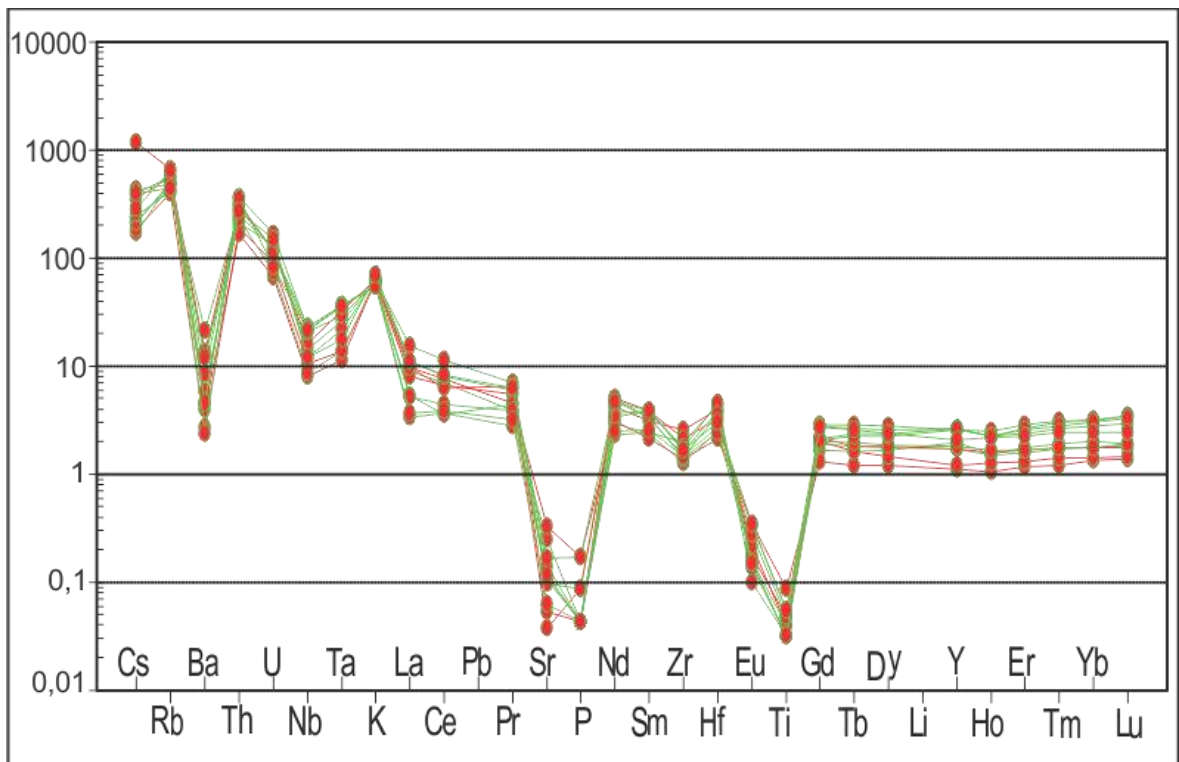


Figura 44. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para las muestras de los plutones “Charito” (traza roja) y “Cavado” (traza verde).

Capítulo 5: Discusión

Como fue expuesto en el capítulo 1 para la introducción de la presente tesina, han sido planteadas 2 hipótesis que refieren a la petrografía, composición y caracterización química, correlación y discriminación de ambiente tectónico para las rocas de los plutones Charito y Cavado.

La primera hipótesis, postula que: “los plutones son leuco-sienogranitos biotíticos de textura equigranular”. En vista de los resultados presentados en el capítulo 4 atendiendo a la petrografía que presentan estas rocas puede afirmarse que las mismas son en su mayoría sienogranitos en base a los conteos modales realizados. Exactamente un 87,5 % de las muestras para el plutón Cavado clasifica dentro de los sienogranitos y un 60 % de las muestras para el plutón Charito clasifica en el mismo campo del diagrama QAP (Streckeisen 1976). Si estas rocas son consideradas en conjunto un 76,92 % clasifica dentro del campo de los sienogranitos (Fig. 45).

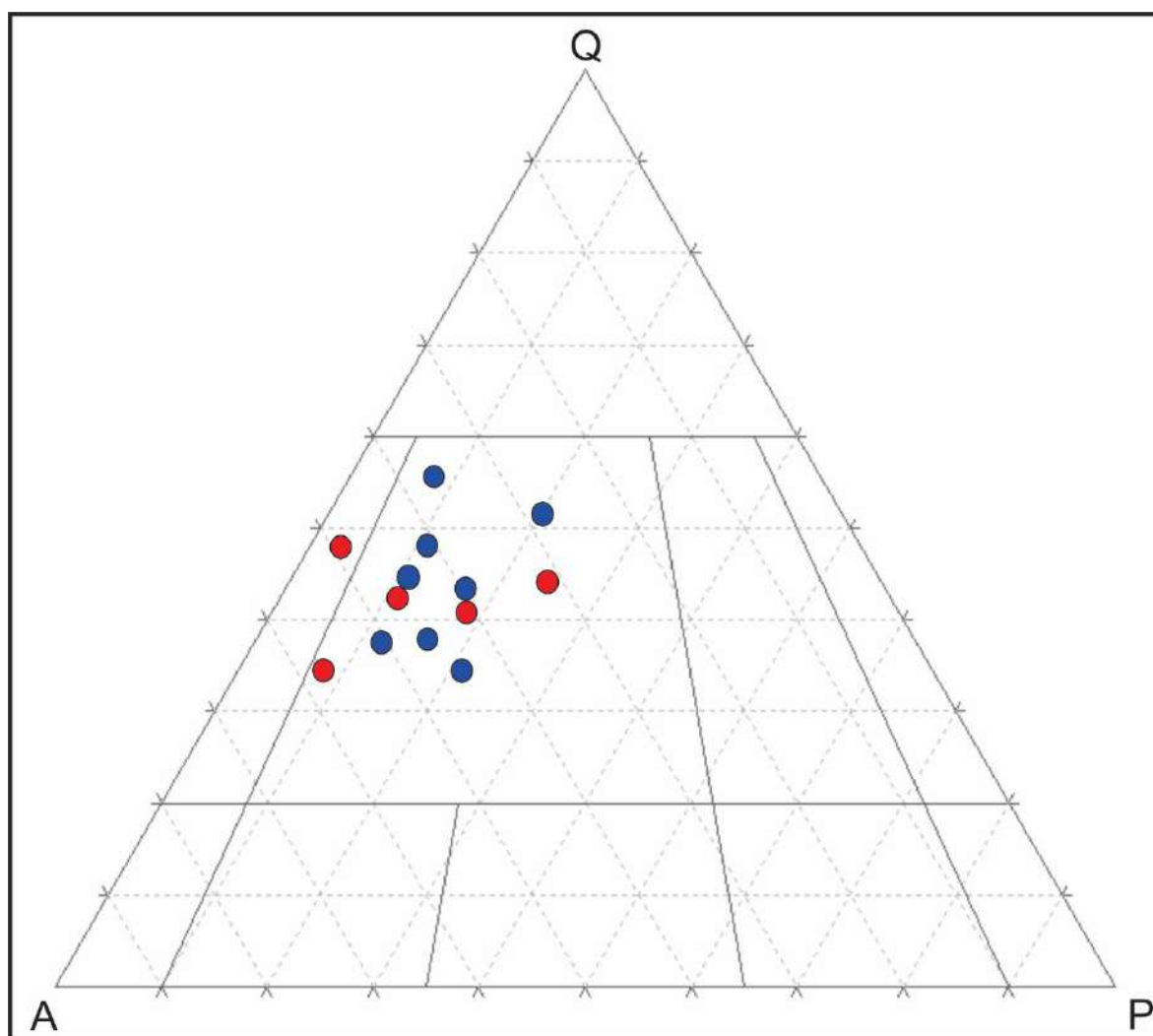


Figura 45: Clasificación QAP (Streckeisen 1976) para las rocas de los plutones “Charito” (círculos rojos) y “Cavado” (círculos azules).

Por otra parte, observando el diagrama propuesto por Bellieni et al. (1995) el total de las muestras clasifica dentro del campo asignado para los sienogranitos (incluso muestras que mediante conteo modal se situaban en el campo de los monzogranitos, Fig. 36), corroborando de esta manera los resultados obtenidos mediante la descripción petrográfica. Además, teniendo en cuenta que para los dos plutones el mineral accesorio mayoritario es la biotita su designación como “biotíticos” es correcta, la misma llega hasta un máximo de 3,33 % por lo cual afirma que estas rocas son “leucocráticas” (< 5 % de mafitos) y es correcta su denominación como “leuco-granitos” en la hipótesis postulada. En cuanto a la textura que fue planteada en esta hipótesis pudo observarse que la textura equigranular se encuentra presente en los dos plutones, pero además se presentan una textura inequigranular. Esto lleva a plantear que ambos plutones tendrían facies texturales relacionadas posiblemente a diferentes condiciones de sobreenfriamiento.

La segunda hipótesis, postula que: “estas rocas presentan contenidos de elementos mayoritarios y traza típicos de un magmatismo transicional a intraplaca continental, que se correlaciona con la sección superior del magmatismo Choiyoi”. En base a los resultados obtenidos y presentados en el capítulo anterior en cuanto a la geoquímica de estas rocas es que se procede a corroborar o refutar esta hipótesis.

En primer lugar, atendiendo a la caracterización de estas rocas como “típicas de un magmatismo transicional a intraplaca continental” se recurre al esquema de clasificación para rocas graníticas propuesta por Frost et al. (2001). La cual delimita campos de dominio, para cada tipo de granito, en base al número de Fe, el índice calcio/álcalis modificado y el índice de saturación de alúmina para cada tipo de granitoide. Estas características son utilizadas sobre un esquema que sitúa los tipos de granitos en los posibles ambientes tectónicos de ocurrencia.

Los resultados obtenidos en la presente tesina según la clasificación propuesta por Frost et al. (2001) no son concluyentes hacia un tipo específico de granitoide. Esto se debe a que las rocas de los plutones Charito y Cavado se presentan, en los campos (Fig. 37) asignados para las rocas ferrosas, calco-alcalinas a alcalino-cálcicas y peraluminosas a metaaluminosas, pero en zonas que se comparten para más de un tipo de granito en particular. En concreto, si observamos los elevados valores que toman estas rocas en el diagrama propuesto para el número de Fe vs SiO₂, las mismas se presentan en una zona que se comparte entre los campos para granitos tipo A, tipo I o tipo S. Por su parte, en cuanto al diagrama propuesto para el índice calcio/álcalis modificado vs SiO₂, las rocas se sitúan sobre una zona que también es compartida para los campos de los granitos tipo A,

tipo S y tipo I. Por último, teniendo en cuenta el índice de saturación de alúmina, los tres tipos de granitos (A, S e I) pueden ser peraluminoso o metaaluminoso.

Debido a que los valores de elementos mayoritarios que poseen estas rocas no son concluyentes sobre el tipo de granito al que pertenecen, es que se recurre a la utilización de propuestas para su discriminación basadas en el contenido de elementos traza.

La propuesta realizada por Whalen et al. (1987) que hace una comparación de 148 muestras pertenecientes a granitos tipo A vs 1586 muestras que reúnen granitos tipo I, S y M permite la discriminación de los granitos tipo A, del resto. Su diagrama combina la sumatoria de $Ce + Zr + Nb + Y$ vs la relación $(10000 * Ga) / (5292 * Al_2O_3)$. Para los plutones Charito y Cavado (Fig. 41) la utilización de dicho diagrama muestra que para el plutón Charito el 100 % de las muestras se sitúan dentro del campo asignado a granitos tipo A. En cuanto al plutón Cavado la situación no es del todo clara debido a que el 75 % está comprendido dentro del campo asignado para granitos tipo A, pero el 25 % representado por las muestras Cv 4 y Cv 6 se encuentra dentro del campo asignado para granitos tipo I, S o M. No obstante, esto, tomando los dos plutones en su conjunto, el 81,81 % de las muestras clasifican como granitos tipo A.

Atendiendo a los diagramas de discriminación tectónica (ver figura 40) basados en elementos traza propuestos por Pearce et al. (1984), se observa que los contenidos de Ta-Yb y Nb-Y sitúan a la mayoría de las muestras para los plutones Charito y Cavado dentro del campo asignado para los granitoides de intraplaca (WPG). Respecto a este punto se destaca que si bien se encuentran en el campo WPG un número significativo de estas muestras se sitúan por debajo de la línea punteada que extiende el campo para los granitoides de dorsales oceánicas (ORG) con valores anómalos de estos elementos y solo pocas muestras se encuentran netamente dentro del campo WPG propiamente dicho. Por otra parte, al ingresar en estos diagramas como nueva variable al elemento Rb se observa que las muestras se apartan significativamente del campo ORG y son desplazadas hacia la parte superior del campo WPG que limita con el campo Syn-COLG (granitoides sincolisionales). Incluso, unas pocas muestras se encuentran dentro de este campo tanto para un plutón como para otro.

Teniendo en cuenta que las muestras pertenecientes a los plutones Charito y Cavado, según lo expuesto en párrafos anteriores, en su mayoría se encuadran dentro de los granitoides de intraplaca tipo A, es que se presta especial atención a los diagramas discriminantes propuestos por G. Nelson Eby (1992). Allí (Fig. 42), se observa que el 81,81 % de las muestras se encuentran dentro del campo asignado para aquellos

granitoides tipo A₂, es decir, aquellos emplazados en ambientes post-colisionales, post-orogénicos o anorogénicos con concentración en elementos traza propios de la corteza continental promedio.

Por otra parte, observando la revisión realizada por G. Nelson Eby (1990), de recopilación y caracterización geoquímica para los granitos tipo A alrededor del mundo, y el diagrama de tierras raras (REE) normalizado a condrito según Boynton (1994) para los plutones Charito y Cavado, puede verificarse que estos tienen un comportamiento esperado para los elementos de tierras raras en los granitos tipo A (ver figura 43). Esto es, que se encuentran enriquecidos en mayor medida en REE livianas y en menor medida en REE pesadas respecto al condrito, excepto por el Eu.

En cuanto a los elementos traza propiamente dichos, en los trabajos realizados por G. Nelson Eby (1990) y Juan A. Dahlquist et al. (2010) se señalan los altos contenidos de Rb, Zr, Y, Nb, Ta, Ga, Zn, Th, U y los bajos contenidos en Sc, Sr, P, Co, Ba, Ni, Cr, Ti y Eu que poseen los granitos de tipo A. Además, se hace mención a la discriminación propuesta por Whalen et al. (1987) y se explica la efectividad de la utilización de estos elementos en sus diagramas debido a que sin importar el grado de fraccionamiento que pudieran sufrir estos granitos siempre tendrán abundancias más significativas, que el resto de los tipos de granitos, para los elementos que tienen este comportamiento incompatible (Zr, Y, Nb, Ga, Zn, Th, U) en dichos magmas originarios. Por otra parte, hacen mención al comportamiento geoquímico similar que presentan en estos fundidos el Nb-Ta por un lado e Y-Yb por el otro, y destaca la presencia de anomalías negativas para el Ba, Nb (Ta), Sr, P, Eu, y Ti. Una vez dicho esto, al observar el diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para las rocas de los plutones Charito y Cavado se identifica que: a) el enriquecimiento en Th, U, Zr, Y-Yb, Nb-Ta es claramente coincidente con los granitos tipo A; b) los bajos contenidos en Eu, Ti, Sr y P también son coincidentes con los granitos tipo A; c) las anomalías negativas dadas por Ba, Nb (Ta), Sr, P, Eu y Ti también son coincidentes con los granitos tipo A.

De esta forma se interpreta que si bien la mayoría de las muestras presentan evidencias en base a contenidos de elementos traza de corresponder a granitoides de intraplaca, a su vez, presentan características que pueden ser heredadas de eventos tectónicos anteriores. Es así que se presenta la posibilidad de una corteza con características asignadas a granitoides sin-colisionales vuelta a fundir en eventos magmáticos posteriores. Esto último puede relacionarse con la superposición de campos a asignar para la clasificación según Frost et al. (2001), con las escasas muestras que sitúan a

estas rocas según Pearce et al. (1984) en el campo de los granitoides sin-colisionales, con aquellas muestras que presentan características de granitoides tipo I, S o M para la clasificación según Whalen et al. (1987) y, además, puede verificarse según G. Nelson Eby (1992) que estos granitos presentan características geoquímicas similares a la corteza continental promedio.

En resumen, los plutones Charito y Cavado según los datos disponibles, presentan concentraciones de elementos mayoritarios y traza propias de granitoides tipo A para un ambiente tectónico de intraplaca, pero además poseen firmas geoquímicas de otros ambientes tectónicos que hablan de una corteza continental, de otra firma geoquímica, que posteriormente pudo ser retrabajada. Esto estaría marcando una transición de un ambiente sin-colisional a un ambiente de intraplaca post-colisional.

Por otra parte, atendiendo a que se postula que este magmatismo “se correlaciona con la sección superior del magmatismo Choiyoi”, es que se realizaron diversas comparaciones de índole geoquímica y geocronológica que puedan relacionarlas o no. En principio debido a que las rocas para los plutones Charito y Cavado se comportan geoquímicamente de manera similar, son tratadas en conjunto y de esta manera comparadas a continuación con las demás rocas del magmatismo Choiyoi.

5.1. Comparaciones geoquímicas con rocas pertenecientes al magmatismo Choiyoi

En base a la edad Concordia de $266,7 \pm 1,0$ Ma obtenida para las rocas del plutón Cavado por Tickyj et al. (2014), es que se realizaron comparaciones principalmente con las rocas de la sección superior del magmatismo Choiyoi. No obstante, debido a que esta edad se encuentra cercana al límite Choiyoi inferior - Choiyoi superior también se realizaron estas comparaciones con los datos disponibles para las rocas del Choiyoi inferior, no dejando de lado de esta manera posibles eventos magmáticos con comportamiento diacrónico más aun teniendo en cuenta el amplio rango de tiempo que abarca el magmatismo Choiyoi.

Las comparaciones fueron realizadas con los datos de elementos mayoritarios y traza para las rocas del magmatismo Choiyoi presentes en el sector norte del Bloque de San Rafael, en la provincia de La Pampa y en el Distrito Minero Agua Escondida. Los datos fueron obtenidos de los siguientes trabajos: tesis doctoral de la Doctora Laura Elena Kleiman (1999), Llambías et al. (2003), Mugas Lobos et al. (2010) y tesis doctoral de Daniel H. Delpino (1997). De estos trabajos se extrajeron y compraron los datos geoquímicos para las rocas del magmatismo Choiyoi inferior y superior que tuvieran un contenido en SiO₂ por encima del 70 %.

