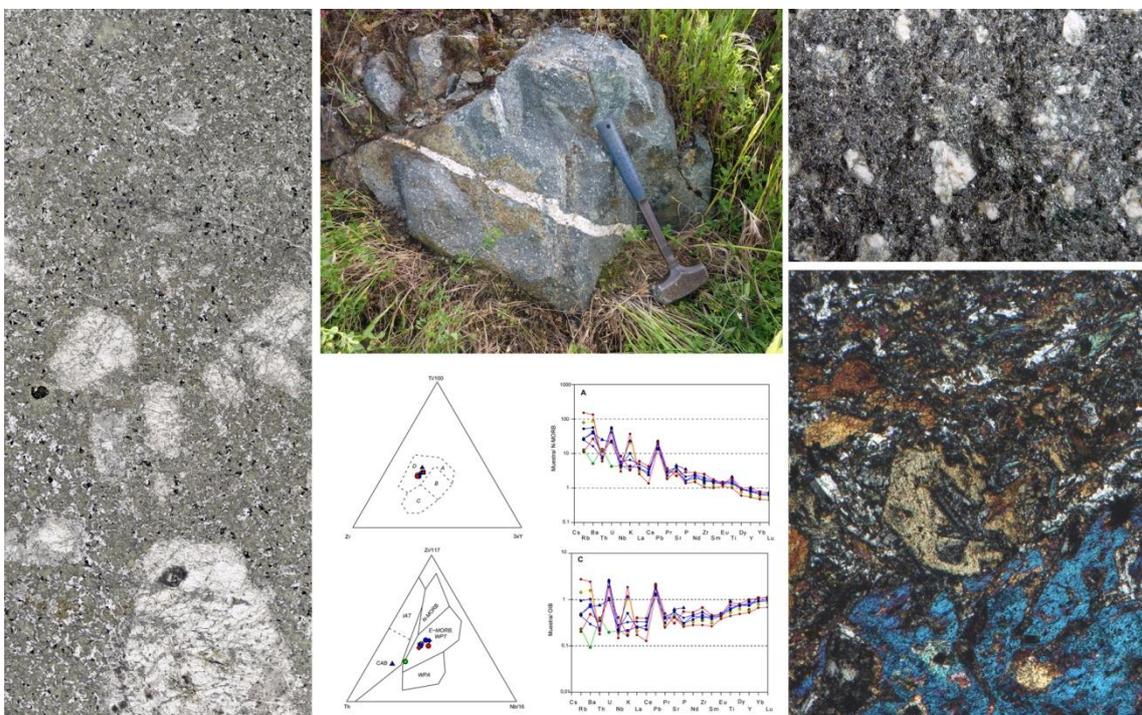


UNIVERSIDAD DE OVIEDO
FACULTAD DE GEOLOGÍA

Trabajo Fin de Máster

PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS METABÁSICAS DE ZARZA LA MAYOR-CECLAVÍN (CÁCERES)



Diego González García

Julio de 2011

El doctor D. Luis Guillermo Corretgé Castañón, catedrático de Petrología y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo,

CERTIFICA QUE:

Ha dirigido y revisado el Trabajo de Fin de Máster titulado “*Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín (Cáceres)*”, realizado por D. Diego González García, y autoriza su presentación a los efectos oportunos.

Oviedo, Julio de 2011

Fdo.: Luis Guillermo Corretgé Castañón

Fdo.: Diego González García

AGRADECIMIENTOS

Una vez finalizado este Trabajo de Fin de Máster, quiero dejar unas palabras de agradecimiento a las personas que, de una forma u otra, me han ayudado en su realización.

En primer lugar, al director de este Trabajo, Guillermo Corretgé, por haberme dado la oportunidad de realizarlo y por su apoyo y paciencia a lo largo del mismo, y a los restantes miembros del Grupo de Petrogénesis de Oviedo, Andrés Cuesta, Álvaro Rubio, Ofelia Suárez y Marcos García por su ayuda en multitud de aspectos de este trabajo.

A la Unidad de Preparación de Muestras Geológicas, formada por Elena Iglesias, Miguel García, Esteban Cabal y Joaquín Vázquez, por su trabajo en la preparación de las láminas delgadas.

A Emilio Ariño, de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo, por la realización de los análisis químicos por XRF, y a José Ignacio Gil Ibarguchi, del laboratorio IBERCRON de la Universidad del País Vasco, por los análisis de ICP-MS.

A Miguel Ángel González, por su ayuda en la realización de análisis con la Microsonda Electrónica de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo. Y a Dani Ballesteros, por aquellas interminables horas en la microsonda.

A Patricia Cadenas, Roi Sampedro y Dionisio Luis, alumnos de Petrogénesis de Rocas Ígneas en el curso 2009-2010, por su compañía y ayuda en parte del trabajo de campo.

A mis compañeros y amigos de la Licenciatura y el Máster, muy en especial a Clara Camino y Andrés González, por todo el tiempo que hemos pasado juntos.

Y, por último, a mi familia, por su apoyo en todos estos años de estudios.

RESUMEN

El stock de Zarza la Mayor se sitúa en el noroeste de la provincia de Cáceres (España), entre las localidades de Zarza la Mayor y Ceclavín. Es un cuerpo granodiorítico-tonalítico de edad Ordovícica encajado en materiales del complejo esquistoso-grauváquico (Vendiense-Cámbrico inferior). En torno al cuerpo intrusivo, y a modo de orla discontinua, se encuentran una serie de afloramientos de pequeñas dimensiones de rocas metabásicas (metagabros y algunas metadioritas). Los más próximos al plutón están intensamente anfibolitizados y los situados al norte son leucogabros con alteración hidrotermal. Las venas hidrotermales son comunes, y entre ellas destacan un reducido número de venas holoplagioclasicas. El presente trabajo está enfocado en el estudio de la petrología, geoquímica mineral y geoquímica de roca total de las rocas metabásicas y las vena plagioclásicas, con el objetivo de caracterizarlos petrológica y geoquímicamente y determinar sus posibles afinidades y relaciones con otras rocas similares del Macizo Ibérico.

Los afloramientos más próximos al Plutón son ortoanfibilas (metagabros y algunas metadioritas) con 42-70 % de anfíbol (Mg-hornblenda a actinolita), 27-50 % de plagioclasa (centros An_{40-80} y bordes An_{16-61}) y 4-6 % de opacos (ilmenita), con cantidades menores de clinozoisita, clorita, apatito y biotita. En ocasiones se encuentra un clinopiroxeno relicto (augita) englobado por anfíbol. Estas rocas conservan en gran medida texturas ígneas, que oscilan entre rocas faneríticas de grano medio-fino y rocas porfídicas con grandes fenocristales de plagioclasa. Los afloramientos situados más al norte y alejados se han clasificado como metaleucogabros con 53-65 % de plagioclasa, 14-21 % de clorita, 13-17 % de carbonatos y 4-8 % de minerales opacos; que en ocasiones muestran texturas de acumulado.

El estudio geoquímico permite clasificar estas rocas como equivalentes a basaltos subalcalinos de características toleíticas, y los diagramas de discriminación tectonomagmática son consistentes con rocas toleíticas de afinidad intraplaca. Los diagramas de normalización de REE y elementos traza son también típicos de estas tipologías, y muestran además una gran movilidad de elementos LILE. De su comparación con otras rocas similares del Macizo Ibérico se deduce que estas rocas representan un evento ígneo independiente, sin poderse precisar su relación temporal con el resto de las facies del stock de Zarza la mayor.

Desde un punto de vista metamórfico, se han realizado cálculos termobarométricos que sugieren condiciones P-T de 2,9-4,3 kbar y 630-750 °C para el par anfíbol-plagioclasa, y 299-313°C para la clorita, lo que aparentemente sugiere una evolución metamórfica en dos etapas: (1) autometasomatismo con formación de anfíbol a partir de una paragénesis primaria, y (2) metamorfismo de baja T con formación de clorita y clinozoisita. Los datos no permiten descartar el metamorfismo de contacto como causante de las dos etapas descritas.

Las venas plagioclásicas estudiadas están formadas por un 96% de albita (An_{2-10}) y cantidades accesorias de clinozoisita, carbonatos y clorita (afloramiento de Ceclavín). Su geoquímica está muy condicionada por su mineralogía y se caracteriza por empobrecimiento extremo en Fe, Mg, Mn, Y y REE. Estas características, junto con sus relaciones Y/Ho y Zr/Hf, y la comparación con otras rocas similares, hacen pensar en un origen hidrotermal. La termometría en cloritas da resultados de 312 ± 12 °C, con lo que su origen podría relacionarse con la segunda etapa metamórfica.

ABSTRACT

The granodioritic-tonalitic stock of Zarza la Mayor is located in northwestern Cáceres province, central-western Spain, between the villages of Zarza la Mayor and Ceclavín. It is an intrusive body of Ordovician age emplaced in the Vendian-Cambrian schist-greywacke complex. The plutonic body is bordered by small outcrops of metabasic rocks, mainly metagabbros and some metadiorites, defining a discontinuous fringe around the intrusion. The rocks lying near the tonalitic stock are intensely amphibolitized and some of the northernmost outcrops are hydrothermally altered leucogabbros. Hydrothermal veins are common, and a small group of albitic plagioclase veins highlight among them. The present work is focused on the study of the petrography, mineral geochemistry and whole-rock geochemistry of the metabasic rocks and the plagioclase veins, with the aim of characterizing them petrologically and geochemically, and determine their relations with other similar rocks in the Iberian Massif.

The outcrops occurring near the pluton are orthoamphibolites (metagabbros and some metadiorites) with 42-70% amphibole (Mg-hornblende to actinolite), 27-50% plagioclase (cores An₄₀₋₈₀ and rims An₁₆₋₆₁) and 4-6% opaque minerals (ilmenite), with lesser amounts of clinozoisite, chlorite, apatite and biotite. In some samples a relict augitic clinopyroxene is present. These rocks retain igneous textures ranging from medium grained phaneritic to porphyritic, with big plagioclase phenocrysts in a medium-fine grained mesostasis. Intersertal and ophitic-subophitic textures are common. The northernmost outcrops have been classified as hydrothermally altered leucogabbros with 53-65% plagioclase, 14-21% chlorite, 13-17% carbonates and 4-8% opaque minerals. These rocks sometimes show cumulate textures.

The study of the geochemistry places these rocks as equivalent to tholeiitic basalt and tectonomagmatic diagrams puts them in a within-plate tectonic setting with a marked tholeiitic affinity. REE and trace-element diagrams are also typical of these rocks types and show an important mobility of LIL elements. When compared to other similar rocks in the Iberian Massif, the metabasites of Zarza la Mayor-Ceclavín show no connection to any of them and thus probably represent an independent magmatic event. Their temporal relation to the Zarza la Mayor stock remains unknown.

From a metamorphic viewpoint, the thermobarometric study of the orthoamphibolites gives P-T conditions of 2.9-4.3 kbar and 630-750 °C for the amphibole-plagioclase pair, and around 299-313 °C for chlorites. These results suggest a two-stage metamorphic evolution: (1) autometasomatism forming amphibole from a primary paragenesis, and (2) low-T metamorphism forming chlorite and clinozoisite. Contact metamorphism cannot be ruled out as the cause of these two stages.