En las secciones siguientes serán expuestos los diagramas que permitieron realizar las comparaciones con cada uno de los sectores mencionados en el párrafo anterior. Los diagramas utilizados son los propuestos por Frost et al. (2001) para elementos mayoritarios, los diagramas propuestos por Pearce et al. (1984) según la disponibilidad de datos en elementos traza, el diagrama de tierras raras normalizadas a condrito según Boynton (1984) y el diagrama multielementos extendido normalizado a N-MORB propuesto por Sun y McDonough (1989).

5.1.1. Sector norte del Bloque de San Rafael

5.1.1.1. Choiyoi inferior - Formación Yacimiento Los Reyunos

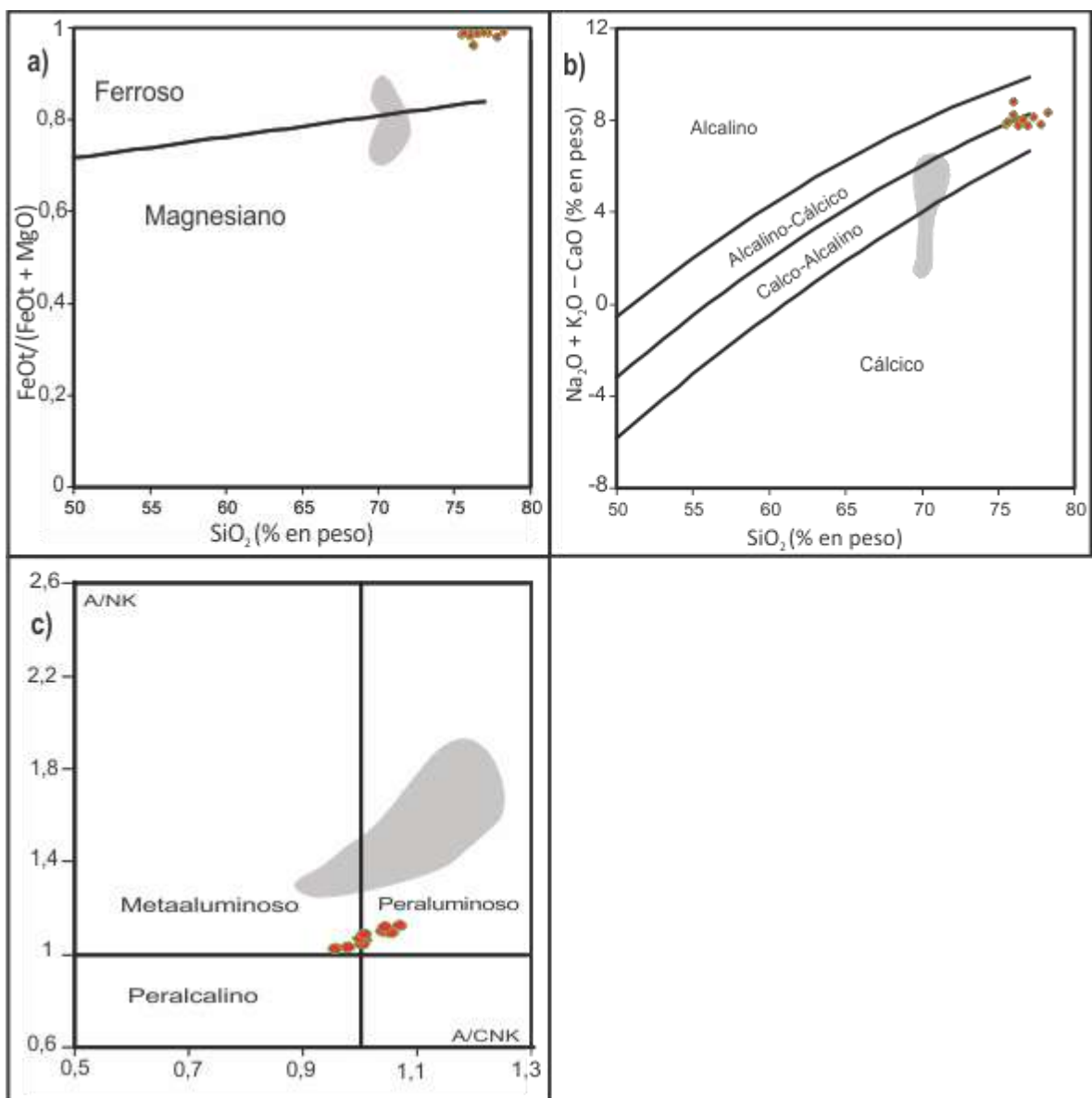


Figura 46. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En la figura 46 puede observarse que en el diagrama a) que las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos se encuentran sobre el límite que divide el campo de las rocas

ferrosas del campo de las rocas magnesianas. En cambio, todas las muestras de los plutones Charito y Cavado se encuentran dentro del campo de las rocas ferrosas. Además, los valores de SiO_2 y del número de Fe para las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos son significativamente menores que los valores de las muestras de los plutones Charito y Cavado. En el diagrama b) puede observarse que las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos se encuentran en los campos asignados a las rocas calco-alcalinas y cálcicas, mientras que las rocas de la los plutones Charito y Cavado se sitúan sobre el campo calco-alcalino principalmente y en menor medida sobre el campo alcalino-cálcico. Además, los valores de SiO_2 y del índice calcio/álcalis modificado para las primeras rocas son significativamente menores que los presentes en los plutones Charito y Cavado. En el diagrama c) se observa que tanto las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos como las rocas de los plutones Charito y Cavado se encuentran mayormente sobre el campo peraluminosos y en menor medida sobre el campo metaaluminoso, pero, los valores de A/NK para las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos son más elevados.

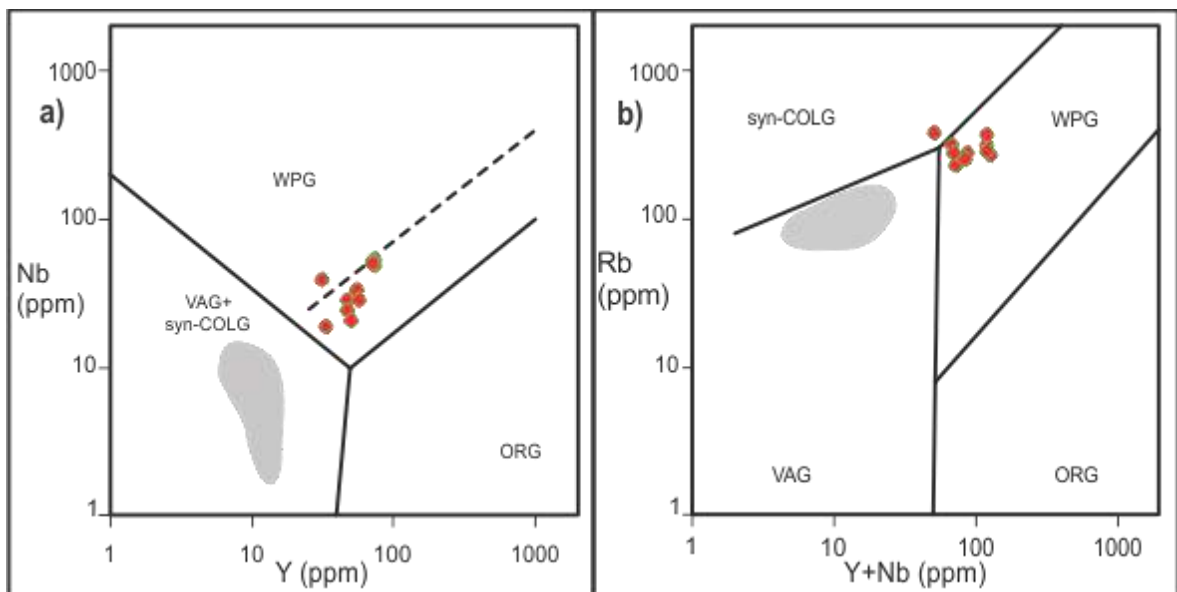


Figura 47. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 47 las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos se encuentran situadas sobre el campo delimitado para los granitoides de arco volcánico y granitoides sin-colisionales, mientras que las rocas de los plutones Charito y Cavado lo hacen sobre el campo de los granitoides de intraplaca. En el diagrama b) las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos se sitúan sobre el campo que reúne a los granitoides de arco volcánico mientras que las rocas de los plutones Charito y Cavado lo hacen sobre el campo asignado a los granitoides de intraplaca y en menor medida en el campo asignado para los granitoides sin-colisionales.

En los diagramas a) y b) de la figura 48 para las tierras raras normalizado a condrito según Boynton (1984) los valores de la Fm. Yacimiento Los Reyunos difieren de los valores presentes en las rocas de los plutones Charito y Cavado. La principal diferencia está dada por el empobrecimiento en tierras raras pesadas que presenta la formación Yacimiento Los Reyunos en comparaciones con los plutones Charito y Cavado. Además, esta formación no presenta la marcada anomalía de Eu dada en los plutones. Solo aquellos valores de La, Ce y Nd se presentan similarmente enriquecidos en ambos grupos de rocas.

En la figura 49 los diagramas a) y b) de multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) puede observarse que las rocas de la Formación Yacimiento Los Reyunos presentan un marcado empobrecimiento en elementos compatibles, mientras que estos mismos elementos para los plutones Charito y Cavado se encuentran en su mayoría enriquecidos. Las anomalías negativas de Ti y P son compartidas, pero en magnitudes diferentes, siendo mucho más marcadas para los plutones Charito y Cavado. Por otro lado, las anomalías de Sr y Eu que se observan muy marcadas para estos plutones, no se presentan en las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos. Ambos grupos de rocas se encuentran enriquecidos en elementos incompatibles (Rb, Ba, Th, U, Nb, K, La y Ce) y con valores semejantes. Las principales diferencias son: la anomalía marcada de Ba para las rocas de los plutones Charito y Cavado que no se encuentra presente en las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos, y la anomalía negativa en Th presente para una muestra de la Fm. Yacimiento Los Reyunos que no se encuentra en los plutones.

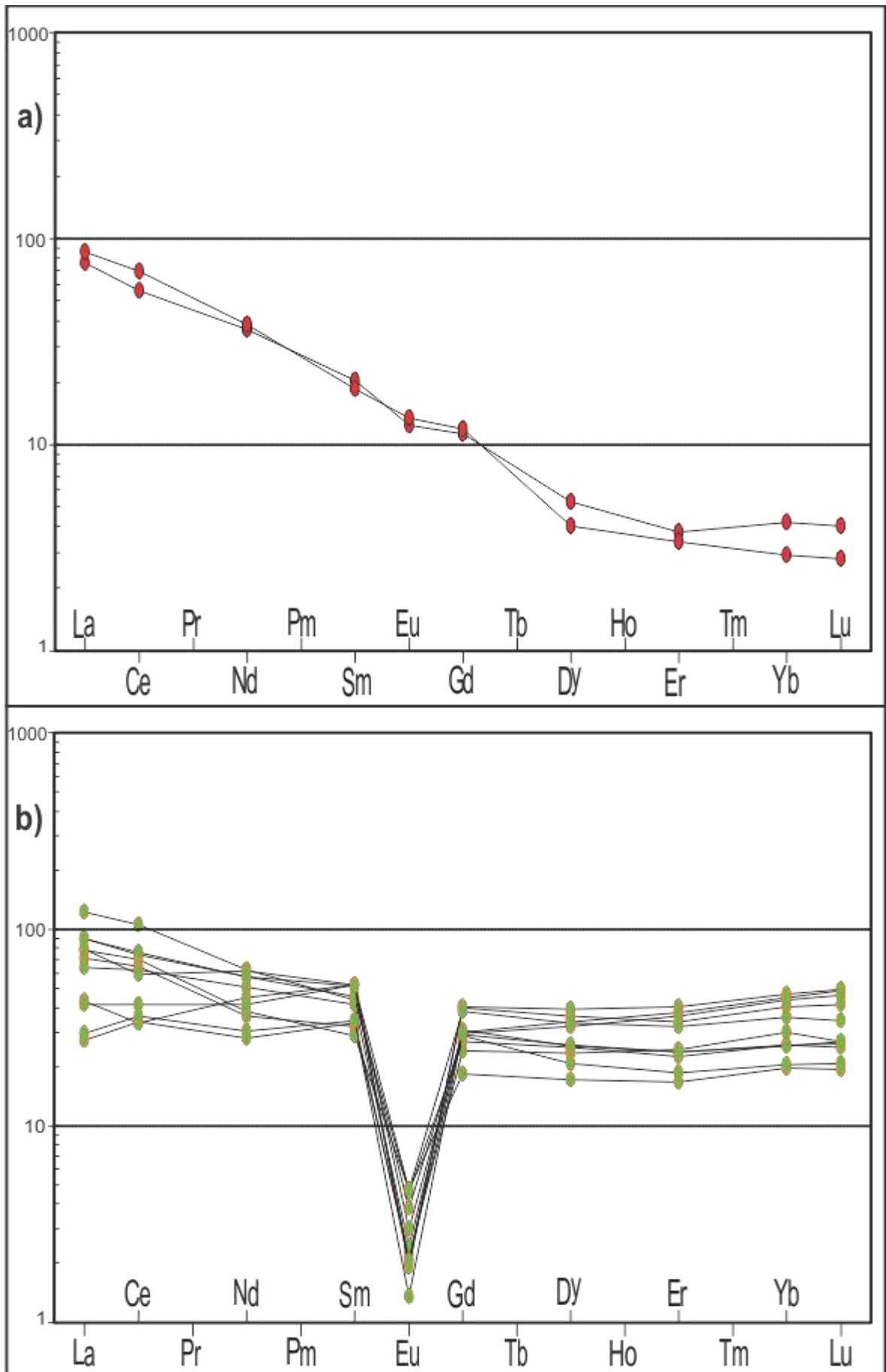


Figura 48. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

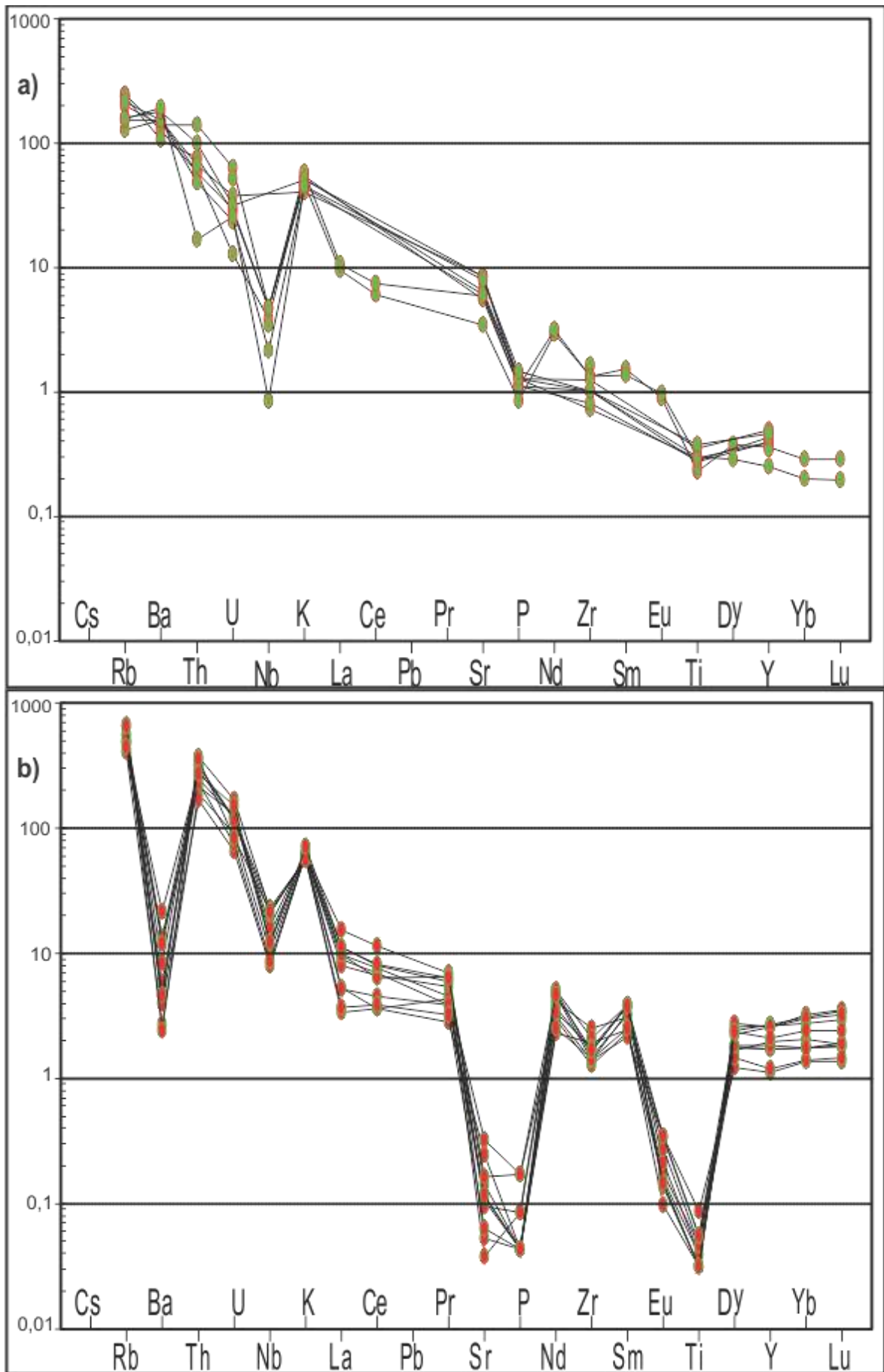


Figura 49. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Yacimiento Los Reyunos; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.1.2. Choiyoi superior – Formación Agua de los Burros

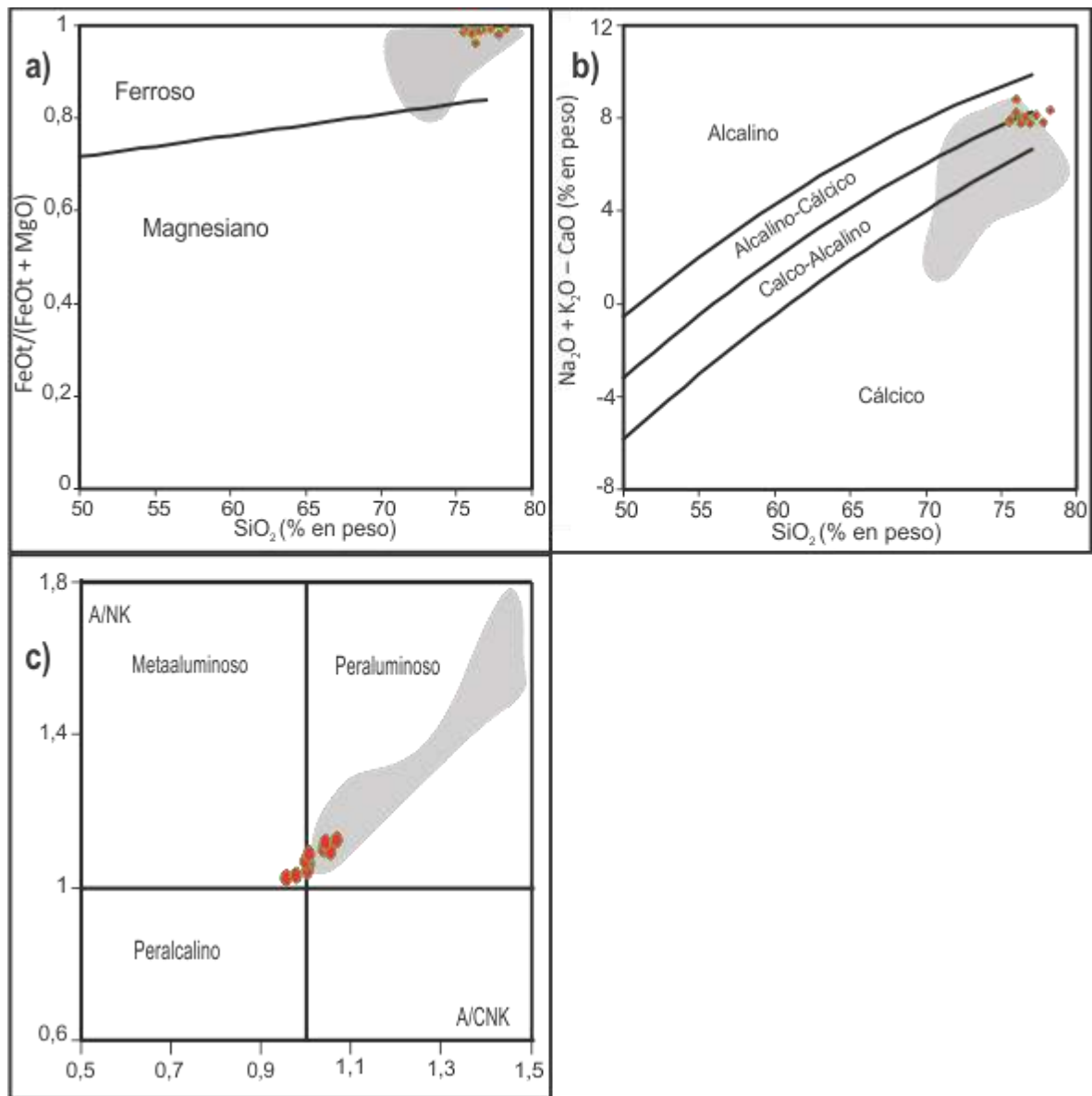


Figura 50. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Agua de los Burros y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 50 se observa que si bien las rocas de la Fm. Agua de los Burros ocupan una pequeña porción del campo asignado para las rocas magnesianas, en su mayoría las muestras se encuentran dentro del campo asignado para las rocas ferrosas y dentro del campo marcado por las rocas de esta formación es que se encuentran situadas las rocas de los plutones Charito y Cavado. Por lo tanto, puede afirmarse que las rocas comparten esta característica y que sus valores de SiO₂ y número de Fe son similares. En el diagrama b) se observa que las rocas de la Fm. Agua de los Burros abarcan los campos asignados a rocas alcalino-cálcicas, calco-alcalinas y cálcicas. Las rocas de los plutones Charito y Cavado se encuentran en su mayoría dentro del campo delimitado por las rocas de la Fm. Agua de los Burros, específicamente compartiendo los campos alcalino-cálcico y

calco-alcalino debido a que presentan valores similares de SiO₂ e índice calcio/álcalis. En el diagrama c) se observa que la totalidad de las rocas de la Fm. Agua de los Burros se encuentran situadas sobre el campo peraluminoso. Si bien las rocas de los plutones Charito y Cavado ocupan los campos peraluminosos y metaaluminoso, las que se encuentran dentro del campo peraluminoso lo hacen dentro de los valores que toman las rocas de la Fm. Agua de los Burros.

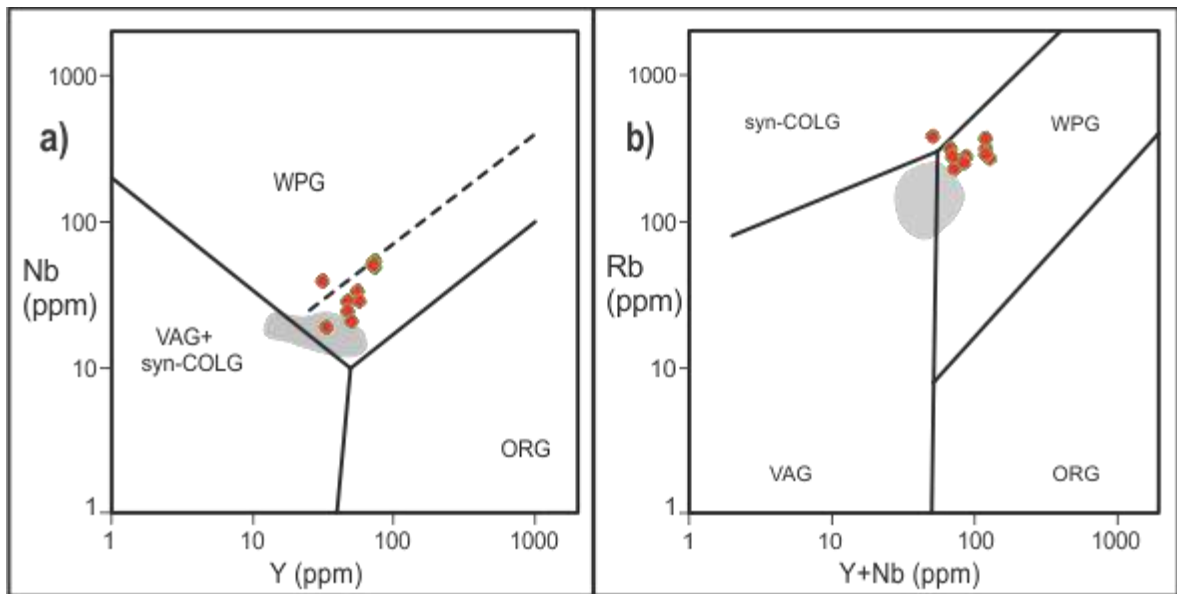


Figura 51. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Agua de los Burros y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 51 las rocas de la Fm. Agua de los Burros se encuentran sobre los campos asignados para los granitoides de intraplaca y para aquellos granitoides de arco volcánico y granitoides sin-colisionales, mientras que las rocas de los plutones Charito y Cavado se encuentran en el campo asignado a los granitoides de intraplaca. De esta forma los dos grupos de rocas comparten el campo para los granitoides de intraplaca. En el diagrama b) las rocas de la Fm. Agua de los Burros se sitúan sobre los campos asignados para los granitoides de intraplaca y para los granitoides de arco volcánico. En cuanto a las rocas de los plutones Charito y Cavado, estas se sitúan sobre los campos asignadas a los granitoides de intraplaca y a granitoides sin-colisionales. Los dos grupos de rocas se encuentran compartiendo el campo de los granitoides de intraplaca.

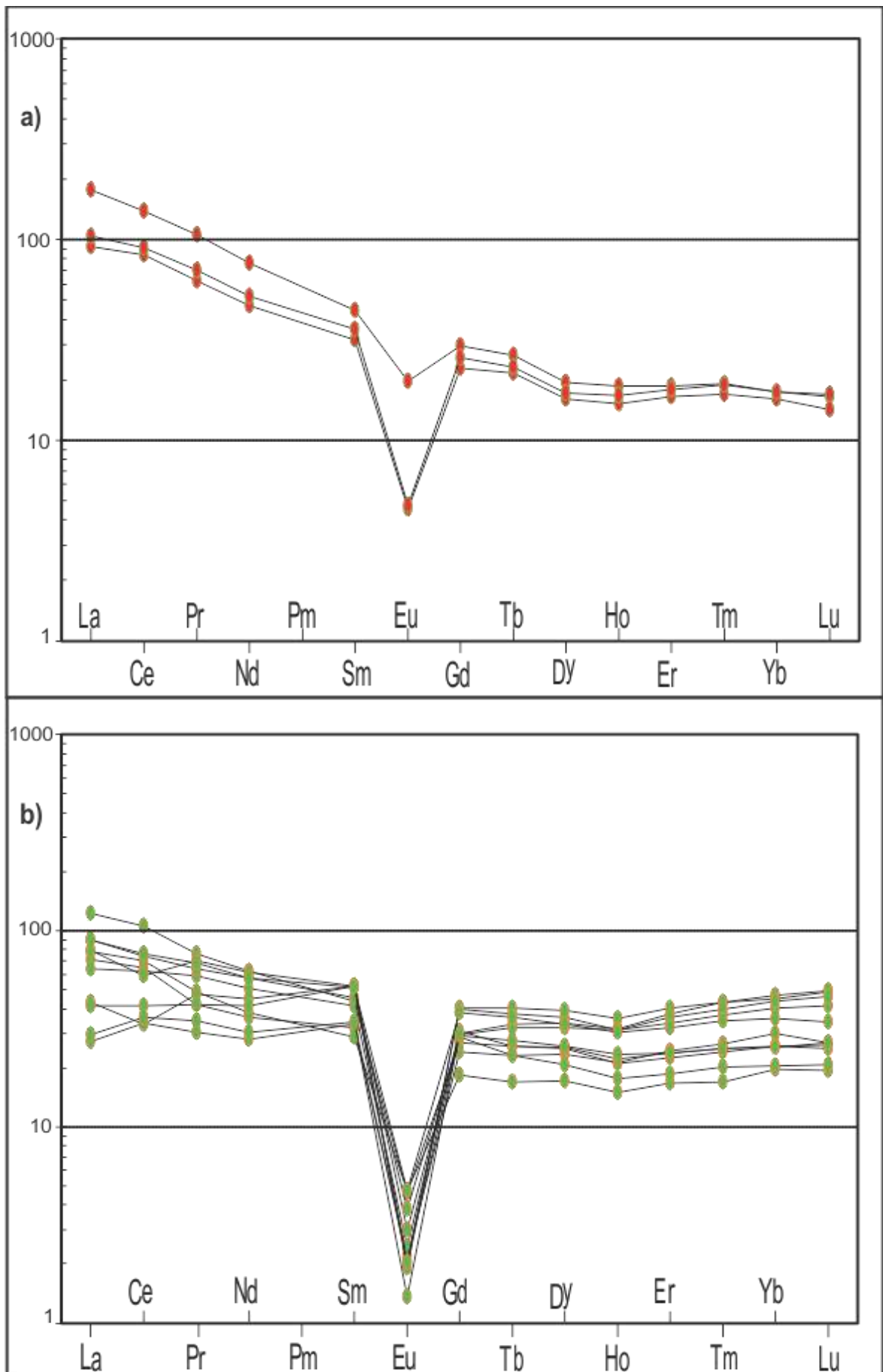


Figura 52. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Agua de los Burros; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

En los diagramas de tierras raras normalizado a condrito según Boynton (1984) de la figura 52 la Fm. Agua de los Burros en a) y las rocas de los plutones Charito y Cavado en b), se encuentran enriquecidas tanto las REE livianas como pesadas. Si bien, los valores no son exactamente iguales, el orden de magnitud en que estas rocas se enriquecen respecto al condrito propuesto por Boynton (1984) es similar. Por otra parte, ambos grupos de rocas presentan una marcada anomalía negativa en Eu, siendo las de los plutones Charito y Cavado de mayor magnitud.

En los diagramas multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) que se presentan en la figura 53 para las rocas de la Fm. Agua de los Burros en a) y las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa lo siguiente: para ambos tipos de rocas tanto los elementos compatibles como los incompatibles se encuentran enriquecidos. Además, este enriquecimiento comparte aproximadamente los mismos ordenes de magnitud para los dos grupos de rocas. Las anomalías negativas de Ti, Eu, Sr, P, Nb, Ta y Ba también se comparten entre las rocas de la Fm. Agua de los Burros y las rocas de los plutones Charito y Cavado. No obstante, las anomalías negativas de Ba no son iguales en magnitud, como tampoco lo son para una muestra en particular las anomalías de Eu, Ti, Sr y P. Todas ellas se encuentran más marcadas para los plutones Charito y Cavado. Por otra parte, las rocas de estos últimos presentan anomalías levemente negativas de Cs que para las rocas de la Fm. Agua de los Burros no se observan.

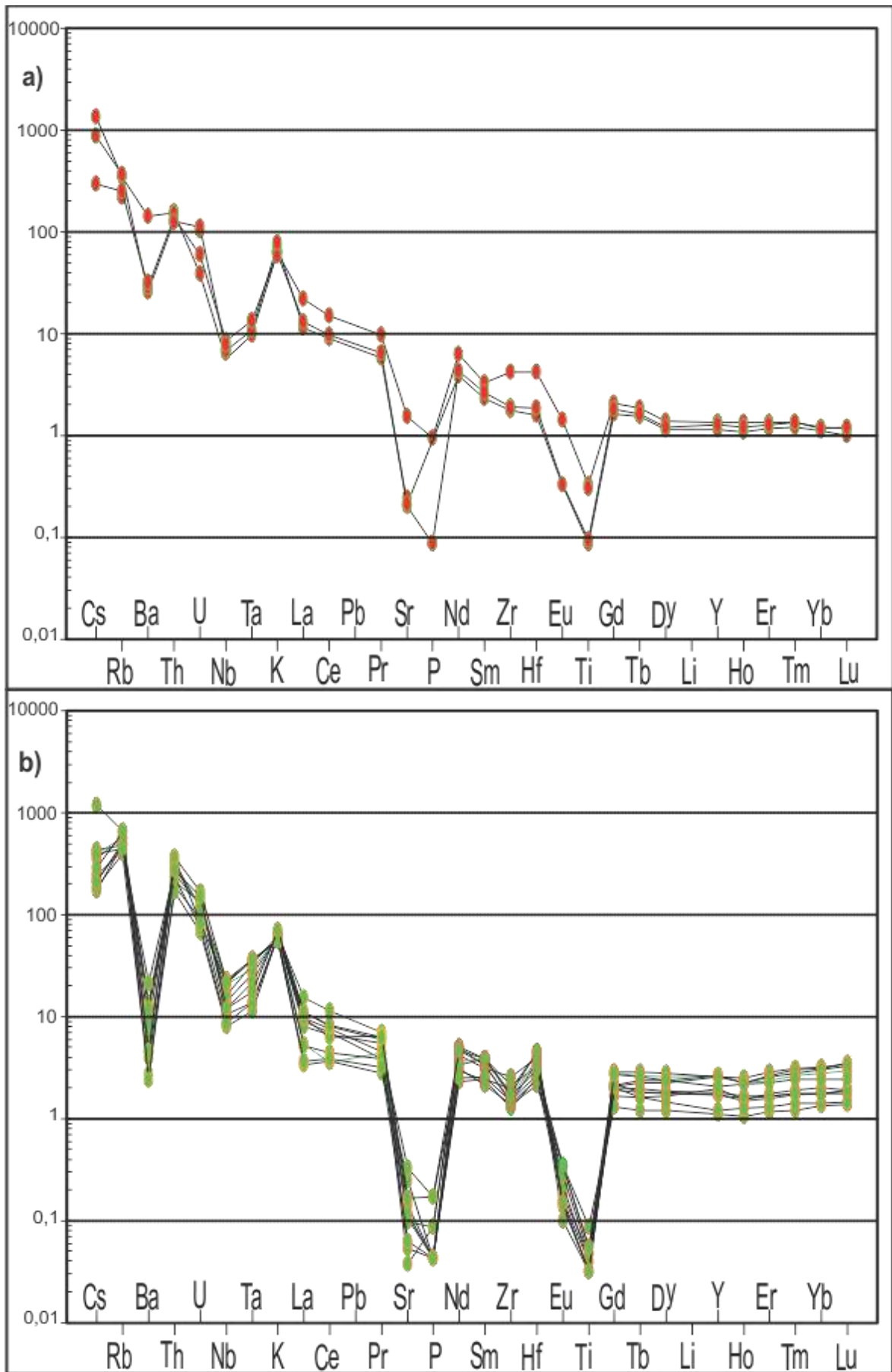


Figura 53. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Agua de los Burros; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.1.3. Choiyoi superior - Formación Cerro Carrizalito