The studied plagioclase vein from Ceclavín is formed by 96% albite (An₂₋₁₀) and minor clinozoisite, chlorite and carbonates. Its geochemistry is very conditioned by its mineralogy and is characterized by extreme depletion in Fe, Mg, Mn, Y and REE. These features, in addition to the Y/Ho and Zr/Hf ratios and the comparison to other petrographically and geochemically similar rocks occurring worldwide, give a probable hydrothermal origin, although an igneous origin cannot be completely ruled out. Geothermometry in chlorites results in temperature of 312 ± 12 °C, so the origin of the plagioclase vein could be related to the second, low-T metamorphic stage.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	13
1.1.	Marco geológico	13
1.1.1.	<i>Estratigrafía</i>	14
1.1.2.	<i>Magmatismo</i>	15
1.1.3.	<i>Estructura</i>	17
1.2.	El stock de Zarza la Mayor	17
2.	LAS ROCAS METABÁSICAS: ANTECEDENTES	19
3.	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	20
3.1.	Trabajo de campo	20
3.2.	Petrografía	20
3.3.	Geoquímica mineral	20
3.4.	Geoquímica de roca total	21
4.	OBSERVACIONES DE CAMPO	22
4.1.	Área de Ceclavín	23
4.2.	Área de Cerro Colorado	26
5.	PETROGRAFÍA	28
5.1.	Ortoanfibolitas	28
1.1.1.	<i>Ortoanfibolitas gabroicas</i>	28
1.1.2.	<i>Ortoanfibolitas porfídicas</i>	33
1.1.3.	<i>Ortoanfibolitas dioritoides</i>	37
5.2.	Metaleucogabros	39
5.3.	Plagioclasita	44
5.4.	Otras venas hidrotermales	45
6.	GEOQUÍMICA MINERAL	49
6.1.	Ortoanfibolitas	49
1.1.1.	<i>Piroxeno</i>	49

6.1.2. <i>Plagioclasa</i>	54
6.1.3. <i>Anfíbol</i>	57
6.1.4. <i>Clorita</i>	61
6.1.5. <i>Biotita</i>	61
6.1.6. <i>Minerales del grupo de la epidota</i>	62
6.1.7. <i>Apatito</i>	64
6.1.8. <i>Ilmenita</i>	64
6.2. Plagioclasita	64
6.2.1. <i>Plagioclasa</i>	64
6.2.2. <i>Clorita</i>	65
6.2.3. <i>Minerales del grupo de la epidota</i>	66
6.2.4. <i>Carbonato</i>	67
7. GEOQUÍMICA DE ROCA TOTAL	68
7.1. Rocas metabásicas	68
7.1.1. <i>Geoquímica de elementos mayores y trazas</i>	68
7.1.2. <i>Diagramas de variación de elementos mayores y trazas</i>	71
7.1.3. <i>Diagramas de clasificación</i>	74
7.1.4. <i>Diagramas de normalización de REE y elementos traza</i>	78
7.1.5. <i>Diagramas de discriminación tectono-magmática</i>	82
7.2. Plagioclasita	83
8. DISCUSIÓN	89
8.1. Geotermometría y geobarometría	89
8.1.1. <i>Termometría ilmenita-clinopiroxeno</i>	89
8.1.2. <i>Geotermometría en cloritas</i>	89
8.1.3. <i>Termobarometría anfíbol-plagioclasa</i>	89
8.2. Metamorfismo	91
8.3. Geoquímica	93

8.3.1. <i>La anomalía negativa de Ce</i>	93
8.3.2. <i>Afinidad geoquímica de las rocas metabásicas</i>	94
8.3.3. <i>La vena plagioclásica de Ceclavín: comparativa con rocas similares</i>	96
9. CONCLUSIONES	103
9.1. Relaciones de campo	103
9.2. Relaciones texturales	103
9.3. Mineralogía	103
9.4. Geoquímica	104
9.5. Termobarometría y metamorfismo	105
10. REFERENCIAS	106
APÉNDICES	113
APÉNDICE I: Listado de Muestras	114
APÉNDICE II: Determinación mineralógica modal	115
APÉNDICE III: Geoquímica mineral	116
APÉNDICE IV: Geoquímica de roca total	135

1. INTRODUCCIÓN

El stock de Zarza la Mayor es un cuerpo intrusivo tonalítico-granodiorítico de naturaleza calcoalcalina situado geográficamente en el noroeste de la provincia de Cáceres, entre las localidades de Zarza la Mayor y Ceclavín, a unos 60 km de la capital de la provincia. Rodeando a este plutón, y a modo de orla discontinua, se encuentran varios cuerpos de pequeñas dimensiones (hasta 800 m en su eje mayor) y naturaleza básica, siempre alterados y transformados, entre los que se incluyen ortoanfibolitas y metaleucogabros. El interés del estudio de estas rocas radica en que, aunque son comunes en otras zonas del Macizo Ibérico (Sistema Central, norte de Portugal, Macizo de Mérida), las rocas básicas son escasas en el sur de la Zona Centroibérica, en el llamado Dominio Extremeño. En el presente Trabajo de Fin de Máster se realiza el primer estudio en detalle sobre la petrografía, mineralogía y geoquímica de estas rocas, con el objetivo de caracterizarlas de la forma más precisa posible y deducir su posible relación las otras rocas ígneas presentes tanto en su entorno como en el conjunto del Macizo Ibérico, así como realizar una primera aproximación a su evolución metamórfica ó metasomática.

1.1. Marco geológico

El stock de Zarza la Mayor se localiza geológicamente en el área central del Macizo Ibérico, dentro de la Zona Centroibérica (ZCI) (fig. 1.1) de acuerdo a la zonación establecida por Julivert et al., (1974), y más concretamente dentro del denominado Dominio del complejo Esquisto-grauváquico (Martínez-Catalán et al., 2004). A continuación se describen brevemente las características geológicas generales de la ZCI, centrándonos especialmente en la geología del Dominio Extremeño.

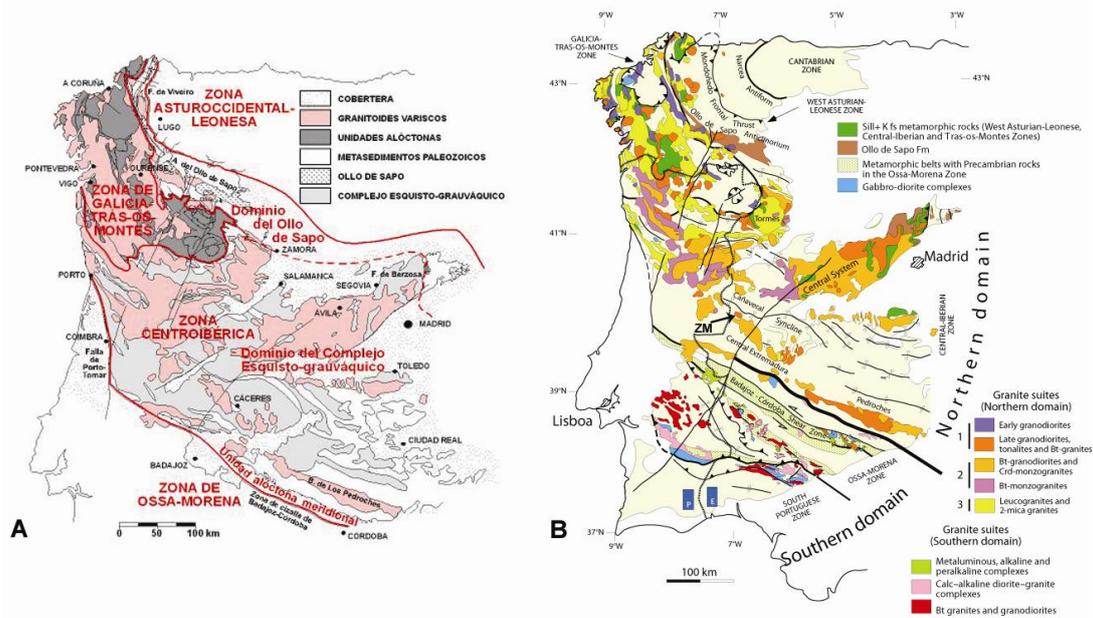


Figura 1.1. A: Subdivisión en dominios según criterios estratigráficos de la Zona Centroiberica (Martínez-Catalán et al., 2004). B: Rocas ígneas de la ZCI (Castro et al., 2002). ZM: stock de Zarza la Mayor.

1.1.1. Estratigrafía

La estratigrafía de la provincia de Cáceres está marcada por los extensos afloramientos del complejo esquistó-grauváquico (en adelante CXG, *Complejo Xisto-Grauváquico*), definido originalmente por Carrington da Costa (1950) y Teixeira (1955), y que ha sido datado como Vendense superior-Cámbrico inferior (Rodríguez Alonso et al., 2004). El CXG se caracteriza por una gran homogeneidad en toda la ZCI, tanto litológica como geoquímica lo que sugiere un área fuente extensa y homogeneizada (Ugidos et al., 2010). Usualmente se subdivide en dos unidades con proporciones variables de lutitas negras, conglomerados y areniscas, junto a volúmenes menores de calizas y rocas volcánicas y volcanoclásticas (Rodríguez Alonso et al., 2004). Valladares et al. (1998) lo dividido en doce unidades con asociaciones de facies de tipo *lowstand*, transgresiva y *highstand* en el Neoproterozoico, y *lowstand* con oscilaciones menores de nivel del mar en las unidades cámbricas. Las asociaciones de facies resultan principalmente de corrientes de turbidez y *debris flows*.

A techo del CEG y en discordancia con él (discordancia Sárdica) se encuentra una serie que abarca del Ordovícico al Silúrico, donde destaca la cuarcita Armoricana (Ordovícico Arenigiense), formada por 200-400 m de cuarcitas con laminación cruzada

e icnofósiles (Rodríguez Alonso et al., 2004). Esta formación produce los mayores relieves en el área de estudio, tales como la Sierra de la Garrapata, al norte de Zarza la Mayor. El Ordovícico Medio y Superior está representado por pizarras fosilíferas y cuarcitas.

1.1.2. Magmatismo

La ZCI presenta un importante volumen de rocas ígneas. La mayor parte de estas rocas corresponden a granitoides de edad Varisca (sin a tardiorogénicos), aunque también pueden encontrarse rocas de edad prevarisca.

El magmatismo prevarisco en el Macizo Ibérico está representado por dos ciclos magmáticos. El ciclo Cadomiense se asocia a convergencia continental (cierre del Océano Iapetus). Un representante de este ciclo es el Macizo de Mérida (Zona de Ossa Morena), una asociación calcoalcalina formada por gabros, dioritas y tonalitas que ha sido datada en 554 Ma (Bandrés et al, 2000). Por otro lado, el ciclo Cambro-Ordovícico se asocia a fenómenos de rifting y está representado por rocas ácidas peraluminicas de 620-470 Ma. Las manifestaciones básicas son escasas volumétricamente, y aparecen en el Domo del Tormes y en el Sistema Central; tienen características de basaltos transicionales y probablemente se relacionan con un contexto tectónico extensional (Escuder y Navidad, 1999). En la ZCI, los trabajos de geocronología isotópica que se han realizado recientemente en algunos plutones del Dominio Extremeño, considerados previamente como Variscos, han revelado edades en torno a 480 Ma (p. ej., plutón de Oledo-Idanha-Nova; Antunes, 2006). Estos datos hacen suponer la presencia de un ciclo intrusivo importante de edad Ordovícica en el sur de la ZCI.