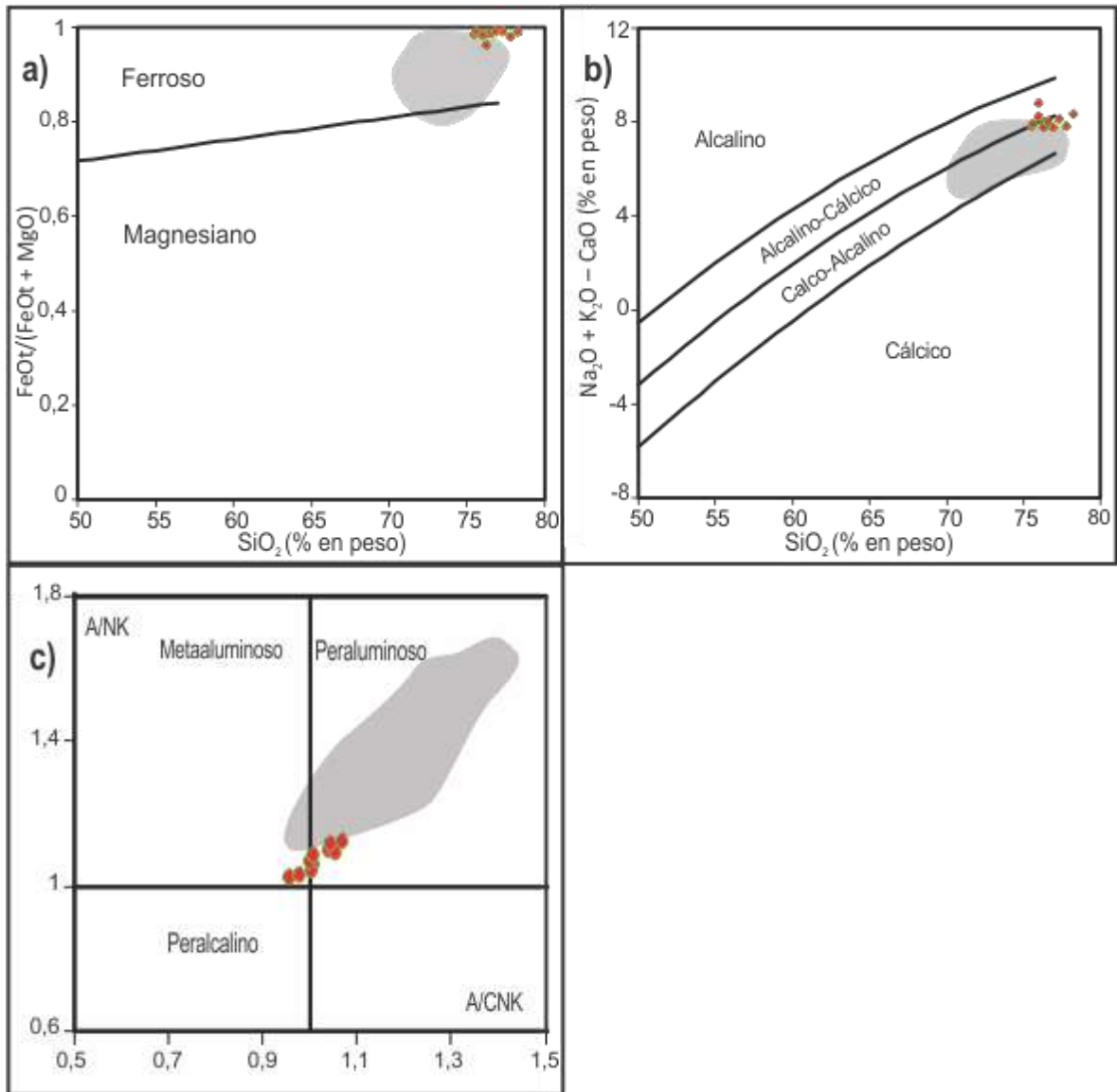


Figura 54. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 54 puede observarse que las rocas pertenecientes a la formación Cerro Carrizalito se encuentran principalmente dentro del campo asignado para las rocas ferrosas y una pequeña porción lo hace dentro del campo asignado para rocas magnesianas. Solos unas pocas muestras de las rocas pertenecientes a los plutones Charito y Cavado poseen valores similares de SiO_2 y número de Fe con las rocas de la formación Cerro Carrizalito, no obstante comparten el campo asignado para las rocas ferrosas. En el diagrama b) puede observarse que la distribución de valores de SiO_2 e índice calcio/alcalis, para las rocas de la formación Cerro Carrizalito, delimitan una zona que abarca los campos asignados para las rocas alcalino-calcicas, calco-alcalinas y calcicas. Por su parte las rocas pertenecientes a los plutones Charito y Cavado se sitúan sobre los campos asignados a las

rocas alcalino-calcicas y calco-alcalinas. Si bien, las rocas de la Formación Cerro Carrizalito poseen valores mas bajos de SiO_2 e indice calcio/alcalis comparten los campos alcalino-calcico y calco-alcalinos con las rocas de los plutones Charito y Cavado. En el diagrama c) se observa que las rocas de la Formación Cerro Carrizalito delimitan una gran zona dentro del campo peraluminoso y una pequeña porcion dentro del campo metaaluminoso. Las rocas de los plutones Charito y Cavado comparten los campos peraluminosos y metaaluminosos con las rocas de la Formación Cerro Carrizalito, no obstante sus valores de A/NK son menores.

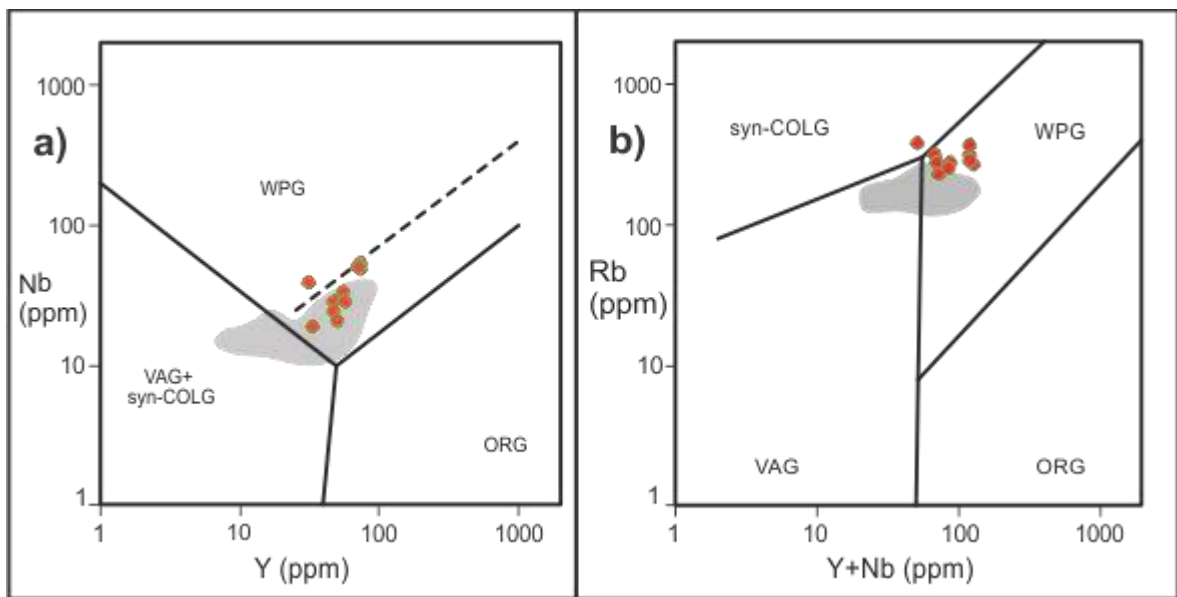


Figura 55. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 55 las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito tienen una distribución de valores que abarcan los campos asignados para los granitoides de intraplaca y para los granitoides de arco volcánico y sin-colisionales. De esta manera las rocas de los plutones Charito y Cavado comparten el campo asignado para los granitoides de intraplaca con dicha formación. En el diagrama b) las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito se encuentran tanto en el campo asignado para los granitos de intraplaca como para los granitos de arco volcánico. De esta forma las rocas de los plutones Charito y Cavado comparten el campo asignado para los granitos de intraplaca.

En los diagramas de tierras raras normalizado a condrito según Boynton (1984) para las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) presentes en la figura 56 se observa que la mayoría de las muestras de la Fm. Cerro Carrizalito comparten los enriquecimientos en REE livianas como pesadas con los plutones Charito y Cavado. Solo dos muestras de la Fm. Cerro Carrizalito presentan un empobrecimiento en REE pasadas que difiere respecto a las rocas de los plutones Charito y

Cavado. Además, dos muestras de la Fm. Cerro Carrizalito presentan un enriquecimiento de mayor magnitud en REE livianas que las rocas de los plutones Charito y Cavado. Por otro parte, ambos grupos de rocas presentan anomalías negativas de Eu, pero las mismas se presentan con mayor magnitud para las rocas de los plutones Charito y Cavado.

En los diagramas multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) para las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) presentados en la figura 57 se observa lo siguiente: ambos grupos de rocas presentan enriquecimientos respecto a los elementos incompatibles con órdenes de magnitud similares. En cuando a los elementos compatibles, la mayoría de las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito presentan el mismo orden de magnitud en enriquecimiento que las rocas de los plutones Charito y Cavado, pero dos muestras de esta formación se encuentran empobrecidas en estos elementos marcando una diferencia. Las anomalías negativas de Ba, Sr, P, Eu y Ti son compartidas para los dos grupos de rocas, pero siempre se encuentran más marcadas para las rocas de los plutones Charito y Cavado. Las anomalías negativas de Nb y Ta se comparten para los dos grupos de rocas con magnitudes muy similares. Las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito presentan algunas muestras con leves anomalías negativas de Sm y leves anomalías positivas de Zr que no se comparten con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Por último, las anomalías levemente negativas de Cs para estas últimas rocas, no se observa para las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito.

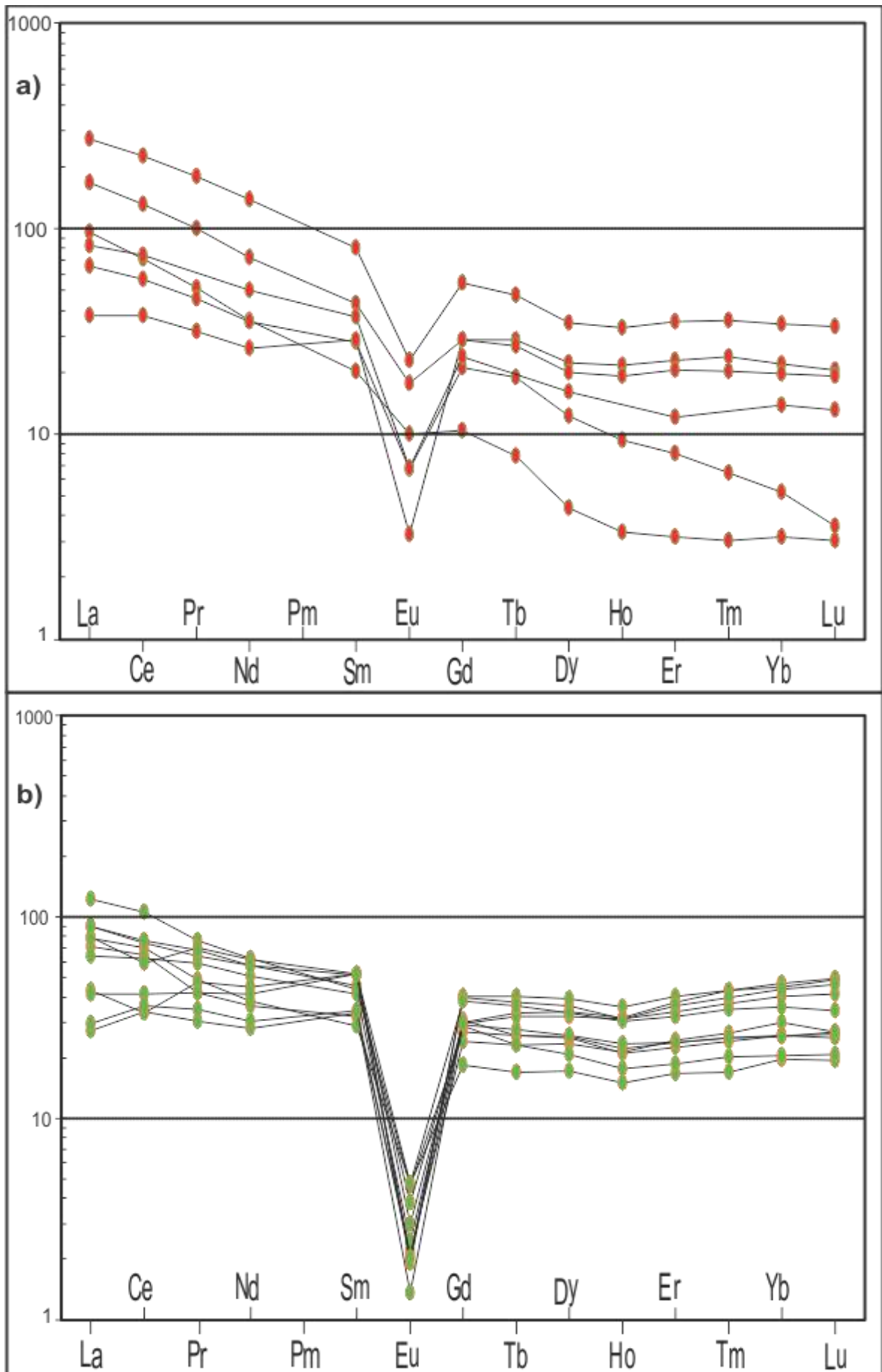


Figura 56. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

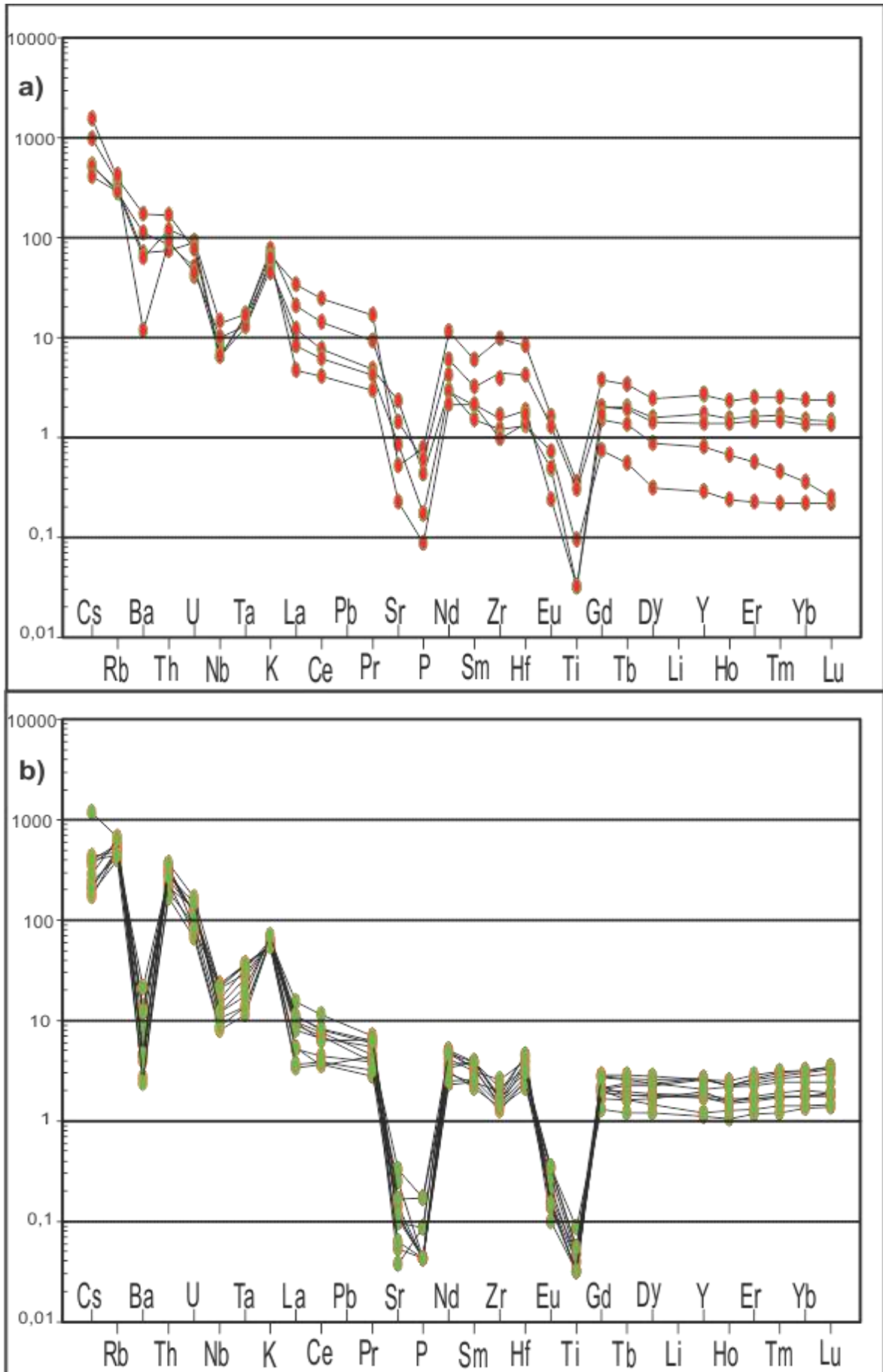


Figura 57. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Cerro Carrizalito; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.1.4. Choiyoi superior - Formación Puesto Viejo

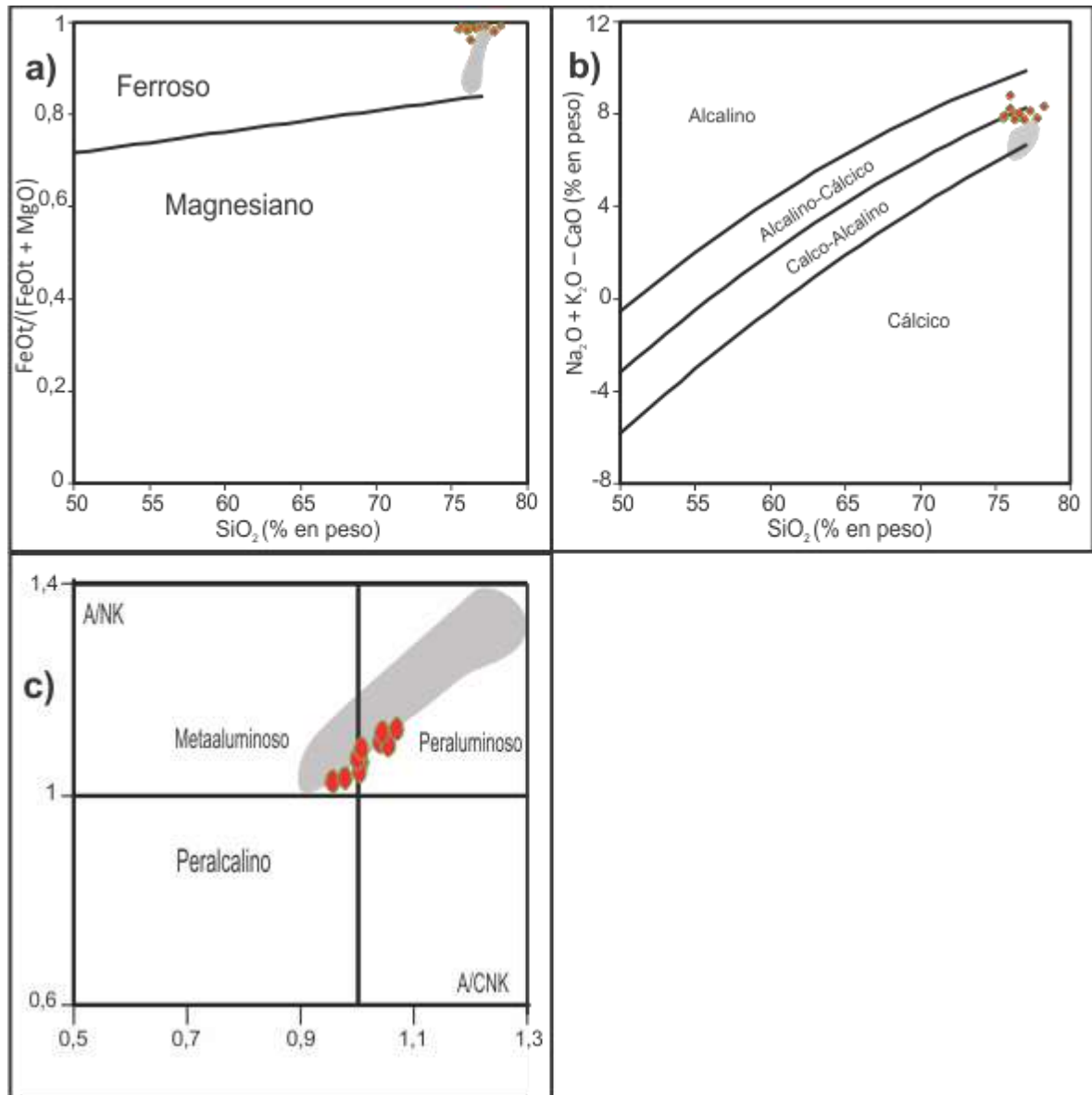


Figura 58. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Puesto Viejo y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 58 puede observarse que las rocas de la Fm. Puesto Viejo comparten el campo asignado para las rocas ferrosas con las rocas de los plutones Charito y Cavado, pero, sus valores del número de Fe toman valores menores respecto de estas últimas. En el diagrama b) las rocas de la Fm. Puesto Viejo se encuentran principalmente en el campo de rocas calco-alcalinas y en menor medida en el campo para las rocas cálcicas. Compartiendo de esta manera el campo calco-alcalino con las rocas de los plutones Charito y Cavado, pero, si bien sus valores de SiO₂ concuerdan con estas rocas, sus valores de índice calcio/álcalis es menor. En el diagrama c) las rocas de la Fm. Puesto Viejo se sitúan sobre el campo peraluminoso y en menor medida sobre el campo

metaaluminoso. De esta manera comparten estos campos con las rocas de los plutones Charito y Cavado pero sus valores de A/NK son superiores en estas últimas.