El magmatismo asociado a la orogenia Varisca en la ZCI se divide generalmente en tres grupos: (1) leucogranitos peraluminicos, (2) granodioritas y rocas intermedias peraluminicas, y (3) granitoides de la Serie Mixta. Los leucogranitos peraluminicos se asocian principalmente a zonas de alto grado metamórfico (Corretgé et al., 2004). La mayoría de estos cuerpos tienen edades comprendidas entre 325 y 300 Ma (Bea et al., 2003).

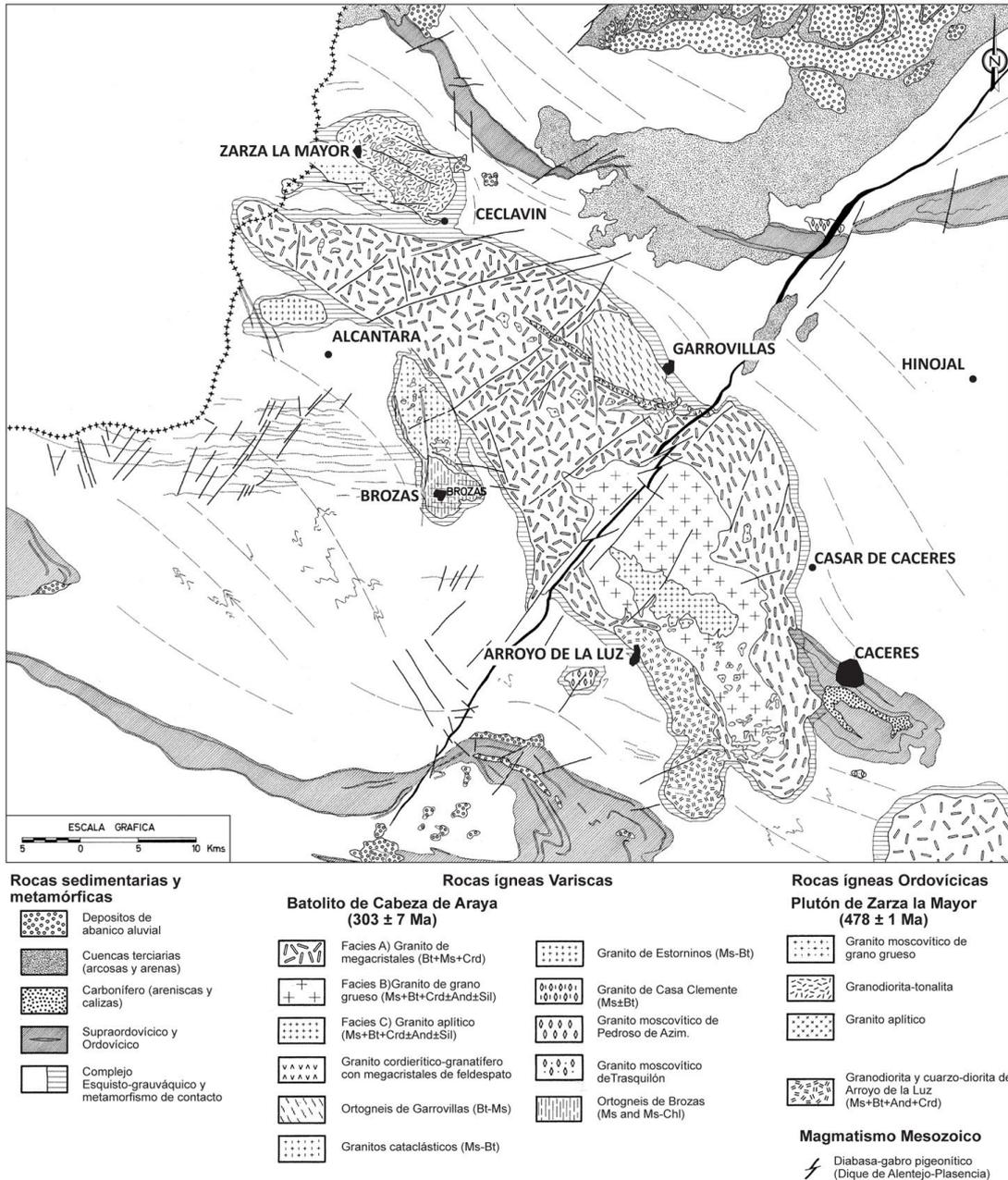


Figura 1.2. Mapa geológico del batolito de Cabeza de Araya y plutones adyacentes (modificado de Corretgé, 1971).

El grupo de granitoides de la Serie Mixta, introducido por Corretgé (1971) y Capdevila et al. (1973), presenta características intermedias entre los otros dos grupos. Se trata de cuerpos plutónicos calco-alcalinos y pueden aparecer como plutones epizonales zonados o bien asociados a granodioritas ricas en biotita (Corretgé et al., 2004). El representante típico de la Serie Mixta es el batolito zonado de Cabeza de Araya (fig. 1.2), formado por tres facies principales: (A) monzogranitos cordieríticos

con fenocristales de feldespato potásico, (B) granitos de dos micas de grano grueso, y (C) granitos aplíticos de grano grueso (Corretgé, 1971).

La actividad ígnea más reciente que se encuentra en el dominio Extremeño está representada por el dique de Messejana-Plasencia (también conocido como Alentejo-Plasencia), una intrusión de más de 500 km de longitud y 75-200 m de espesor, datado en 203 ± 2 Ma (Dunn et al., 1998). Son diabasas y gabros pigeoníticos y su composición química es de basalto toleítico. Se trata de un episodio ígneo ligado a la apertura del Océano Atlántico y por tanto pertenece a la llamada Provincia Magmática Centro-Atlántica (CAMP) (Cebriá et al., 2003).

1.1.3. Estructura

La tectónica Varisca en la ZCI viene marcada por cuatro fases principales de deformación. Aparentemente la mayoría de las estructuras han sido producidas por la fase D1, que produce pliegues acostados y cabalgamientos en los bordes norte y sur de la ZCI, y pliegues verticales en la zona central (Diez-Balda et al., 1990). La esquistosidad asociada a esta fase tiene dirección NW-SE. Las fases D2 y D3 tienen un carácter más local y se asocian a zonas de grado metamórfico medio. La fase D3 da como resultado pliegues de plano axial vertical, y es contemporánea al emplazamiento de la mayor parte de los granitoides. Por último, la fase D4 es una fase de deformación tardía frágil que tiene lugar en el Pérmico, en una etapa post-orogénica (Pereira et al, 1993).

En el dominio del complejo esquistograuváquico la deformación es heterogénea, de forma que en sus bordes N y S existe una gran deformación tangencial, mientras que en las zonas internas la deformación llega a ser escasa (Martínez Poyatos et al, 2004).

1.2. El stock de Zarza la Mayor

El plutón de Zarza la Mayor, en torno al cual se encuentran las rocas básicas estudiadas, es un cuerpo encajado en el CXG, de naturaleza calcoalcalina con una superficie de unos 60 km² (dimensiones de 11x5 km), con dos facies graníticas contrastadas. El cuerpo principal está formado por tonalitas con cuarzo, plagioclasa (An₁₂₋₄₃), biotita, feldespato potásico y moscovita. Tiene abundancia de enclaves máficos microgranudos con biotita y enclaves metamórficos del CXG, y desarrolla además una foliación magmática marcada por biotitas orientadas y feldespatos. Los

enclaves pueden estar aislados o formando pasillos (fig. 1.3B) (Corretgé, 1971, García de Figuerola et al., 1971). En el interior del plutón aparecen leucogranitos aplíticos con plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y moscovita, bien como diques o como cúpulas (fig. 1.3A), que tienen carácter filoniano semianular (Corretgé Castañón, 1969, Rubio-Ordóñez et al., 2007). Las últimas dataciones realizadas en circones dan un resultado de 478 ± 1 Ma (Rubio-Ordóñez, en prensa); estamos por tanto ante un cuerpo de edad Ordovícica. Asociado al cuerpo principal, aparece un granito moscovítico de grano grueso con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y moscovita (plutón de Salvaterra do Extremo). En torno al complejo plutónico se desarrolla metamorfismo térmico que alcanza paragénesis de cordierita, biotita, moscovita y cuarzo, con pizarras mosqueadas y corneanas (fig. 1.3C).

Cortando a todo este sistema intrusivo se encuentra una serie de diques diabásicos y lamprofídicos, de geoquímica alcalina y edad probablemente post-Varisca. Se trata de diques de espesor ente 40 cm y varios metros, con direcciones NW-SE a E-W, y suelen aparecer en forma de haces de diques paralelos (García de Figuerola et al., 1971).

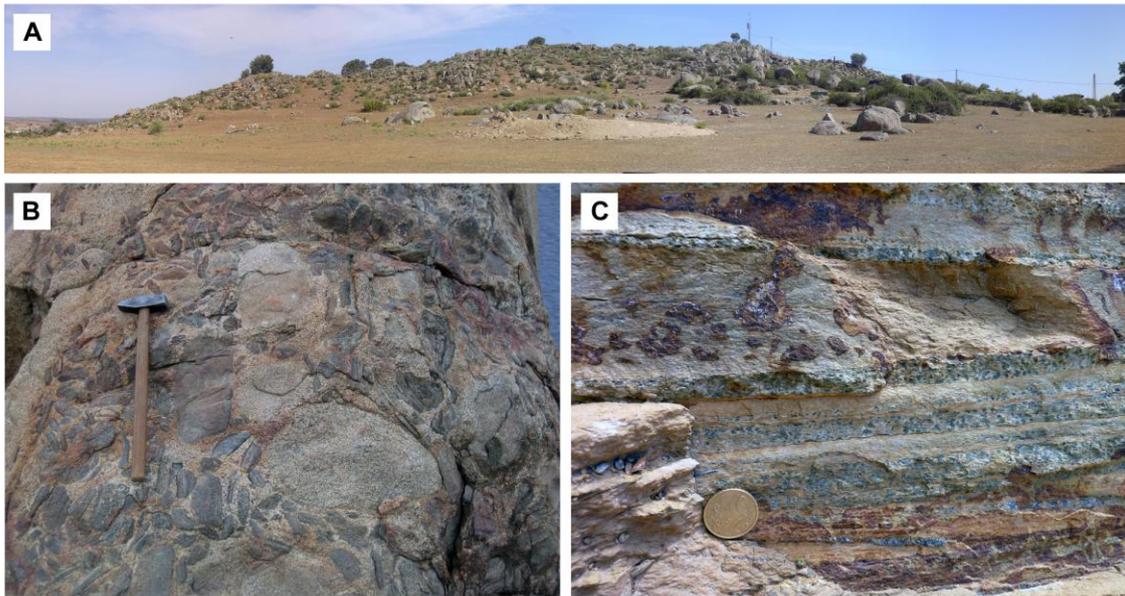


Figura 1.3. El stock de Zarza la Mayor. A: afloramiento cupuliforme del granito aplítico. B: Pasillo de enclaves ígneos y metamórficos. C: Corneanas con cordierita concentrada en niveles discretos.