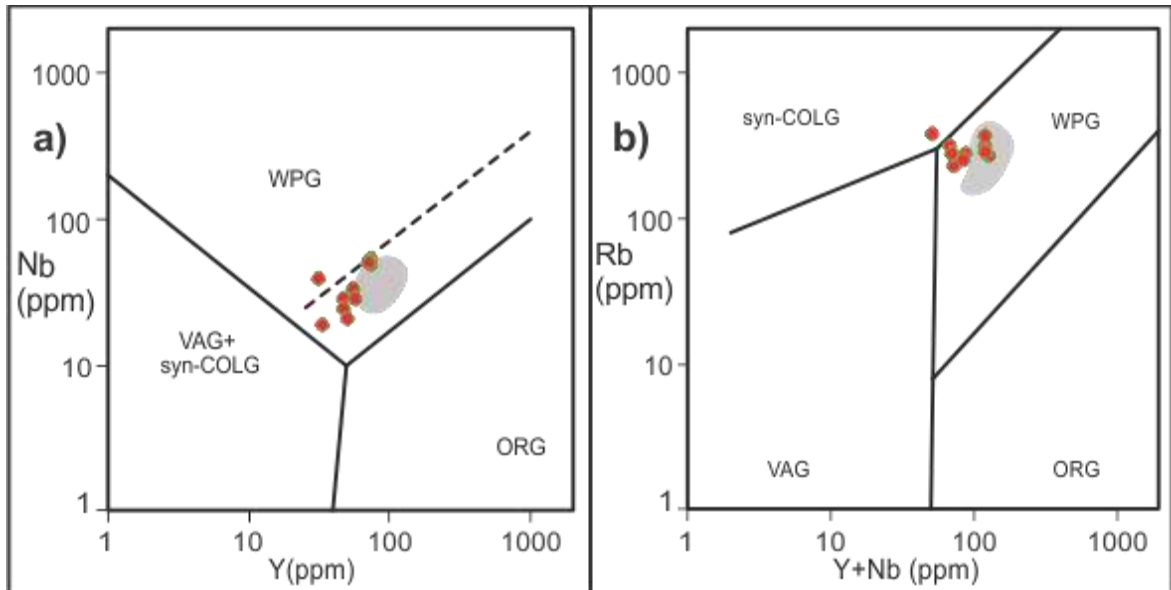


Figura 59. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Puesto Viejo y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 59 se observa que las rocas de la Fm. Puesto Viejo se encuentran dentro del campo asignado para los granitoides de intraplaca al igual que las rocas de los plutones Charito y Cavado. En el diagrama b) también las rocas de la Fm. Puesto Viejo comparten el campo de los granitoides de intraplaca con las rocas de los plutones Charito y Cavado.

En los diagramas de tierras raras normalizado según Boynton (1984) presentados en la figura 60 para las rocas de la Fm. Puesto Viejo en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) muestran que los dos grupos de rocas se encuentran enriquecidos tanto en REE livianas como pesadas. Pero, los valores de enriquecimiento que presentan las rocas de la Fm. Puesto Viejo son levemente superiores para todos los elementos de REE en comparación con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Por otra parte, las anomalías negativas de Eu se presentan en el mismo orden de magnitud, pero más marcadas para las rocas de los plutones Charito y Cavado en comparación con las rocas de la Fm. Puesto Viejo.

En los diagramas multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) mostrados en la figura 61 para las rocas de la Fm. Puesto Viejo en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa que: ambos grupos de rocas se encuentran enriquecidos en elementos traza compatibles como incompatibles. En cuanto a los elementos incompatibles los valores para ambos grupos de rocas se presentan similares. Respecto a los elementos compatible se observa que las rocas de la Fm. Puesto

Viejo toman los mismos ordenes de magnitud, pero sus valores son levemente mayores que los valores observados para las rocas de los plutones Charito y Cavado. Las anomalías negativas de Sr, P, Ti, Eu, Ba, Nb se presentan en ambos grupos de rocas, pero en la mayoría de los casos se encuentran más marcadas para las rocas de los plutones Charito y Cavado. Para una muestra de la Fm. Puesto Viejo se observa que no existe anomalía de P y en otra muestra puede observarse que existe una leve anomalía negativa en Sm que no se encuentra presenten en las rocas de los plutones Charito y Cavado.

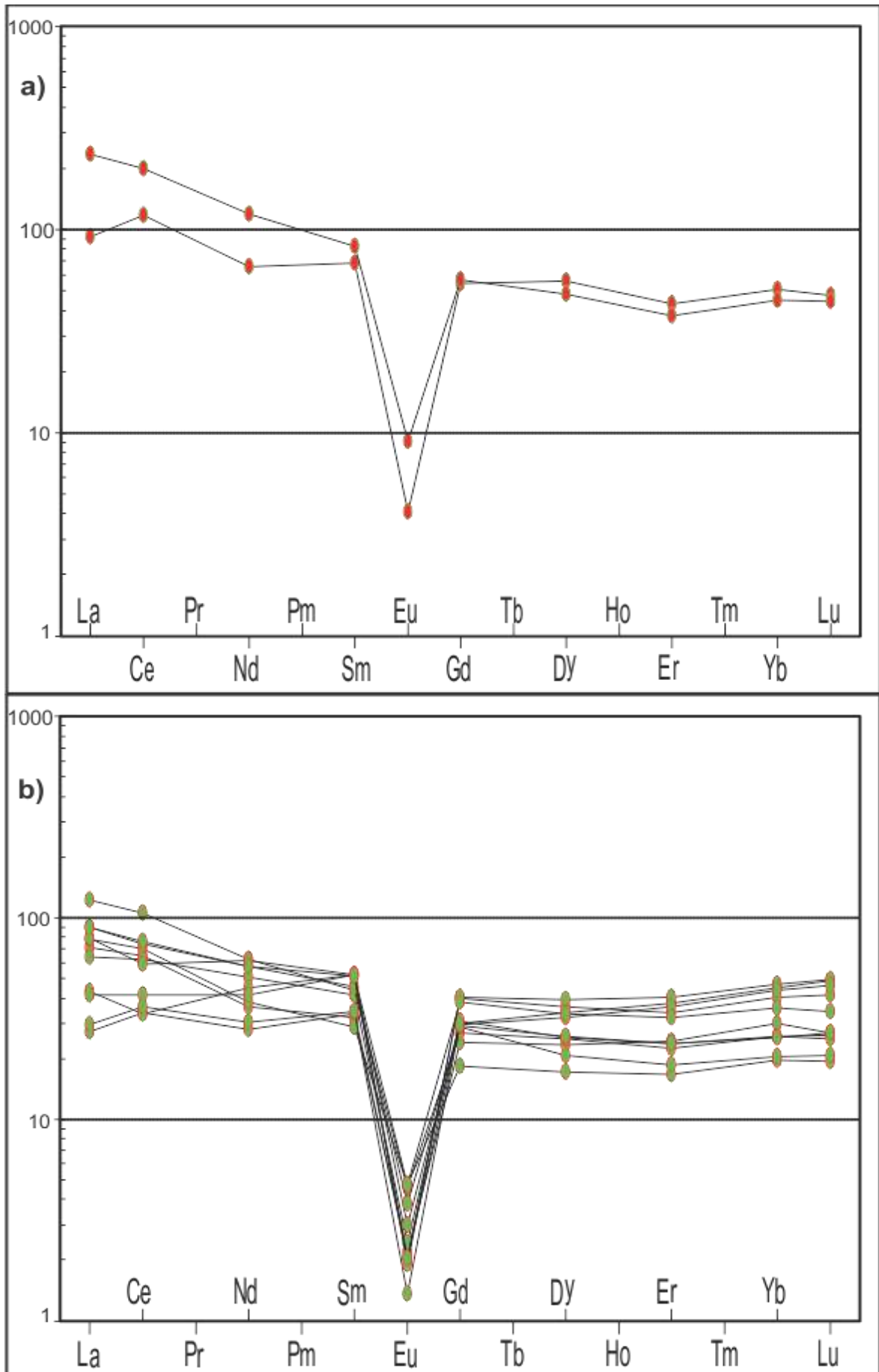


Figura 60. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Puesto Viejo; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

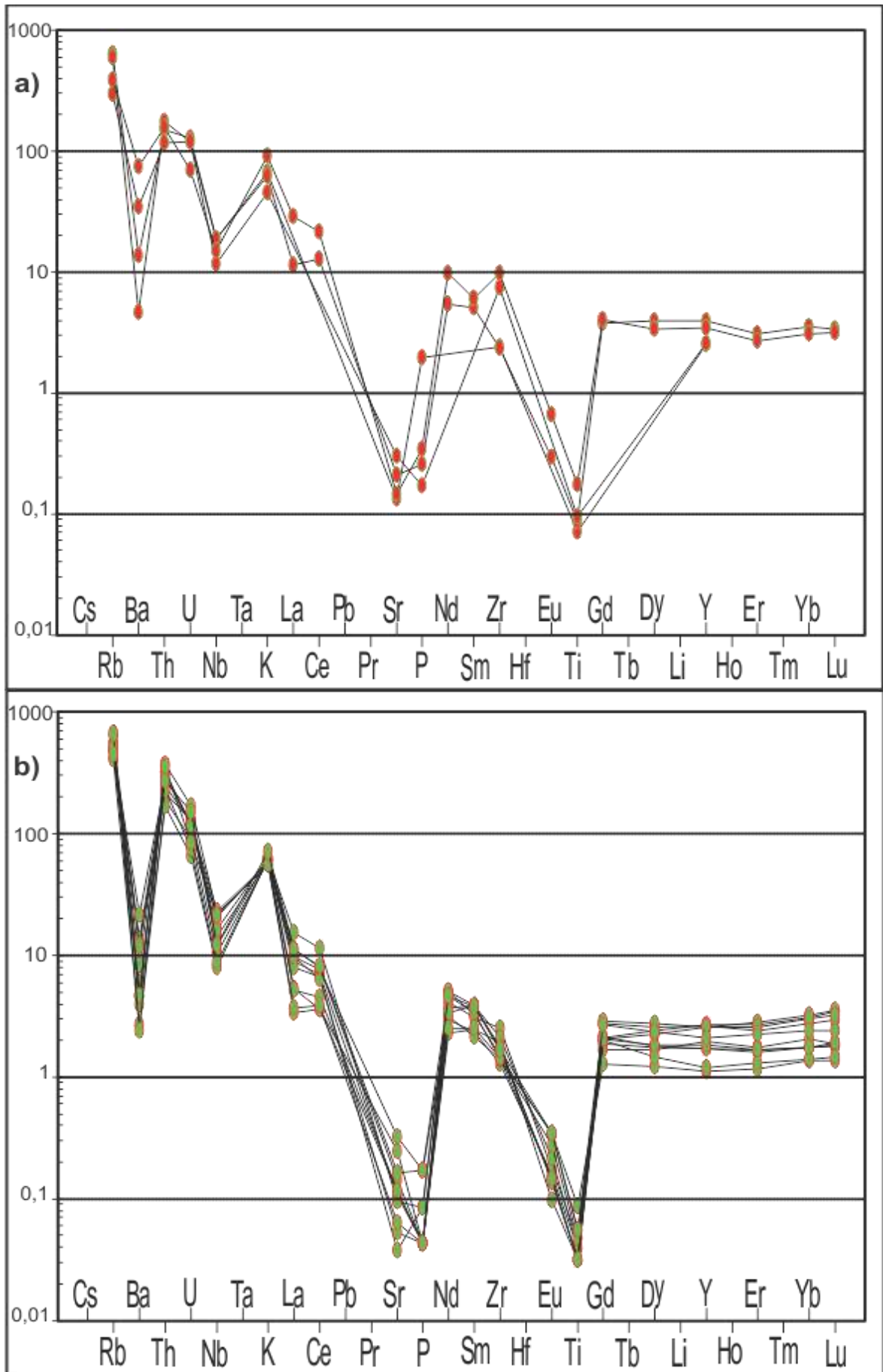


Figura 61. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Puesto Viejo; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.2. Provincia de La Pampa

En esta sección se realizaron comparaciones geoquímicas con los granitos y domos pertenecientes a las Fm. Zúñiga existentes en la provincia de La Pampa.

5.1.2.1. Formación Zúñiga

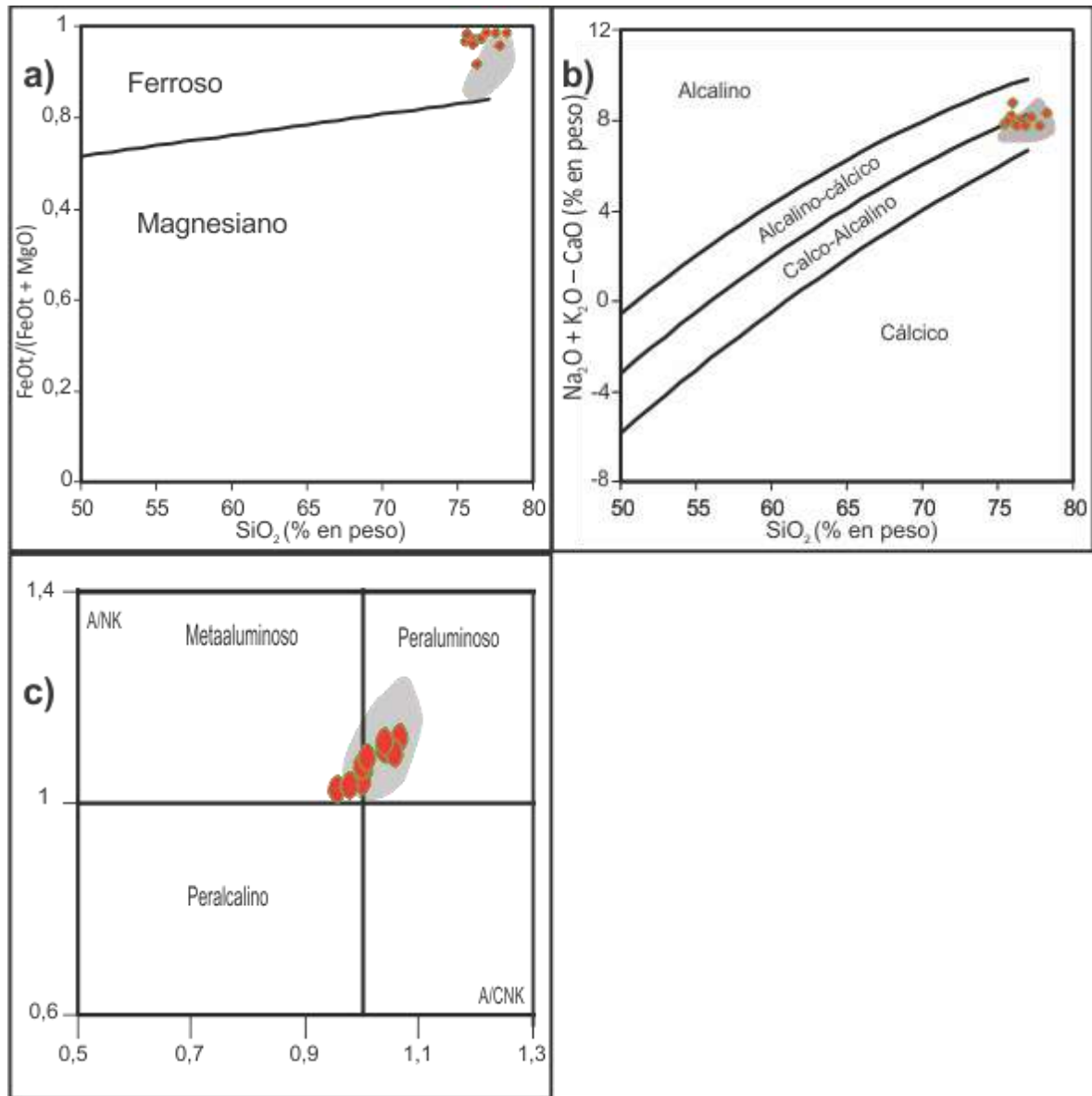


Figura 62. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Zúñiga y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 62 puede observarse que las rocas pertenecientes a la Fm. Zúñiga se encuentran compartiendo el campo delimitado para las rocas ferrosas con las rocas de los plutones Charito y Cavado, presentando valores del número de Fe más bajos que estos últimos pero muy similares. En el diagrama b) puede observarse que las rocas de la Fm. Zúñiga se encuentran compartiendo los campos alcalino-cálcico y calco-alcalino con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Si bien los valores que toman las rocas de las Fm. Zúñiga son muy similares a estas últimas, poseen valores de SiO₂

levemente superiores. En el diagrama c) puede observarse que las rocas de la Fm. Zúñiga se encuentran principalmente sobre el campo peraluminoso y en menor medida sobre el campo metaaluminoso. De esta forma comparten estos campos con las rocas de los plutones Charito y Cavado con valores muy similares a estas últimas.