2. LAS ROCAS METABÁSICAS: ANTECEDENTES

Los trabajos sobre las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín son escasos y hasta ahora se limitaban a cartografía y estudios petrográficos. Las primeras referencias a la existencia de estas rocas se encuentran en Egozcue y Mallada (1876), quienes en la primera síntesis geológica de la provincia de Cáceres, mencionan la presencia de “rocas con anfíbol” en las proximidades Ceclavín. Sin embargo el primer trabajo donde son descritas con cierto detalle corresponde a Corretgé (1971) y García de Figuerola et al. (1971), donde se describen las rocas metabásicas de Ceclavín y el pórfido de la carretera EX-117. Éstas últimas son descritas como “rocas básicas porfiroides sometidas al proceso de metamorfismo regional”, diferentes y más antiguas que los diques de diabasa que se encuentran comúnmente en el área. Además, en base a la paragénesis mineral, se sitúa el metamorfismo de estas rocas en la facies de los esquistos verdes, con una temperatura inferior a los 400 °C.

Más tarde, Rubio (1982) se centra en dos de los afloramientos del NW de Zarza la Mayor, describiéndolos como cuerpos básicos sublenticulares (400 x 300 m y 800 x 300 m) de composición diorítica. En base a su situación respecto al Plutón de Zarza la Mayor, se sugiere una edad relativa anterior al macizo intrusivo.

Por último, Bascones Alvira et al. (1982), en las hojas MAGNA 620 (Zarza la Mayor) y 621 (Coria) realizan una cartografía en las que representan los afloramientos del NW de Zarza la Mayor y Cerro Colorado, que clasifican como *appinnitas* (hornblenditas y pórfidos dioríticos), y el doble dique de la carretera EX-117, que es clasificado como pórfido diorítico.

3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

3.1. Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo únicamente han podido visitarse los afloramientos de Cerro Colorado y Ceclavín. El trabajo ha consistido en la recolección de muestras para petrografía y análisis químico, tarea especialmente importante en el área de Cerro Colorado dado que no existían datos previos. El número total de muestras obtenidas de la roca básica es de 13. De las muestras recogidas se han realizado descripciones y fotografías tanto en campo como en gabinete. Además, se han observado, donde ha sido posible, las relaciones de campo entre los cuerpos de roca básica y el encajante y, en el área de Ceclavín se ha realizado un corte esquemático a lo largo de la carretera.

3.2. Petrografía

Para el análisis petrográfico se han estudiado un total de 27 muestras diferentes y 40 láminas delgadas, algunas de las cuales ya se encontraban en la colección del Área de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Oviedo. Todas las láminas delgadas han sido preparadas en la Unidad de Preparación de Muestras Geológicas de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo.

El estudio petrográfico ha consistido en la realización de descripciones petrográficas de detalle de cada muestra mediante Microscopía Óptica de Polarización. En las láminas más representativas de cada grupo se ha realizado una determinación mineralógica modal con un contador de puntos, alcanzando un total de 16 láminas. Durante todo el proceso de caracterización petrográfica se han realizado tanto esquemas y dibujos como fotografías digitales.

3.3. Geoquímica mineral

De las láminas delgadas estudiadas al microscopio se han seleccionado 8 láminas de 6 muestras diferentes y representativas, procedentes de Ceclavín y el NW de Zarza la Mayor. En estas láminas pulidas se han obtenido análisis de geoquímica de las fases minerales presentes mediante una Microsonda Electrónica (EPMA) modelo Cameca Camebax SX-100 de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo. Además de los análisis cuantitativos de composición mineral, se han obtenido imágenes en electrones retrodispersados (BSE, back-scattered electrons). De los datos obtenidos se ha realizado una selección previa en base a criterios que se detallan en la sección de

Geoquímica Mineral, que luego se ha utilizado para obtener las fórmulas estructurales de los minerales mediante el correspondiente cálculo, utilizando el software Microsoft Excel[®] 2007.

3.4. Geoquímica de roca total

Se han recogido un total de cuatro muestras para análisis químico de roca total, que han sido utilizados, junto con otras cinco muestras recogidas previamente, para el estudio y clasificación geoquímica de estas rocas. Los resultados se muestran en el Apéndice IV. Se han obtenido abundancias de elementos mayores y elementos traza por Fluorescencia de Rayos X (XRF) en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo, y en 7 de las muestras se han obtenido elementos traza y REE por Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), en el Servicio General de Geocronología y Geoquímica Isotópica (IBERCRON) de la Universidad del País Vasco en Bilbao (más detalles en Madinabeitia et al., 2008). El tratamiento informático de los datos geoquímicos se ha realizado principalmente mediante los softwares GCDKit 2.3 (Janoušek et al., 2006) y Microsoft Excel[®] 2007.

El proceso de preparación de muestras para análisis químico empleado es el que sigue. En primer lugar, se realiza una primera fragmentación mediante una trituradora de mandíbulas, modelo Retsch BB100 de carburo de wolframio. El material obtenido se cuartea hasta obtener una fracción de unos 200 g. Esta fracción se muele en un molino de anillas excéntricas, modelo Herzog HSM100 con anillas de carburo de wolframio. Finalmente, del material obtenido se separan 40-50 g, que se envían al laboratorio de análisis químico.

4. OBSERVACIONES DE CAMPO

Las rocas metabásicas se distribuyen en torno al stock de Zarza la Mayor a modo de orla discontinua, situándose dentro de su aureola de contacto o bien cerca de la misma (fig. 4.1). Se distribuyen en cuatro áreas principales: el NW de Zarza la Mayor, Ceclavín, Cerro Colorado (también llamado Cerro Barrero) y un afloramiento en la carretera EX-117. Los dos más próximos, inmersos en la aureola de contacto, están intensamente anfibolitizados, mientras que los más alejados presentan una importante alteración hidrotermal.

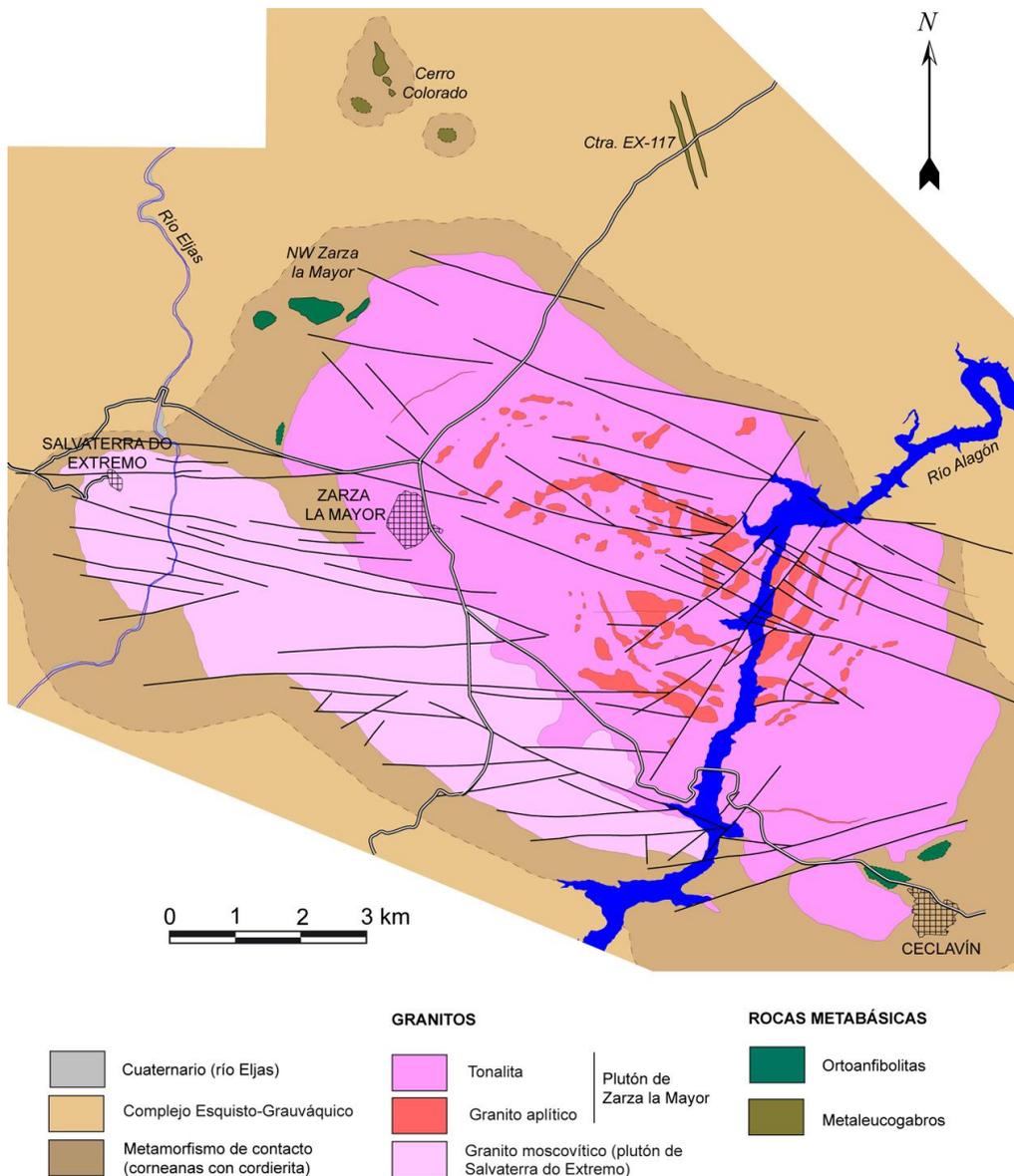


Figura 4.1. Esquema geológico del stock de Zarza la Mayor, con la localización de los afloramientos de rocas metabásicas estudiados. Modificado de Rubio (1982), Bascones Alvira et al. (1982) y Rubio-Ordóñez et al. (2007).

A continuación se describen brevemente los resultados del trabajo de campo realizado. Dado que una cartografía detallada no era el objetivo de este trabajo, únicamente se han visitado y realizado observaciones de detalle en dos de los afloramientos de rocas básicas, los situados en Cerro Colorado y en Ceclavín. Como consideraciones generales, cabe destacar que los afloramientos están generalmente en mal estado, muy alterados, y se hace difícil encontrar zonas con roca fresca.

4.1. Área de Ceclavín

El afloramiento de Ceclavín consiste en una serie de interdigitaciones entre la roca básica y el encajante del CXG, a lo largo de unos 700 metros en la traza de la carretera EX-373 (Zarza la Mayor-Ceclavín), al oeste de la localidad. La roca básica está probablemente en forma de diques o sills (Fig. 4.2), de espesores aparentes (a lo largo del corte) entre menos de 5 m y 25 m; salvo un tramo de al menos 230 m (no se observan los contactos) en la parte SW del corte (fig. 4.3). Aparentemente los contactos de la roca básica con el CXG son concordantes con la esquistosidad de éste. Ha de notarse que el ángulo del corte de la carretera con estas estructuras es bajo, con lo que los espesores reales de las estructuras serán mucho menores que los indicados. Las medidas de la esquistosidad en el contacto con la roca básica oscilan entre 240/90 y 232/84.



Figura 4.2. Aspecto del contacto entre la roca metabásica (OA) y el complejo esquistogranulítico (CXG) en el talud de la carretera EX-373.

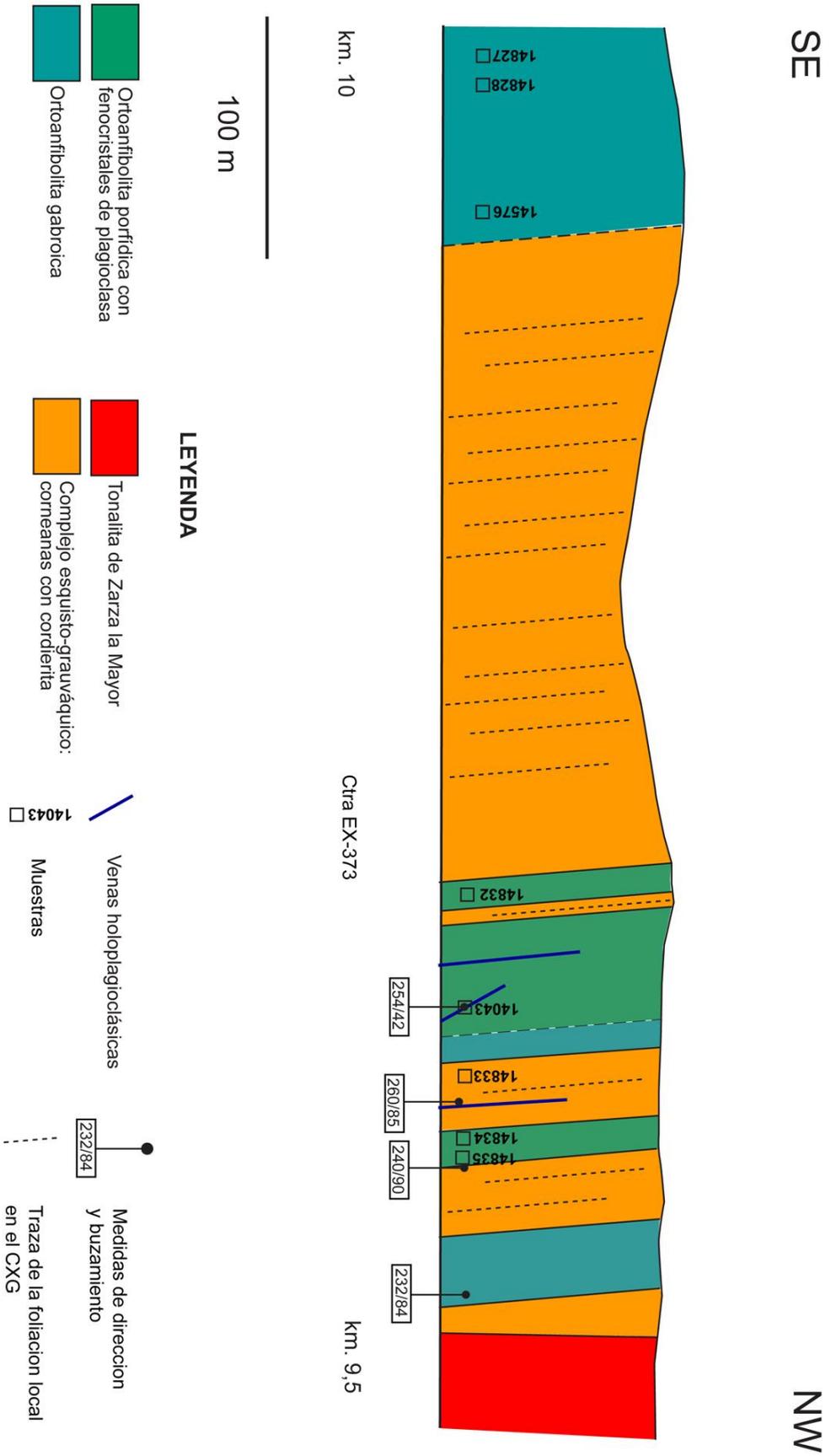


Figura 4.3. Corte esquemático realizado a lo largo de la carretera EX-373 en las inmediaciones de Ceclavín. La roca metabásica aparentemente forma interdigitaciones con el encajante del Complejo Esquistó-Gravváquico.

La textura macroscópica de las rocas metabásicas en este corte oscilan entre rocas masivas, faneríticas, de textura gabroica de grano medio-fino (facies gabroica), y otras de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa de hasta 1 cm en una mesostasis de grano medio-fino (facies porfídica) (Fig. 4.4). La separación de las dos facies no es clara, sino que parece haber un tránsito gradual entre las rocas gabroicas y las más porfídicas. La facies gabroica aparece en el tramo SW del corte, en el cuerpo básico de mayor entidad, y también en alguna de las interdigitaciones en la parte NE, ya cerca del contacto con el stock de Zarza la Mayor. Dichas interdigitaciones están aparentemente formadas mayoritariamente por la facies más porfídica.



Figura 4.4. Detalle de la textura macroscópica de la roca metabásica en Ceclavín. A: facies porfídica con fenocristales de plagioclasa. B: facies gabroica de grano medio. En el borde derecho aparece una vena de epidota.

En las rocas básicas se pueden observar algunas venas de plagioclasa y de epidota con espesores de 5 a 10 cm que se disponen paralelamente o subparalelamente a la dirección de las estructuras medidas (en dos de estas venas se han medido direcciones de 260/85 y 254/42). Otras venas menores (espesores menores de 1 cm) se observan esporádicamente (Fig. 4.5).

La roca encajante del CXG es una corneana con cordierita, muy dura, en la que también se observan pequeños cristales de mica blanca. Los blastos de cordierita se concentran preferentemente en algunos niveles discretos.

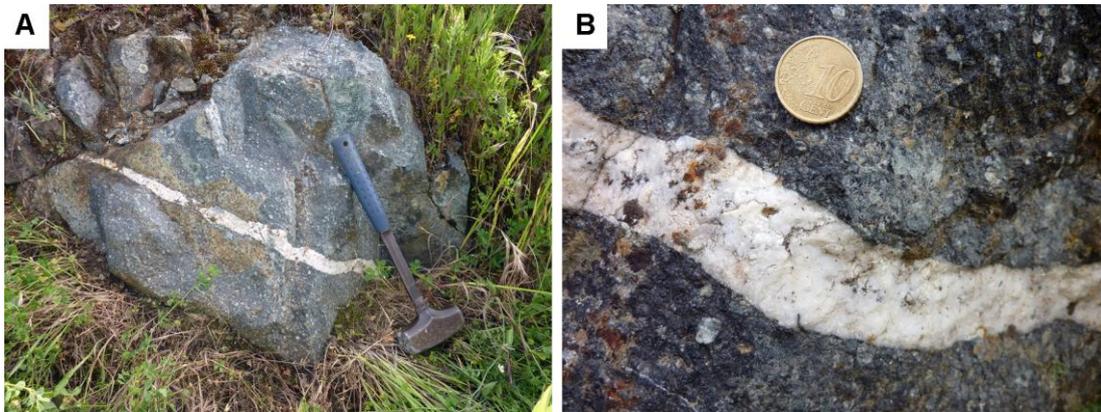


Figura 4.5. Roca metabásica de textura porfídica atravesada por una vena plagioclásica. A: aspecto del afloramiento. B: detalle de la vena plagioclásica.

4.2. Área de Cerro Colorado

El afloramiento de Cerro Colorado (también denominado Cerro Barrero) se encuentra a 6 km al norte de Zarza la Mayor, en el interior de una finca privada de acceso muy restringido. Los afloramientos son escasos pero es común encontrar bloques sueltos de roca metabásica. El mejor afloramiento se encuentra en el corte de una pista de tierra, donde aparece un afloramiento continuo de unos 150 metros a lo largo de la misma (Fig. 4.6A).

El afloramiento está formado por una roca leucogabroica de color verde claro, dura y densa, que al alterarse produce colores rojizos. Tiene carácter masivo, fanerítico, de tamaño de grano medio a fino (Fig. 4.6C), aunque en algunas muestras se aprecia una débil anisotropía planar. Es común observar venas centimétricas de color blanco (albita y cuarzo) que se entrecruzan entre ellas, y a veces están afectadas por pequeñas fallas de

varios centímetros de desplazamiento. Algunas de estas venas desarrollan un borde de alteración, de tono ocre, en la roca huésped (Fig. 4.6B).

En las proximidades de este afloramiento aparecen bloques sueltos de una roca porfídica y muy alterada, con anisotropía, que posiblemente pertenezca a la misma unidad.

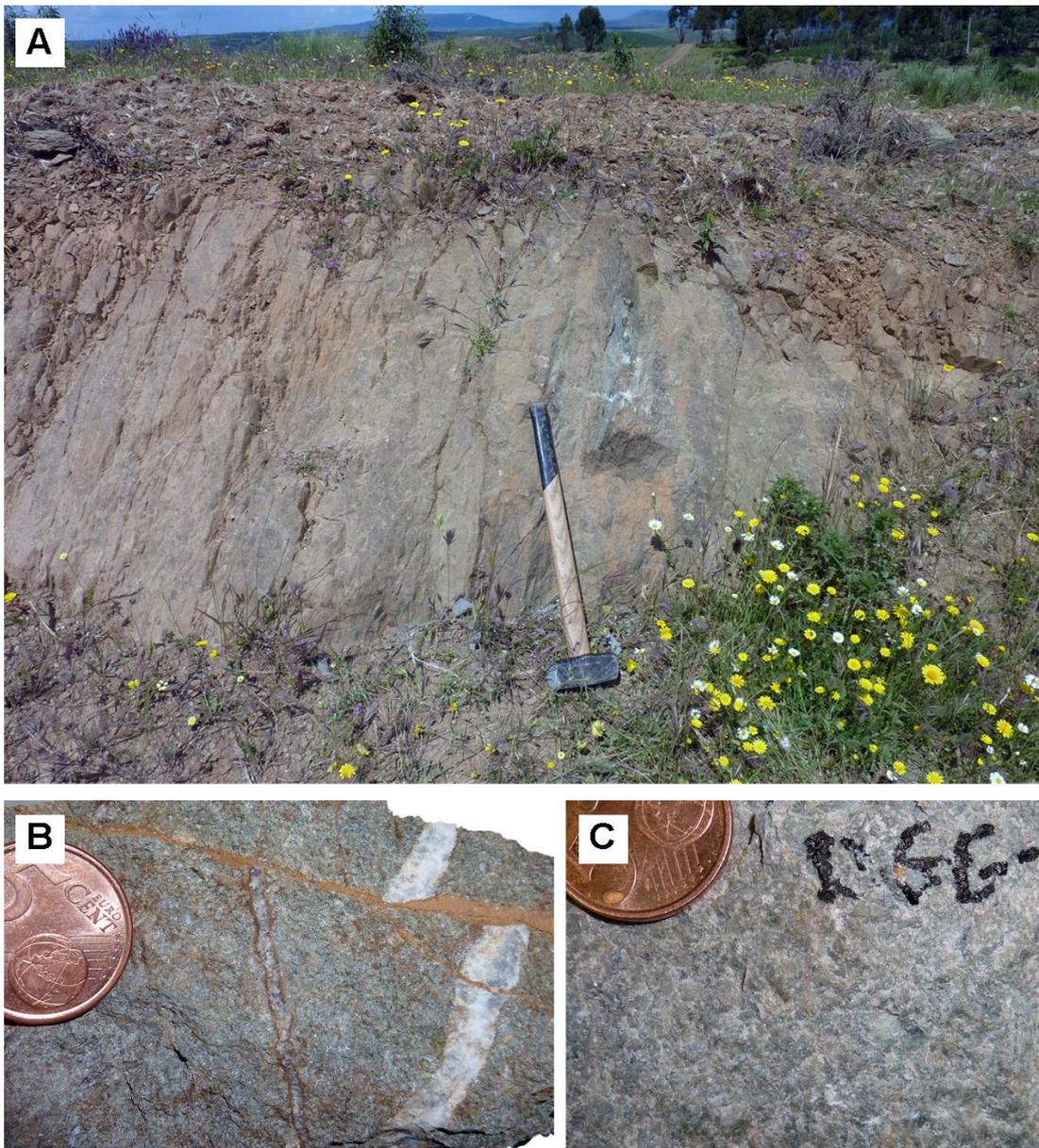


Figura 4.6. Metaleucogabros de Cerro Colorado. A: aspecto de campo del afloramiento. B: detalle de la roca atravesada por venas, desplazadas a su vez por fallas. C: detalle de la textura de la roca metabásica.