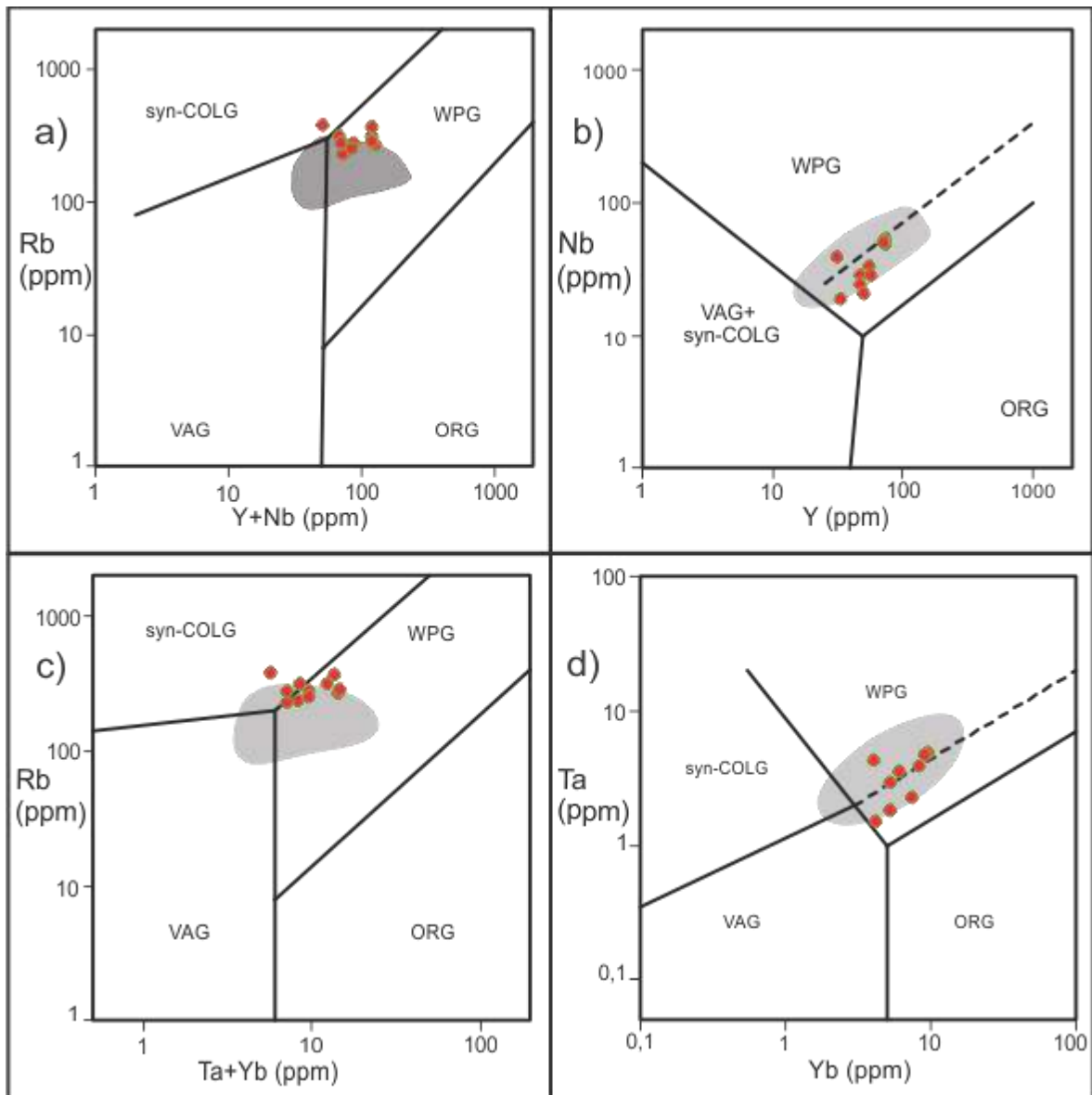


Figura 63. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Zúñiga y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En la figura 63 puede observarse que tanto en los a), b), c) y d) las rocas de la Fm. Zúñiga se encuentran ocupando principalmente los campos asignados para los granitoides de intraplaca y en menor medida los campos asignados a granitoides de arco volcánico y granitoides sin-colisionales. De esta manera el principal campo que comparte esta formación con las rocas de los plutones Charito y Cavado es el de granitoides de intraplaca. Además, tanto en el grafico a) como en el c) donde las rocas de los plutones

Charito y Cavado se sitúan sobre el campo asignado para granitoides sin-colisionales, la Fm. Zúñiga comparte este campo con dichas rocas.

En los diagramas de tierras raras normalizado según Boynton (1984) expuesto en la figura 64 para las rocas de la Fm. Zúñiga en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa que ambos grupos de rocas se encuentran enriquecidos tanto REE livianas como pesadas aproximadamente en los mismos valores. Las anomalías negativas de Eu para ambos grupos de rocas se encuentran en su mayoría en el mismo orden de magnitud, solo una muestra de la Fm. Zúñiga presenta una anomalía negativa más marcada que las rocas de los plutones Charito y Cavado.

En los diagramas multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) presentados en la figura 65 para las rocas de la Fm. Zúñiga en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa lo siguiente: los elementos incompatibles para los dos grupos de rocas se encuentran enriquecidos en los mismos ordenes de magnitud. No sucede lo mismo para los elementos compatibles, los cuales para algunas muestras de la Fm. Zúñiga se encuentran empobrecidos en Gd, Tb, Dy, ti, Y, Ho, Er, Tm, Yb y Lu, pero para las rocas de los plutones Charito y Cavado todos los elementos compatibles se encuentran enriquecidos. En cuanto a las anomalías negativas de Eu, Ti, Sr, P, Nb, Ta, Ba y Ce todas se presentan en los mismos valores para los dos grupos de rocas, pero un poco más marcadas para los plutones Charito y Cavado. Además, se observa una marcada anomalía positiva para Hf en una muestra de la Fm. Zúñiga que difiere de lo observado para los plutones Charito y Cavado respecto a este elemento.

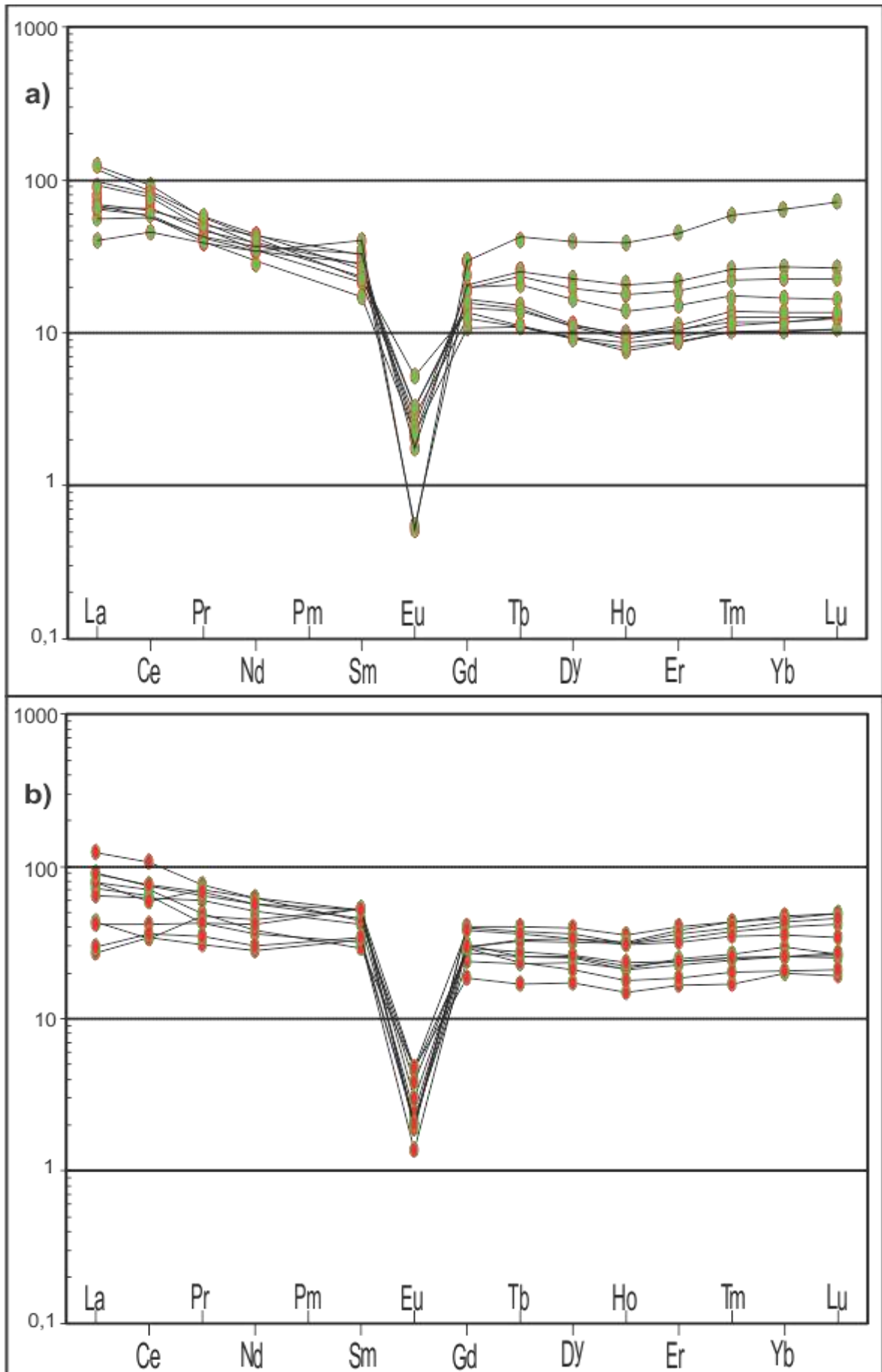


Figura 64. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Zúñiga; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

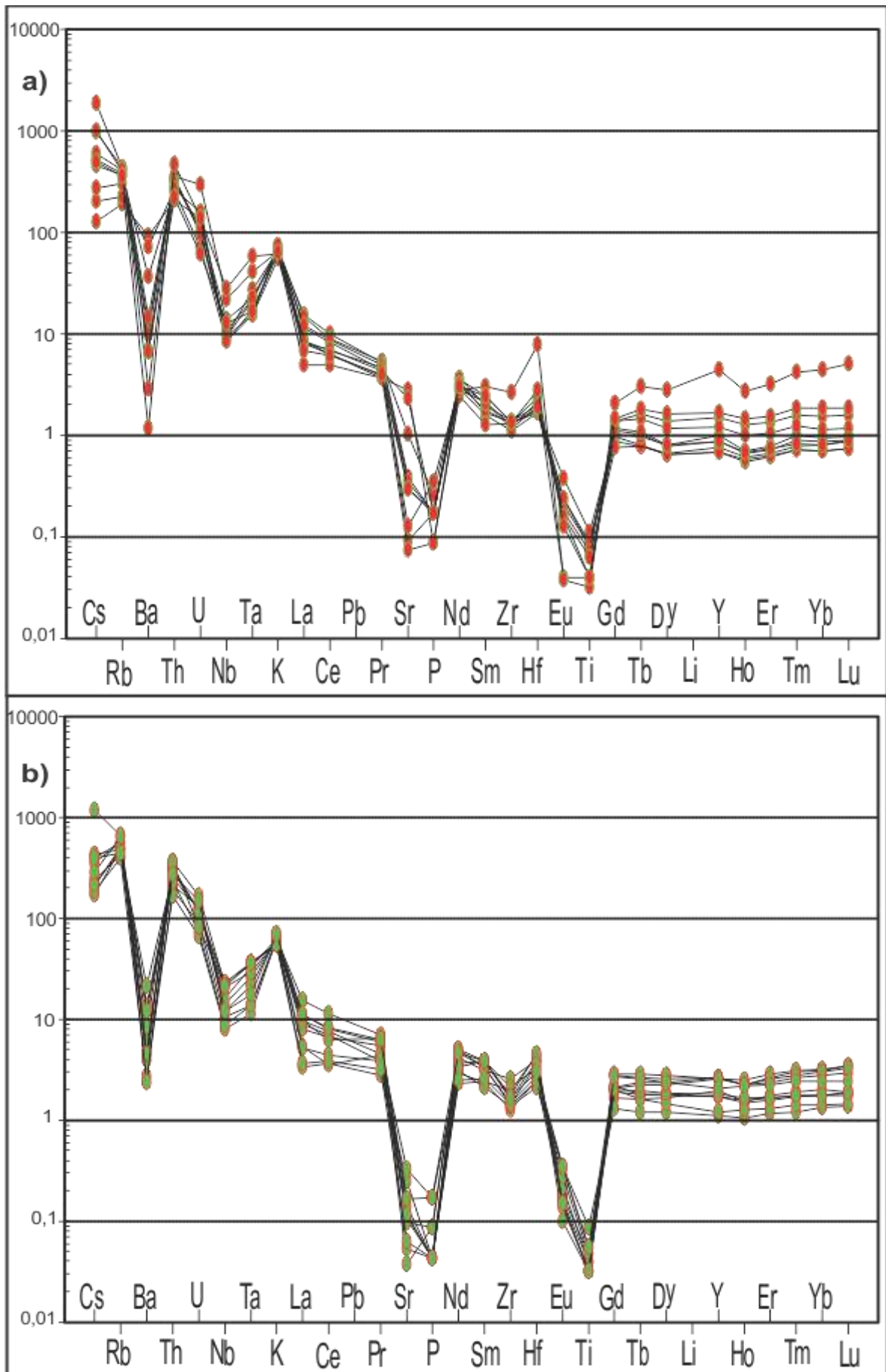


Figura 65. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Zúñiga; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.3. Distrito Minero Agua Escondida

En esta sección se realizaron comparaciones geoquímicas con las rocas ubicadas dentro del Distrito Minero Agua Escondida. Ellas son las pertenecientes a la Formación Choique Mahuida y el Grupo El Portillo del Proyecto minero Don Sixto ubicado a 25 km aproximadamente del área de estudio (Mugas Lobos et al. 2010). Además, se realizaron comparaciones con las rocas pertenecientes a las formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas propuestas por Delpino (1997) para la misma área de estudio.

5.1.3.1. Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo

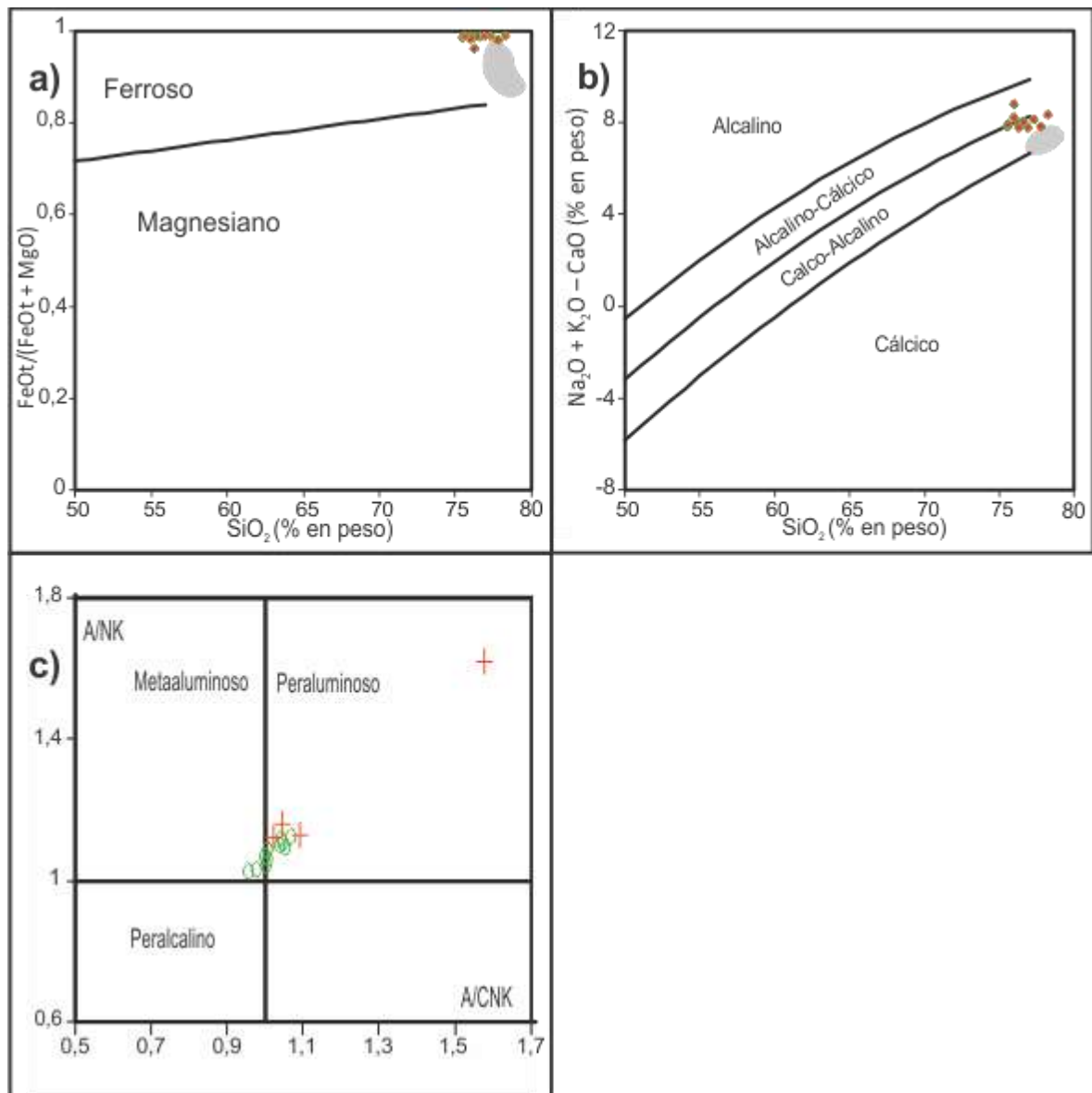


Figura 66. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo, y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos. Para el diagrama c) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se encuentran representados por los círculos verdes mientras que las rocas de la Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo se encuentran representadas por las cruces rojas.

En el Diagrama a) de la figura 66 puede observarse que las rocas pertenecientes a la Formación Choique Mahuida y al Grupo El Portillo se sitúan sobre el campo asignado para las rocas ferrosas compartiendo dicho campo con las rocas de los plutones Charito y Cavado pero con valores para el número de Fe levemente menores que estas últimas. En el diagrama b) puede observarse que las rocas de la Formación Choique Mahuida y el Grupo El Portillo se encuentran sobre el límite que separa los campos de rocas calco-alcalinas de las rocas calcicas. De esta manera se encuentran compartiendo el campo de las rocas calco-alcalinas con las rocas de los plutones Charito y Cavado pero poseen valores levemente más elevados de SiO₂ y levemente más bajos del índice calcio/alcalis modificado. En el diagrama c) puede observarse que las rocas de la Formación Choique Mahuida y el Grupo El Portillo se encuentran sobre el campo peraluminoso compartiendo este campo con las rocas de los plutones Charito y Cavado, lo que no sucede con el campo metaaluminoso. Tanto en los diagramas a), b), c) y d) de la figura 67 para las rocas de la Formación Choique Mahuida y el Grupo El Portillo puede observarse que la mayoría de sus muestras se encuentran situadas sobre el campo asignado a los granitoides de intraplaca, en segundo lugar, sobre el campo asignado a granitoides de arco volcánico y por último y en menor medida sobre el campo de los granitoides sin-colisionales. Tomando en cuenta cada gráfico por separado, el único campo que estas rocas comparten con las rocas de los plutones Charito y Cavado es el de granitoides de intraplaca.

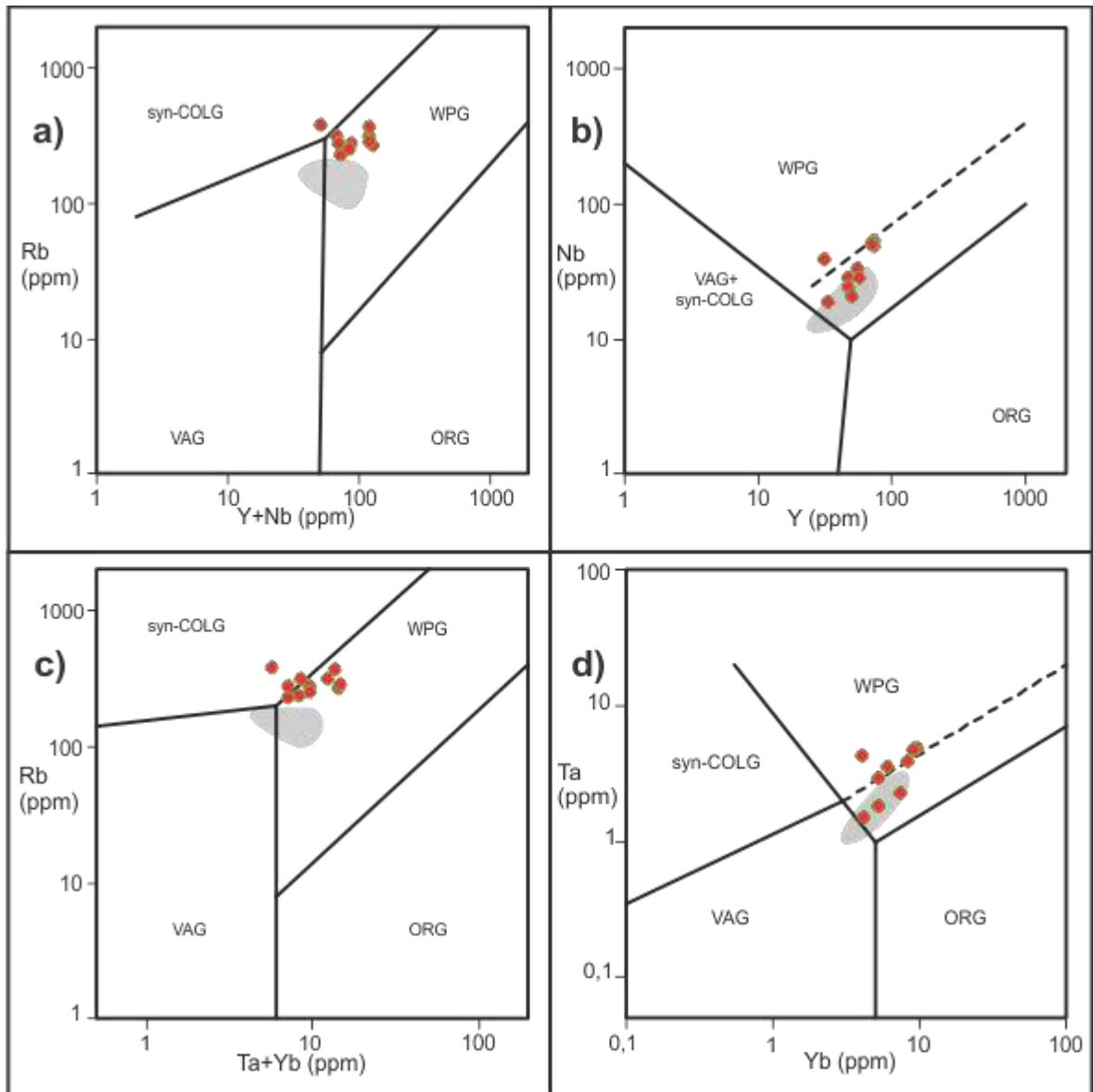


Figura 67. Diagrama según Pearce et al. (1984). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de la Fm. Choque Mahuida y Grupo El Portillo, y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

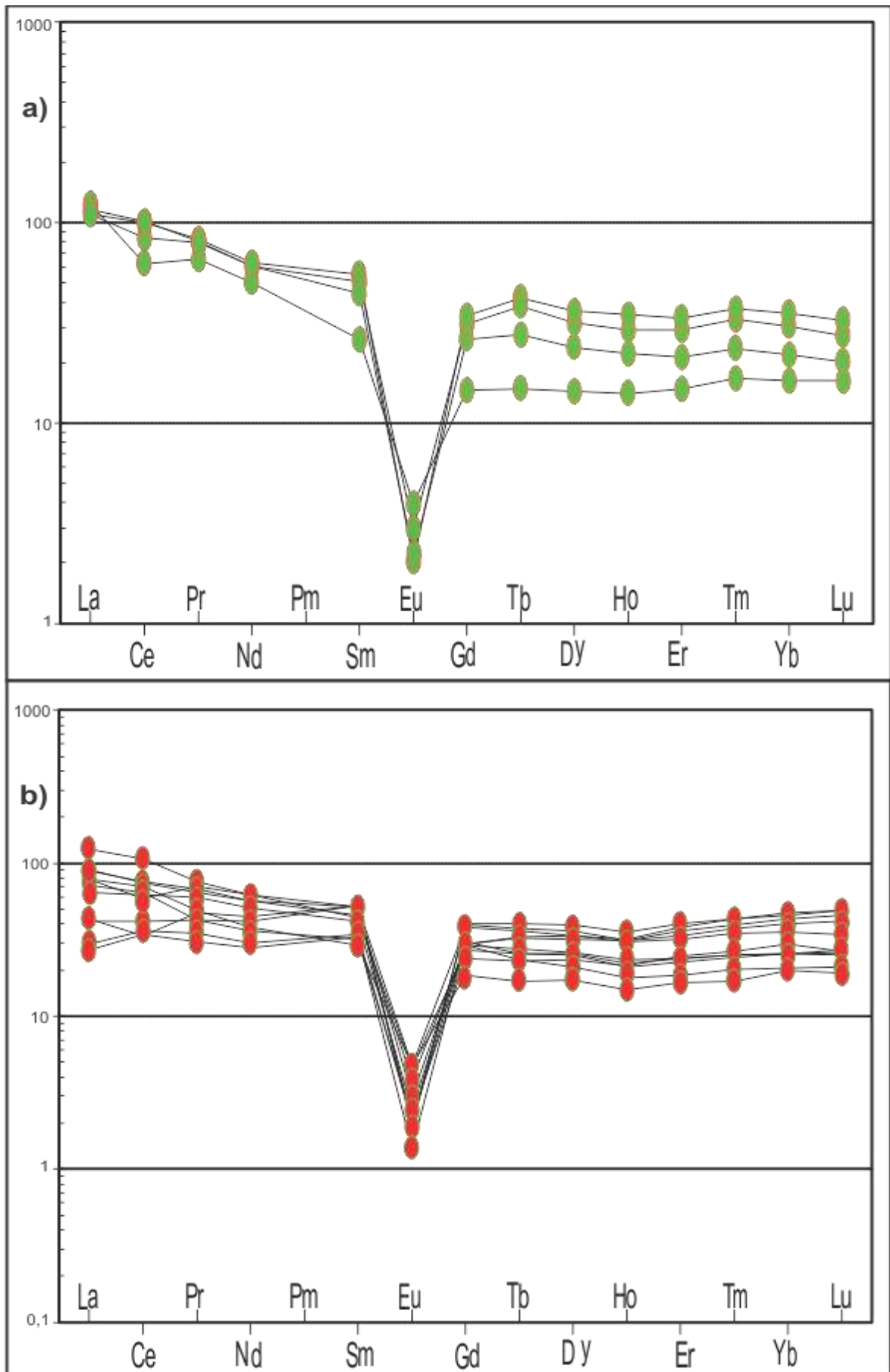


Figura 68. Diagrama de Tierras Raras normalizado según Boynton (1984). En a) se representan las rocas de la Fm. Choique Mahuida y Grupo El Portillo; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

En los diagramas de tierras raras normalizado según Boynton (1984) presentes en la figura 68 para las rocas de la Fm. Choique Mahuida y Grupo El Portillo en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa que ambos grupos de rocas se encuentran enriquecidos tanto en REE livianas como pesadas en los mismos ordenes de magnitud. Además, los dos grupos de rocas presentan anomalías negativas de Eu con valores similares.

En los diagramas multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989) que se presentan en la figura 69 para las rocas de la Fm. Choique Mahuida y Grupo el Portillo en a) y para las rocas de los plutones Charito y Cavado en b) se observa que: para ambos grupos de rocas tanto los elementos incompatibles como los compatibles se encuentran enriquecidos en los mismos valores. En cuando a las anomalías negativas de Sr, P, Eu, Ti, Ba y Ce, se observa que estas se comparten para ambos grupos de rocas, pero se encuentran más marcadas para las rocas de los plutones Charito y Cavado. Las anomalías negativas de Nb, Ta toman valores similares para los dos grupos de rocas. Para una de las muestras de las rocas de la Fm. Choique Mahuida y Grupo El Portillo se observa una anomalía en Sm que no se encuentra presenten en las rocas de los plutones Charito y Cavado.

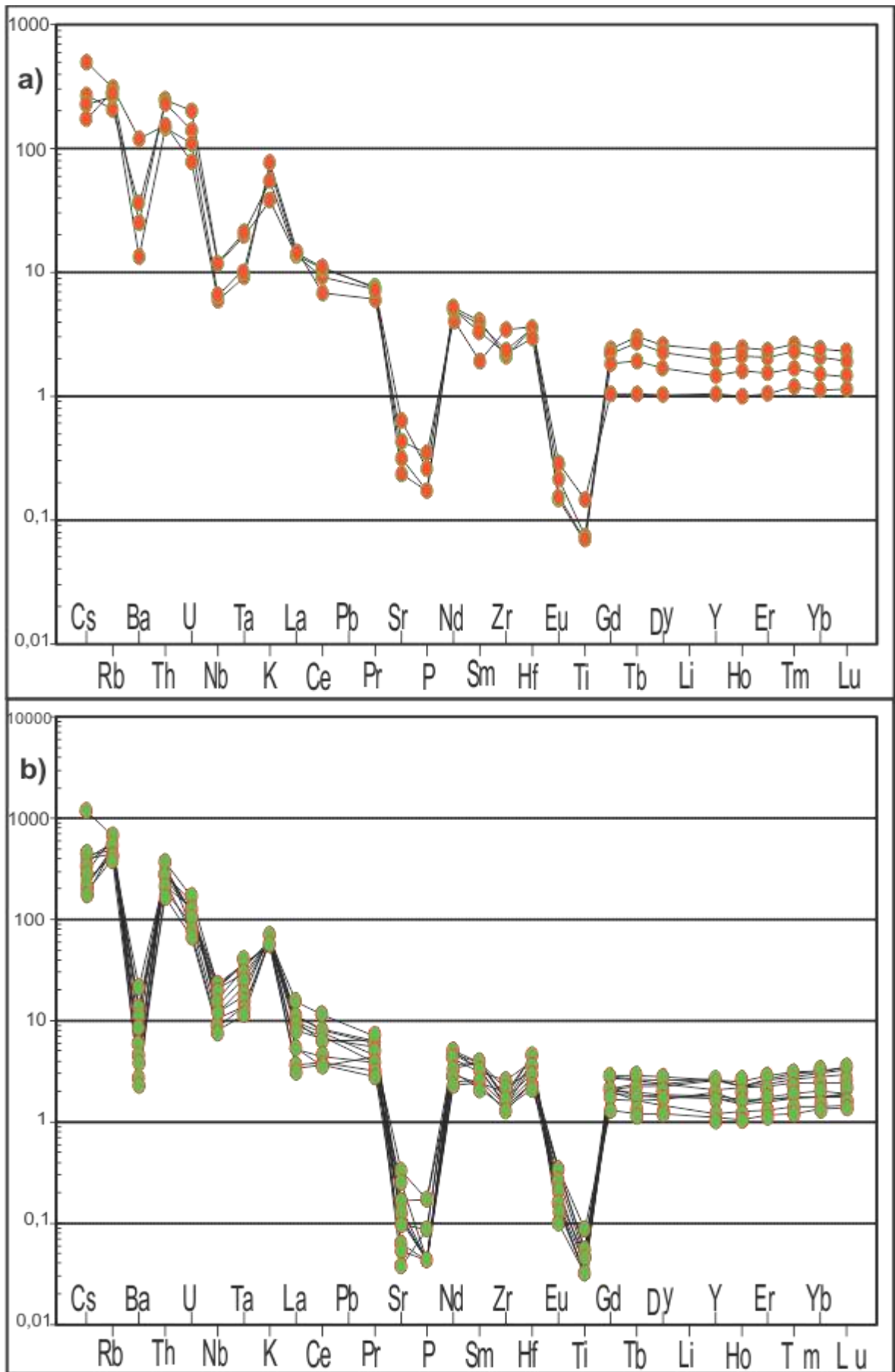


Figura 69. Diagrama multielementos normalizado a N-MORB según Sun y McDonough (1989). En a) se representan las rocas de la Fm. Choique Mahuida y Grupo El Portillo; en b) las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado”.

5.1.3.2. Formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas

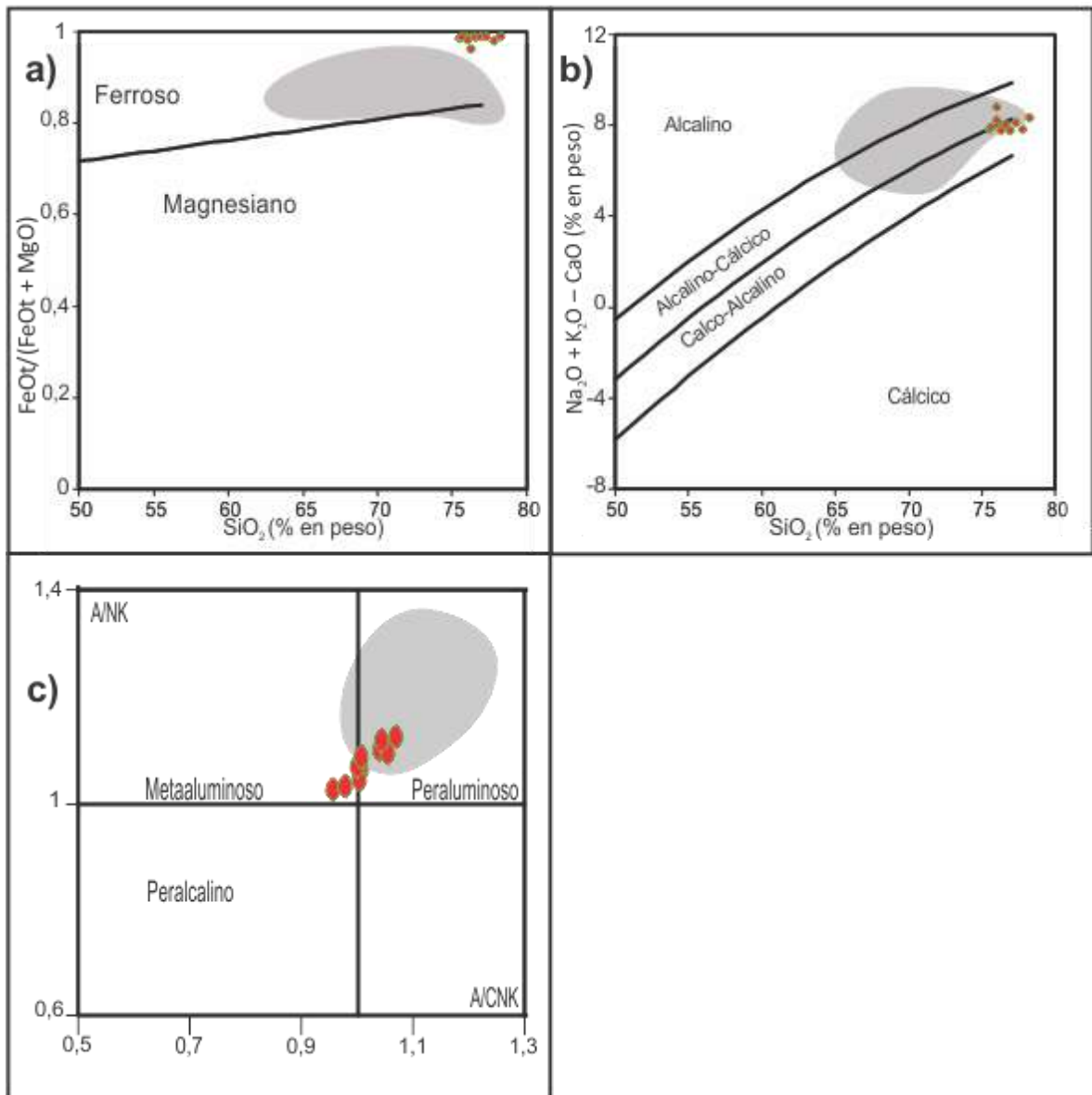


Figura 70. Diagramas según Frost et al. (2001). Se encuentran sombreados los campos en que se sitúan las rocas de las formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas, y las rocas de los plutones “Charito” y “Cavado” se representan mediante círculos rojos.