5. PETROGRAFÍA

Se ha realizado un estudio petrográfico por microscopía óptica sobre un total de 24 muestras diferentes distribuidas de la siguiente manera: 13 proceden del área de Ceclavín (una de ellas corresponde a una vena plagioclásica); 7 del área del NW de Zarza la Mayor; 3 del área de Cerro Colorado y 1 del afloramiento de la carretera EX-117. En 16 de estas muestras se han obtenido las abundancias modales mediante un contador de puntos (ver Apéndice II).

Se han distinguido dos grupos principales de rocas: ortoanfibolitas y leucogabros. El grupo de las ortoanfibolitas se ha dividido a su vez en ortoanfibolitas gabroicas, porfídicas y dioritoides atendiendo a su textura y composición mineralógica. La vena plagioclásica y otras venas de origen hidrotermal se tratarán de forma separada.

5.1. Ortoanfibolitas

Se ha incluido en este grupo las rocas formadas mayoritariamente por anfíbol (42,1-70,4% modal de anfíbol) y plagioclasa que aparecen en los afloramientos de Ceclavín, y NW de Zarza la Mayor, todos dentro de la aureola de contacto del plutón de Zarza la Mayor. A continuación se describen por separado cada uno de los subgrupos de ortoanfibolitas presentes.

5.1.1. Ortoanfibolitas gabroicas

Textura

Las rocas gabroicas presentan texturas granudas equidimensionales de tamaño de grano fino a medio, conservando generalmente la textura ígnea primaria. Las rocas del NW de Zarza la Mayor tienen un tamaño de grano algo mayor. Las muestras de menor tamaño de grano de Ceclavín muestran en algunos puntos relictos de texturas ofíticas y subofíticas con anfíbol englobando a pequeños cristales tabulares de plagioclasa. Estas rocas están formadas mayoritariamente por anfíbol, plagioclasa y opacos frecuentemente alterados a leucoxeno, con cantidades menores de epidota (siempre clinzoisita), apatito, muy escasa biotita, carbonatos y hematites. En una muestra procedente del área de Ceclavín (14263) existe clinopiroxeno relicto con una abundancia de 2,4% modal.

Algunas muestras (13040, 13041) se encuentran deformadas y llegan a desarrollar una fábrica foliada (fig. 5.2). La foliación viene definida principalmente por cristales

elongados de anfíbol fibroso que tiene cierta tendencia a formar dominios mal definidos (texturas de tendencia nematoblástica). Las plagioclasas y los minerales opacos presentan también cierta orientación. En estas láminas aparecen además varias zonas de cizalla donde se concentra un alto grado de deformación. Son muy estrechas (decenas a centenares de micras) y presentan formas anastomosadas. Asociado a estas zonas hay aparentemente un crecimiento de anfíbol y saussuritización de plagioclasa.

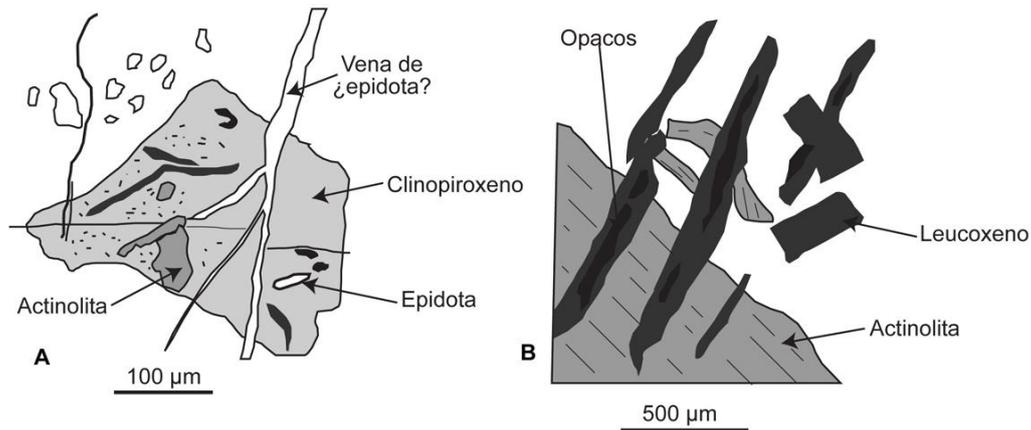


Figura 5.1. Dos aspectos de las ortoanfibolitas gabroicas. A: Clinopiroxeno relicto englobado por anfíbol. B: Ilmenita parcialmente alterada a leucoxeno (titanita criptocristalina).

Mineralogía primaria

Clinopiroxeno. Tal como se ha comentado, el clinopiroxeno aparece como mineral ígneo relicto (abundancia de 2,4%) en la muestra 14263, siempre totalmente englobado por anfíbol de tipo 1 (fig. 5.3.A). Tienen formas irregulares y tamaños de entre 0,2 y 0,6 mm. Frecuentemente tienen pequeñas inclusiones de epidota, actinolita y opacos.

Plagioclasa (24,8-32,1%). En las rocas gabroicas la plagioclasa tiene una distribución aproximadamente continua de tamaños entre grandes cristales (1-2mm) con inclusiones de anfíbol a cristales tabulares de 0,3-0,4 mm. Es muy frecuente observar inclusiones de apatito acicular en las plagioclasas. Algunas plagioclasas están fuertemente alteradas a una masa oscura (saussuritización) en la que únicamente pueden identificarse clinozoisita y clorita. Esta alteración tiene una importancia muy variable incluso dentro de una misma lámina delgada (de inexistente hasta el 13% de la roca) y parece estar muy localizada en las zonas de mayor alteración hidrotermal y deformación.

Opacos (0,5-6,1%). Están distribuidos de forma uniforme en las muestras, como cristales de tamaño medio (0,3-0,6 mm), frecuentemente esqueléticos. El estudio mediante el microscopio de reflexión muestra que se trata de ilmenita. En muchos casos estos opacos tienen un borde de alteración a leucoxeno con diversos grados de desarrollo, de forma que en las muestras más alteradas los opacos están totalmente transformados. A veces también se observan núcleos de titanita de pequeño tamaño.

Apatito. Aparece frecuentemente como inclusiones aciculares en cristales tabulares de plagioclasa.

Mineralogía neoformada

Anfíbol (54,1-70,4%). En todas las láminas pueden distinguirse tres tipos de anfíbol.

- Anfíbol tipo 1 (33,6-58,8%). Aparece en forma de cristales grandes con frecuentes inclusiones de clinozoisita y, en algunas muestras, carbonatos. Tiene color verde pálido y pleocroísmo ligero a moderado. Tamaño máximo de 5-6 mm. Generalmente forma cristales masivos de bordes aciculares, pero en algunas muestras parece formar pseudomorfos de minerales ígneos como piroxeno. Puede contener restos de clinopiroxeno relicto y en ocasiones estos presentan maclas con continuidad en el anfíbol (fig. 5.3A-D).

- Anfíbol tipo 2 (8,9-20,5%). Pequeños cristales (hasta 0,4 mm) de hábito fibroso y color verde oscuro. Aparece principalmente en los espacios entre plagioclasas formando parte de la masa principal de la roca. No tienen orientación preferente y suelen asociarse en agregados con formas en abanico o en roseta.

- Anfíbol tipo 3 (0-13,2 %). Aparece solo en las muestras con mayor deformación. Son inclusiones en plagioclasa de pequeños cristales aciculares (hasta 0,1 mm de longitud). Es posible que este anfíbol se relacione con incipientes texturas de intercrecimiento entre anfíbol y plagioclasas sódicas en condiciones metamórficas o hidrotermales.

Leucoxeno (0-4,6%). Se trata de un agregado fino de titanita criptocristalina que aparece como producto de alteración de los opacos, encontrándose siempre asociado a éstos. En las muestras de mayor alteración los reemplazan totalmente (fig. 5.3E).

Clinzoisita (0-12%). Forma cristales de pequeño tamaño (0,10-0,15 mm) asociados a las zonas de saussuritización de las plagioclasas. También aparece como inclusiones en plagioclasa y anfíbol. En ocasiones está asociado a calcita.

Clorita (0-1,6%). Aparece principalmente en las zonas de saussuritización de plagioclasas, asociada a clinzoisita.

Biotita (0-1,1%). Mineral muy escaso en las muestras estudiadas. Aparece en contadas ocasiones asociado a anfíbol de tipo 2.

Carbonatos (<1%). Los carbonatos son muy escasos y aparecen solo en algunas muestras, bien como inclusiones en anfíbol de tipo 1 o en la mesostasis, en posiciones intersticiales.

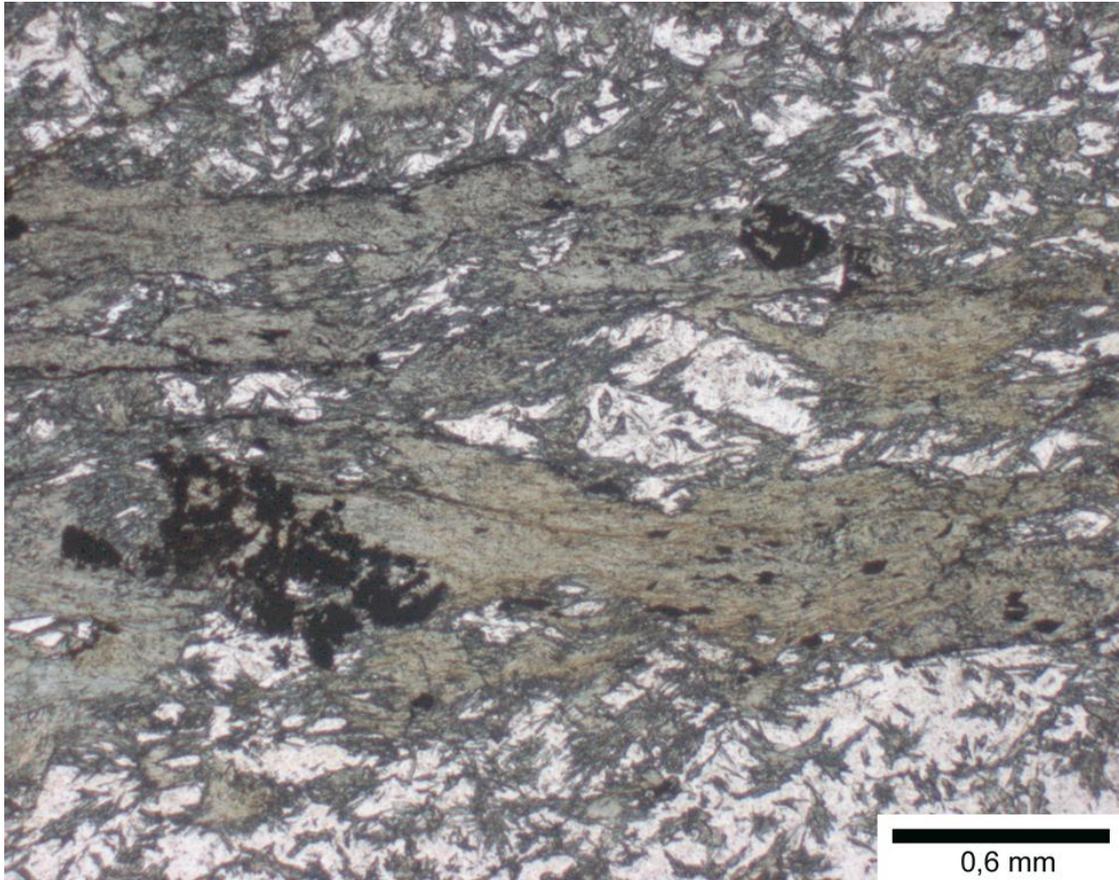


Figura 5.2. Crecimiento de anfíbol orientado, marcando una foliación en la ortoanfíbolita del NW de Zarza la Mayor (muestra 13041).