En el diagrama a) de la figura 70 puede observarse que las rocas de las formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas se sitúan principalmente en el campo asignado para las rocas ferrosas y en menor medida en el campo asignado para las rocas magnesianas. De esta manera comparten con las rocas de los plutones Charito y Cavado el campo de las rocas ferrosas, pero poseen valores para el número de Fe levemente menores que estas últimas. En el diagrama b) se observa que las rocas de las formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas presentan una distribución de sus valores que ocupa los campos calco-alcalino, alcalino-cálcico y alcalino. De esta forma comparten con las rocas de los plutones Charito y Cavado los campos calco-alcalino y alcalino-cálcico. En el diagrama c) puede apreciarse que las rocas de las formaciones Puesto Cortés y Cuchillas Coloradas ocupan en

mayor medida el campo peraluminoso y en menor medida el campo metaaluminoso. De esta manera estos dos campos son compartidos con las rocas de los plutones Charito y Cavado. No obstante, los valores de A/NK y A/CNK para estas formaciones son mayores que para las rocas de los plutones mencionados.

5.2. Resultados de las comparaciones geoquímicas

En base a las comparaciones geoquímicas, expuestas en secciones anteriores, entre las rocas de los plutones Charito y Cavado y las rocas del magmatismo Choiyoi se encontraron las siguientes concordancias: a) en primer lugar, en el sector norte del Bloque de San Rafael, se distingue una clara similitud geoquímica con las rocas pertenecientes al magmatismo Choiyoi superior para las formaciones Agua de los Burros y Cerro Carrizalito. Los diagramas discriminantes de ambientes tectónicos propuestos por Pearce et al. (1984) muestran que las rocas de las Fm. Agua de los Burros y Cerro Carrizalito son propias de un ambiente de arco volcánico mayoritariamente o sin-colisional transicional a uno de intraplaca. En los diagramas restantes se observan similitudes para todas estas rocas y las rocas de los plutones Charito y Cavado. El hecho de que las transiciones a un ambiente de intraplaca sea desde ambientes que incluyen un arco volcánico para las rocas situadas en el sector norte del Bloque de San Rafael y por su parte sea desde un ambiente sin-colisional para los plutones Charito y Cavado, puede estar relacionado a los sectores de la antigua corteza que se están fundiendo para cada lugar en particular, de ahí la signatura geoquímica heredada que presentan estas rocas. Por su parte, las rocas de las formaciones Yacimiento Los Reyunos y Puesto Viejo son diferenciadas de los plutones Charito y Cavado debido a que posee características geoquímicas netamente de ambiente de arco volcánico y netamente de ambiente de intraplaca, respectivamente; b) en segundo lugar, las rocas pertenecientes a la Fm. Zúñiga en la provincia de La Pampa también presentan grandes similitudes geoquímicas con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Las rocas de la Fm. Zúñiga marcan una transición desde ambientes de arco volcánico y sin-colisional a ambientes de intraplaca, compartiendo solo la transición de ambiente sin-colisional a intraplaca con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Al igual que en el punto a), esto se asocia a las rocas de la corteza que se están fundiendo. El resto de los diagramas de comparación para estas formaciones presentan grandes similitudes geoquímicas con los valores de los plutones Charito y Cavado; c) para las rocas de la Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo que se encuentran en la misma Hoja Geológica 3769-II se observan grandes similitudes geoquímicas en todos los diagramas de comparación aplicados, con las rocas de los plutones Charito y Cavado. En cuanto al ambiente en que

estas rocas se formaron principalmente están reflejando un ambiente transicional de arco volcánico a intraplaca, este último ambiente es el que representa la mayor proporción de muestras y que se corresponde con las muestras de los plutones Charito y Cavado. Como ya fue mencionado esto se interpreta como productor de las rocas de una antigua corteza que está siendo fundida e imprime estas características geoquímicas heredadas. Por otra parte, fueron incluidos los datos disponibles de las rocas que se encuentran en las formaciones propuestas por Delpino (1997) para la misma área de estudio. Debido a esto solo pudieron realizarse los diagramas propuestos por Frost et al. (2001) en los cuales se observan valores muy similares de elementos mayoritarios para las rocas que están incluidas en las formaciones Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas respecto a los plutones Charito y Cavado.

Para todas las rocas de estas formaciones con las que se compararon las rocas de los plutones Charito y Cavado y se encontraron similitudes se infiere que la fuente del magmatismo es la misma, la cual, posiblemente fue contaminada según los sectores de la corteza fundida y asimilada. Debido a esto último es que podrían explicarse firmas geoquímicas de ambiente de arco volcánicos para ciertos sectores y de ambiente sin-colisionales para otros, y luego su transición a intraplaca que todas estas rocas poseen. Esto último, en base a lo observado en los diagramas de elementos traza, que brindan información sobre la fuente, donde se presentan para estas rocas las mismas magnitudes de estos elementos y las mismas anomalías.

5.3. Correlaciones

En base a las edades disponibles para todas las rocas de magmatismo Choiyoi y las concordancias geoquímicas observadas, es que se intenta establecer posibles correlaciones para las rocas de los plutones Charito y Cavado. Las edades de las formaciones con las que se realizaron las comparaciones son las siguientes: Formación Yacimiento Los Reyunos de $281,4 \pm 2,5$ Ma (Rocha-Campos et al. 2011); Formación Agua de los Burros de $264,8 \pm 2,3$ Ma (Rocha-Campos et al. 2011); Formación Cerro Carrizalito de $251,9 \pm 6,6$ Ma (Rocha-Campos et al. 2011); Formación Puesto Viejo de 241 ± 10 y 235 ± 10 Ma (Valencio et al. 1975); Formación Zúñiga de 256 ± 10 Ma., 250 ± 10 (Linares et al. 1980) y 257 ± 10 (Llambías et al. 2003); Formación Choique Mahuida de $252,3 \pm 3,8$ (Rocha-Campos et al. 2006, en Kleiman y Japas 2009 y Mugas Lobos et al. 2010); Grupo El Portillo de edad promedio entre 250 y 240 Ma. (Narciso et al. 2007); Por último, a la Formación Puesto Cortez: Pérmico Superior-Triásico (Delpino 1997) y Formación Cuchillas Coloradas: Pérmico Superior-Triásico (Delpino 1997) propuestas por este autor al elevar a grupo a la

Formación Los Corrales, le son asignadas estas edades según González Díaz (1972) quien correlaciona esta formación con la Formación Cerro Carrizalito.

Teniendo en cuenta la edad Concordia de $266,7 \pm 1,0$ Ma obtenida para las rocas del plutón Cavado por Tickyj et al. (2014) y las comparaciones geoquímicas con el resto de las rocas del magmatismo Choiyoi, es que se plantean las siguientes correlaciones para las rocas de los plutones Charito y Cavado. De esta forma, las rocas de estos plutones pueden ser correlacionadas con las rocas presentes en las formaciones Agua de los Burros y Cerro Carrizalito para el sector norte del Bloque de San Rafael. Si bien las edades de las que se dispone plantean una mayor concordancia para las rocas de plutones Charito y Cavado con las rocas pertenecientes a la Formación Agua de los Burros, sus características geoquímicas también pueden relacionarlas a la Formación Cerro Carrizalito. Se descarta una correlación con las rocas que se encuentran en la Formación Yacimiento Los Reyunos debido a que no concuerdan geoquímicamente, ya que son rocas propias de un ambiente de arco volcánico. Además, estas rocas tampoco concuerdan ni cronológicamente ni geoquímicamente con las rocas pertenecientes a la Formación Puesto Viejo, estas últimas presentan características netamente de un magmatismo de intraplaca

Para la provincia de La Pampa se establece una posible correlación de las rocas de los plutones Charito y Cavado con las rocas pertenecientes a la Formación Zúñiga, tanto por su concordancia en características geoquímicas como también por la edad que esta formación presenta teniendo en cuenta que posee un error de ± 10 Ma.

Si bien las rocas de la Formación Choique Mahuida y Grupo El Portillo se comportan geoquímicamente de manera similar a las rocas de los plutones Charito y Cavado, sus edades son más jóvenes que estos últimos. De esta forma podría establecerse una correlación para las rocas de la Formación Choique Mahuida siendo está más próxima en cuando a su edad que las rocas del Grupo El Portillo.

Si bien los datos disponibles para el análisis de las características geoquímicas de las formaciones Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas son escasos, estos arrojan que entre estas formaciones y los plutones Charito y Cavado hay similitudes geoquímicas. Y, además, teniendo en cuenta la edad asignada para estas formaciones, podrían ser correlacionables con las rocas de los plutones Charito y Cavado. Debe aclararse que estas dos formaciones son propuestas por Delpino (1997) para elevar a Grupo a la Fm. Los Corrales descrita por González Díaz (1972) la cual se divide en Miembro Mesosilíceo, Miembro Básico y Miembro Acido. En este último, es donde se encuentra el descripto el

plutón Cavado. En la presente tesina se acepta y se toma como guía la estratigrafía propuesta por González Díaz (1972).

En resumen, las rocas de los plutones Charito y Cavado presentan correlación en base a las edades que se disponen y sus características geoquímicas con las rocas de la Formación Agua de los Burros para el sector norte del Bloque de San Rafael, la Formación Zúñiga para la provincia de La Pampa y con las formaciones Choique Mahuida, Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas del Distrito Minero Agua Escondida. Pero, si se tienen en cuenta las similitudes geoquímicas con la Formación Cerro Carrizalito y Grupo El Portillo no debería descartarse que nuevas edades e investigaciones de esta índole sobre estas rocas podrían aclarar la situación. Lo interior puede resultar en una correlación estrictamente acotada para las formaciones Agua de los Burros, Zúñiga, Choique Mahuida, Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas, esto es, para la base de la sección superior del magmatismo Choiyoi como se propone en este trabajo; o, por otro lado, podría modificar ciertos límites e incluir a aquellas rocas que presentan similitudes geoquímicas con los plutones Charito y Cavado.

Capítulo 6: Conclusiones

1. Se realizaron estudios de campo, petrográficos y geoquímicos en dos cuerpos plutónicos denominados Charito y Cavado de edad pérmica, en el Distrito Minero Agua Escondida, pertenecientes al magmatismo Choiyoi del ciclo orogénico Gondwánico. El plutón Charito presenta una forma ovalada visto en planta con su eje mayor de aproximadamente 2,3 kilómetros de orientación noroeste-sureste, el mismo posee un contacto intrusivo en los límites occidental y sur con la formación Agua Escondida (Carbonífero) y en su sector oriental con el basamento granítico de la formación Piedras de Afilar (Devónico). Por su parte, el plutón Cavado presenta una forma ovalada visto en planta con su eje mayor de aproximadamente 10 kilómetros orientado norte-sur, dicho cuerpo posee contacto intrusivo con la formación Agua Escondida en una pequeña área sobre su sector oriental y un poco más al norte con la formación Piedras de Afilar. En el sector noroccidental el contacto con la Formación Piedras de Afilar se infiere a partir de imágenes satelitales. Parte del sector noroccidental y sur de este cuerpo plutónico está cubierto por sedimentos Holocenos.
2. En base a los conteos modales realizados y al contenido de elementos mayoritarios las rocas de los plutones Charito y Cavado clasifican como “leuco-sienogranitos” (Streckeisen 1976, Bellieni et al. 1995). Los mismos son “biotíticos” debido a que el mineral accesorio mayoritario que presentan ambos plutones es biotita. Estos granitos poseen una facies principal de textura equigranular alotriomórfica y otra subordinada de textura inequigranular porfírica ubicada en las proximidades del contacto con la Formación Agua Escondida, asociadas a tasas de sobreenfriamiento diferente.
3. El contenido de los elementos traza de las rocas de los plutones Charito y Cavado indica que estos granitos tienen características geoquímicas de los granitos tipo A y son el resultado de un magmatismo transicional de un ambiente sin-colisional a un ambiente de intraplaca (Boynton 1994, Eby 1992, Eby 1990, Dahlquist et al. 2010, Pearce et al. 1984, Sun y McDonough 1989, Whalen et al. 1987).
4. En base a las características geoquímicas y las edades isotópicas disponibles los plutones Charito y Cavado se correlacionan con las formaciones de la base de la sección superior del magmatismo Choiyoi: Fm. Agua de los Burros para el sector norte del Bloque de San Rafael; Fm. Zúñiga para la provincia de La Pampa; formaciones Choique Mahuida, Puesto Cortez y Cuchillas Coloradas para el Distrito Minero Agua Escondida.

Bibliografía

- Bellieni, G., Visentin, J. y Zanettin, B. 1995.** Use of the chemical TAS diagram (total alkali silica) for classification of plutonic rocks: problems and suggestions. *PLINIUS* (Suplemento italiano all' European Journal of Mineralogy), 14, 49-52.
- Boynton, W.V. 1984.** Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. En: Henderson P. (Ed.), *Rare earth element geochemistry*, 63-114. Elsevier.
- Castro Dorado, A. 2015.** Petrografía de rocas ígneas y metamórficas. Editorial Paraninfo, 260 p. Madrid.
- Dahlquist, J.A., Alasino, P.H., Eby, G.N., Galindo, C., Casquet, C. 2010.** Fault controlled Carboniferous A-type magmatism in the proto-Andean foreland (Sierras Pampeanas, Argentina): Geochemical constraints and petrogenesis. *Lithos* 115 65–81.
- Delpino, D.H. 1997.** Geología regional y petrología del Complejo Los Corrales, Paleozoico superior - Triásico, provincia de Mendoza. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, (inédito), 297 p., La Plata.
- Eby, G.N. 1990.** The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. Department of Earth Sciences. University of Lowell. Lowell. MA 01854 (US.A.). Elsevier Science Publishers B.Y., Amsterdam. *Lithos*, 26 115-134 115.
- Eby, G.N. 1992.** Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. Department of Earth Sciences, University of Massachusetts, Lowell, Massachusetts 01854. *Geology* 20 (7): 641-644.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. y Frost, C. D. 2001.** A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033-2048.
- González Díaz, E.F., 1972.** Descripción Geológica de la Hoja 30e, Agua Escondida, provincias de Mendoza y La Pampa. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 135, Buenos Aires.
- Irvine, T. N. y Baragar, W. R. A. 1971.** A guide to the chemical classification of the common rocks. *Canadian Journal Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Japas, M.S. y Kleiman, L.E. 2004.** El ciclo Choiyoi en el bloque de San Rafael (Mendoza): de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial 7: 89-100.

- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2009.** The Choiyoi volcanic province at 34°S–36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): Implications for the Late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473: 283-299.
- Kleiman, L.E. 1999.** Mineralogía y petrología del volcanismo permo-triásico y triásico del bloque de San Rafael en el área de Sierra Pintada, provincia de Mendoza y su relación con las mineralizaciones de uranio. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédito), 286 p. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993.** Magmatismo gondwánico de Mendoza. In: Ramos, V.A. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino*, pp. 53–64.
- Llambías, E.J. y Sato, A.M. 2011.** Ciclo Gondwánico: la provincia magmática Choiyoi en Neuquén. In: *Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino*, pp. 53-62.
- Llambías, E.J. 2015.** Geología de los cuerpos ígneos. Asociación Geológica Argentina – Serie B – Didáctica y Complementaria N° 32 - ISSN 0328-2759 (4ta. Edición). Buenos Aires, Argentina.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., y Lameyre, J. 2002.** *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks.* Cambridge University Press.
- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C.O. 1980.** Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 87-146.
- Linares, E., Manavella, M.A. y Piñeiro, A. 1979.** Geocronología de las rocas efusivas de la zona de los yacimientos “Dr. Baulies” y “Los Reyunos” Sierras Pintadas de San Rafael, Mendoza, República Argentina. *Actas VII Cong. Geol. Arg. (Neuquén)* 1: 13-21. Buenos Aires.
- MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H. and Guilford, C. 1982.** *Atlas of igneous rocks and their textures.* Longman Scientific and Technical. New York, United States.
- Mugas Lobos, A.C., Márquez-Zavalía, M.F. y Galliski, M.A. 2010.** Petrografía y geoquímica de las rocas Gondwánicas del proyecto minero Don Sixto, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67 (3): 392 – 402.

- Narciso, V., Mallimacci, H., SantaMaría, G., Sepúlveda, E. y Zanettini, J.M. 2007.** Hoja geológica 3769-II, Agua Escondida. Provincias de Mendoza y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 300, 39 p., Buenos Aires.
- Pearce, J. A., Harris, N.B.W. y Tindle, A.G. 1984.** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. y Taylor, S.R. 1976.** Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.
- Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A., Nutman, A.P., Kleiman, L.E., Varela, R., Llambías, E.J., Canile, F.M., C.R. da Rosa, O. 2011.** 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. *Gondwana Research* 19 509 – 523.
- Streckeisen, A. 1976.** To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, 1-33.
- Sun, S.S. y McDonough, W. S. 1989.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345.
- Tickyj, H., Tomezzoli, R.N. y Basei, M.A. 2014.** Primeras edades U-Pb en intrusivos pérmicos del Distrito minero Agua Escondida, Mendoza. 19° Congreso Geológico Argentino, Actas CD - T8 54, Córdoba.
- Tickyj, H., Tomezzoli, R.N., Basei, M., Fernández, M.A., Blatter, J.M., Rodríguez, N. y Gallo, L. 2015.** Geología de la Formación Piedras de Afilas, basamento granítico del Distrito Minero Agua Escondida, Mendoza. 3° Simposio sobre Petrología Ignea y Metalogénesis Asociada. CD Resúmenes: 158-159 p. General Roca.
- Tickyj, H., Tomezzoli, R.N y Basei, M.A. 2016.** Edad U-Pb del granito Lomas de las Piedras de Afilas, Distrito Minero Agua Escondida, Mendoza. XII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. CD Resúmenes. Santa Rosa, La Pampa.
- Valencio, D.A., Mendía, J.E. y Vilas, J.F. 1975.** Paleomagnetism, and K-Ar ages of Triassic igneous rocks from the Ischigualasto-Ischichuca basin and Puesto Viejo formation, Argentina. *Earth and Planetary Science Letters*, 26: 319-330.

Whalen, J.B., Currie, K.L., y Chappell B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral Petrol* 95:407-419.