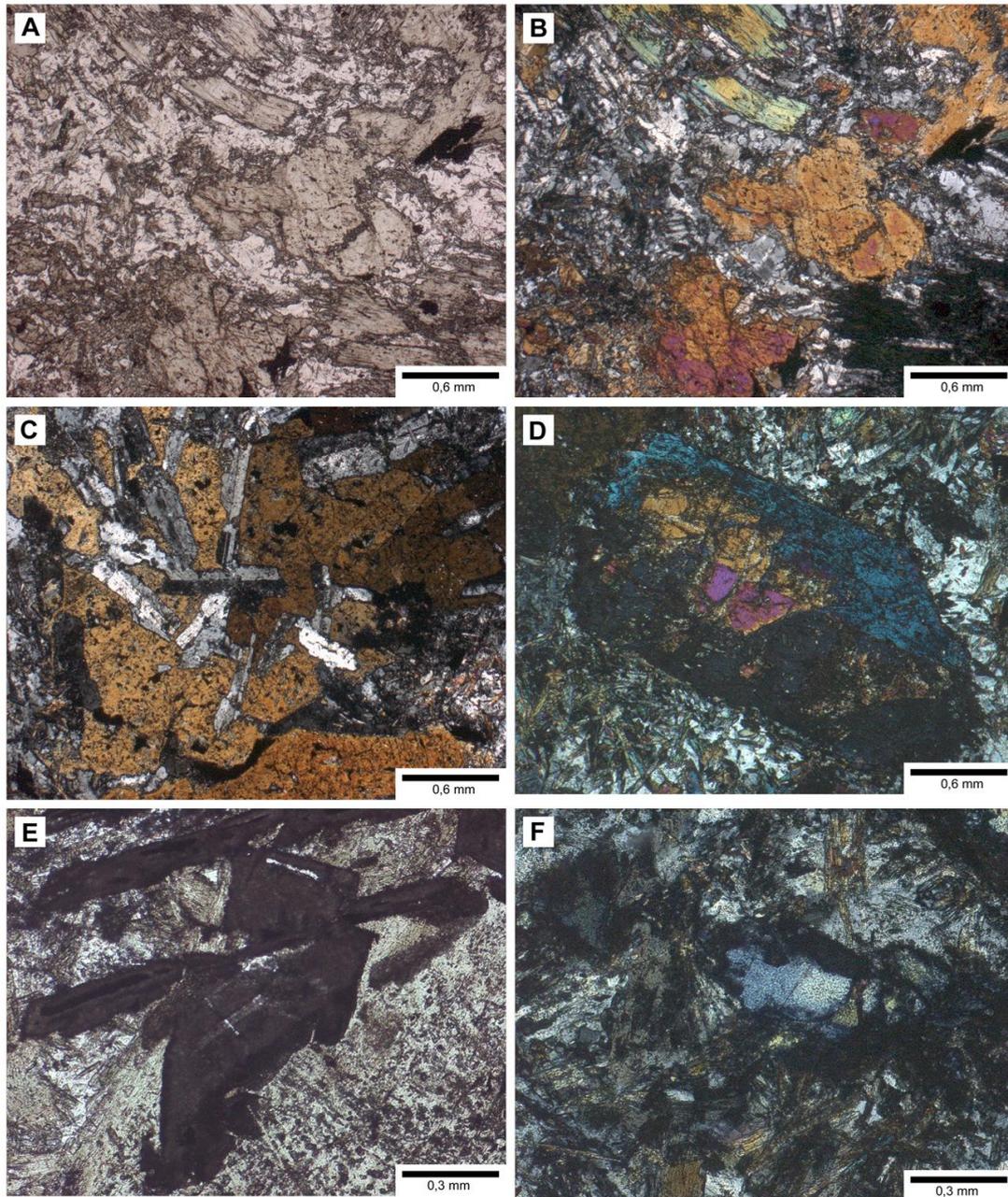


Figura 5.3. Aspectos microscópicos de las ortoanfíbolitas gabroicas. A: Textura general, granuda de grano medio, con anfíbol y plagioclasa (muestra 14828). B: Misma imagen con nicoles cruzados. C: Textura ofítica-subofítica en la muestra 10670. D: Cristal de clinopiroxeno relicto englobado totalmente por anfíbol (muestra 14263, nicoles cruzados). Nótese la macla en el piroxeno que se continúa en el anfíbol. E: Cristales de ilmenita de aspecto esquelético casi totalmente alterados a leucoxeno (muestra 14263). F: Cristal de clinzoisita en una plagioclasa alterada (muestra 14263, nicoles cruzados).

5.1.2. Ortoanfibolitas porfídicas

Textura

En muestra de mano estas rocas tienen un aspecto claramente porfiroide, con fenocristales blancos de formas ovaladas y tamaños milimétricos o incluso algunos que superan 1 cm de longitud, en una matriz oscura de grano fino. En lámina delgada los fenocristales resultan ser de plagioclasa, en una abundancia entre 6 y 30%. La mesostasis de la roca está formada por anfíbol, plagioclasa y opacos, con texturas de tendencias diabásicas intersertales con plagioclasas tabulares (fig. 5.4.), aunque en muchos casos el anfíbol es el mineral dominante. En ocasiones se observan texturas ofíticas y subofíticas con anfíbol secundario englobando a cristales tabulares de plagioclasa. En una de las muestras (14043) se encuentra clinopiroxeno relicto englobado totalmente por anfíbol de tipo 1. Este anfíbol puede o no estar presente. Probablemente se trate de rocas subvolcánicas composicionalmente basálticas a andesíticas. Estos pórfidos se han observado solo en el área de Ceclavín. Igual que ocurre en las rocas gabraicas la textura ígnea original se conserva bastante bien.

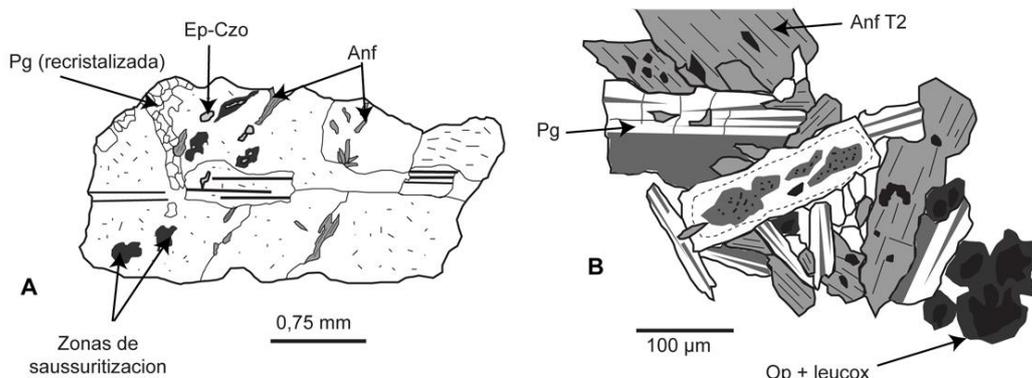


Figura 5.4. Aspectos texturales de las ortoanfibolitas porfídicas. A: Fenocristal de plagioclasa. B: esquema textural de una mesostasis de textura intersertal.

Mineralogía primaria

Clinopiroxeno (0-2,4%). Solo se ha observado la presencia de clinopiroxeno en la muestra 14043. Aparece como cristales irregulares y fracturados de tamaños hasta 0,5 mm englobados por anfíbol de tipo 1, que en algunos casos conserva la forma del piroxeno original (fig. 5.5F).

Plagioclasa (32,8-50,4%). La plagioclasa aparece en forma de fenocristales de tamaño milimétrico a centimétrico y en la mesostasis de la roca, en forma de pequeños cristales tabulares de hasta 0,3-0,4 mm.

- Fenocristales (6,0-30,2%). Son cristales, o en ocasiones agregados de dos o tres cristales, con formas euhedrales a subedrales y tamaños que generalmente oscilan entre 1 y 5 mm, aunque ocasionalmente superan 1 cm en su dimensión más larga. Suelen estar fracturadas, y a lo largo de las fracturas desarrollan subgranos equidimensionales de pequeño tamaño. Dicha fracturación en ocasiones parece dividir los cristales en sectores de forma rómbica o trapezoidal. Tienen numerosas inclusiones de anfíbol acicular y, en menor medida, clorita, de entre algunas decenas y 0,3 mm, preferentemente concentradas en las zonas de fractura. Estos fenocristales pueden llegar a estar muy saussuritizados, de forma que en algunas muestras no se conserva nada del cristal original (fig. 5.5B). En estas áreas saussuritizadas solo pueden reconocerse epidota-clinozoisita, clorita y escasos carbonatos.

- Plagioclasas de grano fino (16,7-27,6 %). Cristales tabulares de longitud hasta 0,3 mm, sin una orientación preferente. En algunos casos están en contacto entre ellas, formando el armazón de una textura intersertal (fig. 5.5C, D). En ocasiones tienen pequeñas inclusiones de anfíbol y a veces también pueden estar englobadas por el anfíbol de tipo 2 (texturas ofíticas a subofíticas, fig. 5.5E). En algunas muestras estas plagioclasas pueden estar parcialmente sericitizadas.

Opacos (3,2-5,6%). Probablemente la totalidad de los minerales opacos corresponde a ilmenita, como en algunos casos se ha identificado mediante el microscopio de reflexión. Tienen una distribución bastante homogénea en las rocas observadas. Son cristales idiomórficos a subidiomórficos de tamaños entre 0,05 y 0,2-0,3 mm, que en algunas muestras están parcialmente alterados a leucóxeno, generalmente en el borde.

Mineralogía neoformada

Anfíbol (42,1-57,8 %). Como en las rocas gabroides, en las porfiroides también se encuentran varios tipos de anfíbol, aunque en este caso el anfíbol de tipo 1 puede estar ausente y el de tipo 3 es raro.

- **Anfíbol tipo 1 (0-42,7%).** Cuando está presente, siempre es en porcentajes en torno al 40%. Son cristales masivos de tamaño fino a medio (hasta milimétrico) que aparentemente forma pseudomorfos de otros minerales. En una de las muestras además el anfíbol contiene restos de clinopiroxeno relictos, y puede contener también pequeñas inclusiones de epidota-clinozoisita y hematites (fig. 5.5A).

- **Anfíbol tipo 2 (15,0-53,0%).** Aparece en la mesostasis como cristales de hábito acicular con tamaños de entre 0,1 y 0,3 mm, generalmente formando agregados de varios miembros. Estos agregados tienen a veces formas radiales (en roseta) En algunas muestras se limita a los huecos entre el armazón de plagioclasas (texturas diabásicas intersertales), pero es normal que sea el mineral dominante. Puede también englobar a cristales tabulares de plagioclasa (texturas ofíticas y subofíticas).

- **Anfíbol tipo 3 (<1%).** Muy escaso en estas rocas, aparece como inclusiones de hábito fibroso en fenocristales de plagioclasa, con tamaños menores de 0,3 mm. Suele estar acompañado de clorita.

Leucoxeno (0-2,0%). Asociado a la alteración de los minerales opacos, a los que sustituye parcialmente. Tiene el aspecto de una masa de color marrón oscuro de tamaño muy fino (titanita criptocristalina).

Clorita (0-4,9%). Se encuentra principalmente en las zonas de saussuritización de plagioclasa acompañando a la clinozoisita, aunque en algunas muestras aparece también en la mesostasis de la roca, en posiciones intergranulares, asociada a anfíbol de tipo 2. En este último caso no supera las 0,3 mm de longitud. Existen además acumulaciones de gran número de cristales de clorita con algunos gránulos de titanita microcristalina y clinozoisita. También puede estar como inclusiones en los fenocristales fracturados de plagioclasa.

Epidota-clinozoisita (0,1-3,9%). Puede aparecer en las zonas de saussuritización de plagioclasa o como pequeñas inclusiones en plagioclasa y anfíbol. En una de las muestras (14288) existe además una importante zona de alteración hidrotermal, muy localizada, de forma que todas las plagioclasas de la mesostasis están transformadas a epidota. En esta zona, la roca se transforma en una epidosita.

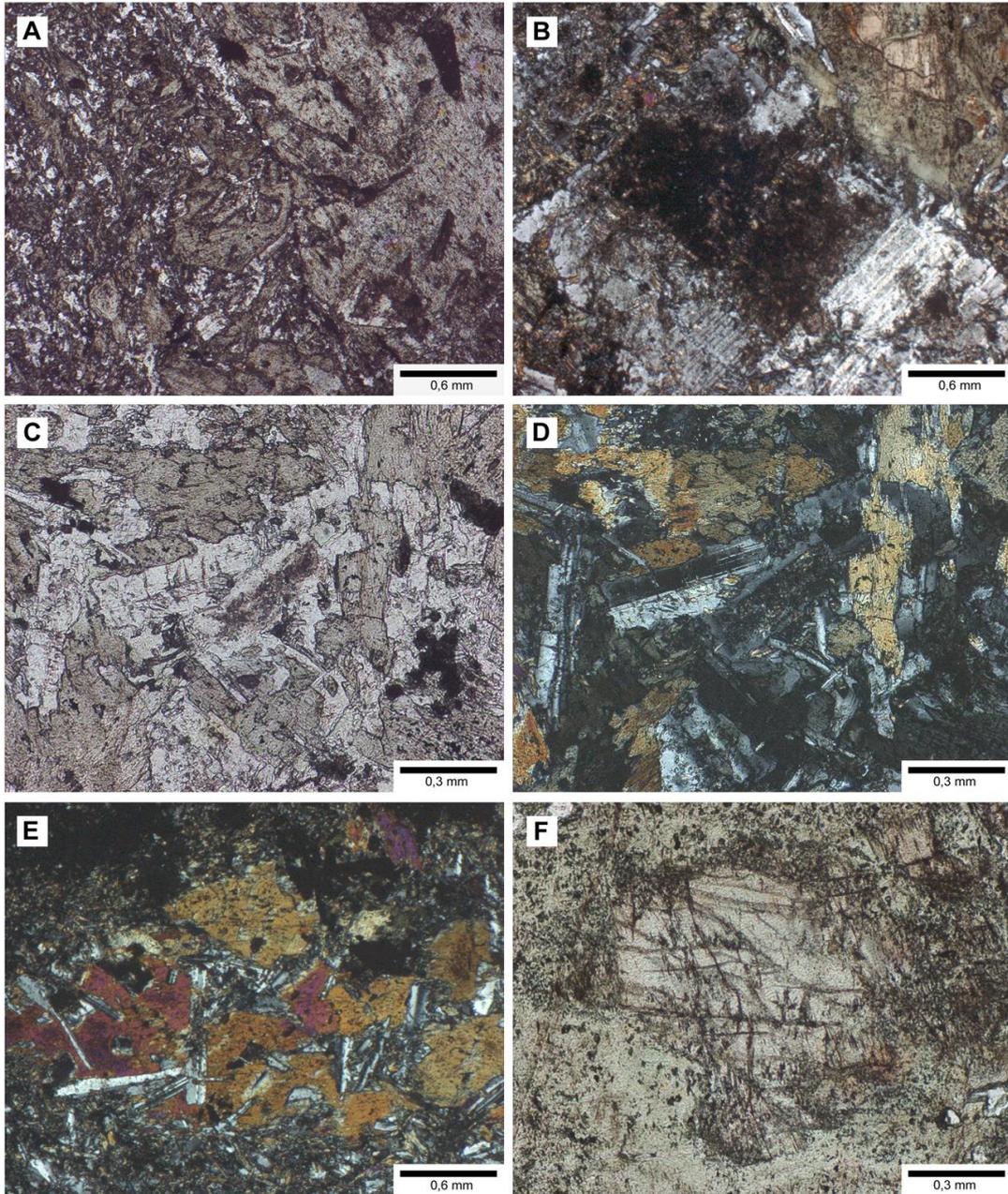


Figura 5.5. Aspectos microscópicos de las ortoanfibilitas porfídicas. A: Textura general, con grandes cristales de anfíbol tipo 1 (derecha y centro) y mesostasis intersertal con anfíbol de tipo 2 y plagioclasa (muestra 14043). B: Fenocristal de plagioclasa parcialmente saussuritizado y clinopiroxeno relicto en anfíbol en la esquina superior derecha (muestra 14043, nicoles cruzados). C: Microfotografía de una mesostasis intersertal, con un armazón de plagioclasa con anfíbol y opacos en posiciones intersticiales (muestra 14293). D: Misma imagen con nicoles cruzados. E: Texturas ofíticas-subofíticas entre anfíbol y plagioclasa (muestra 14043, nicoles cruzados). F: Cristal de clinopiroxeno relicto englobado totalmente por anfíbol (muestra 14043).

5.1.3. *Ortoanfíbolitas dioritoides*

Textura

Se han incluido en este grupo dos muestras de probable afinidad diorítica que aparecen en un afloramiento de pequeñas dimensiones en el área del NW de Zarza la Mayor. Una de ellas (14286) es una muestra de grano medio y apariencia nodulosa, con plagioclasa formando grandes fenocristales ovalados de hasta 1 cm de largo y 0,8 cm de ancho, y con anfíbol, biotita y minerales opacos de menor tamaño de grano en las posiciones entre las plagioclasas.

La otra muestra (14285) tiene tamaño de grano fino y está formada por anfíbol (64%) y plagioclasa (27,5%), en la que los anfíboles forman grandes cristales masivos.

Mineralogía primaria

Plagioclasa (27,5-41,2%). Aparece en forma de grandes fenocristales de tamaños de hasta 1 cm o bien en forma de cristales tabulares de grano fino.

- Fenocristales (40,8%). Solo se encuentran en la muestra 14286. Son minerales de formas subidiomórficas, ovaladas de hasta 1 cm de largo por 0,8 cm de ancho (fig. 5.7A). Un grupo de estas plagioclasas presenta masas de inclusiones de anfíbol fibroso de tipo 3 dispuestas concéntricamente en el cristal de plagioclasa, lo que posiblemente indique un crecimiento a favor del zonado composicional de la plagioclasa. Son también frecuentes los parches de saussuritización, aunque están mucho menos extendidos que en otras muestras. En algunas zonas puede aparecer también biotita y apatito. Llegan a conservar bastante bien los sistemas de maclas polisintéticas.

- Plagioclasa de grano fino (27,5%). Se encuentra principalmente en la muestra 14285. Son cristales tabulares de hasta 0,4 mm de longitud, que normalmente conservan texturas ígneas microlíticas, si bien parecen más transformadas que otras muestras estudiadas (fig. 5.7E-F). En algunos casos hay recristalización de la plagioclasa, formando subgranos de formas equidimensionales. Es frecuente también que aparezca como inclusiones de 0,1-0,2 mm dentro del anfíbol de tipo 1.

Opacos (3,1-4,3%). Cristales irregulares de tamaños hasta 0,6 mm y formas alargadas, siempre asociado a anfíbol de tipo 2 y plagioclasa de grano fino, ocupando

principalmente espacios intersticiales. Pueden estar parcialmente alterados a leucoxeno, a lo largo de los bordes del mineral.

Mineralogía neoformada

Anfíbol (49,6-64,1%). Es el mineral más abundante en estas rocas y aparece en las tres formas que se han descrito anteriormente.

- Anfíbol de tipo 1 (28,5-37,4%). Cristales de aspecto masivo y bordes irregulares, y color verde claro con frecuentes inclusiones de clinozoisita y a veces de plagioclasa. Parece haber una débil orientación preferente en la disposición de estos anfíboles. Aspecto muy limpio y gran tamaño, es normal que superen 1cm de longitud (fig. 5.7E-F).

- Anfíbol de tipo 2 (25,3%). Solo se ha identificado en la muestra 14285. Son cristales de tamaño fino (0,3-0,4 mm) asociados a las plagioclasas de grano fino; de aspecto fibroso y color verde oscuro. Ocupan mayoritariamente espacios intersticiales entre las plagioclasas (fig. 5.7E-F).

- Anfíbol de tipo 3 (1,4-21,1%). Este tipo de anfíbol está muy desarrollado en la muestra 14286 aunque también puede encontrarse, en baja proporción, en la 14285. Forma masas de inclusiones en los grandes cristales de plagioclasa, constituidas por cristales aciculares de pequeño tamaño. Estas masas se disponen dentro de la plagioclasa, formando una corona interna concéntrica con el mineral (fig. 5.7A- C-D). Es muy probable que su crecimiento en condiciones metamórficas esté condicionado por el zonado composicional de la plagioclasa. En contadas ocasiones se asocia a biotita y apatito.

Leucoxeno (0-2,0%). Masa de titanita criptocristalina que resulta de la alteración de ilmenita, principalmente en el los bordes de dichos granos. Extensión variable según muestras; puede estar ausente en las muestras con menor alteración, pero no llega a adquirir mucha importancia.

Epidota-clinozoisita (0,3-4,5%). Variable según muestras. Tiende a concentrarse en las zonas de mayor alteración y como inclusiones dispersas en plagioclasa y anfíbol.

Biotita (0,8%). Mineral escaso en estas rocas, aparece asociada a anfíbol (tanto de tipo 1 como tipo 3), apatito y epidota. Forma agregados de varios cristales idiomórficos, de tamaños entre 0,15-0,20 mm (fig. 5.7B).

Apatito (0,4%). Es un mineral escaso pero concentrado en algunas zonas específicas, aparece como cristales muy idiomórficos asociado a las zonas con biotita. Longitudes de hasta 0,4-0,5 mm (figs. 5.6 y 5.7B). También puede aparecer como inclusiones aciculares en plagioclasa.

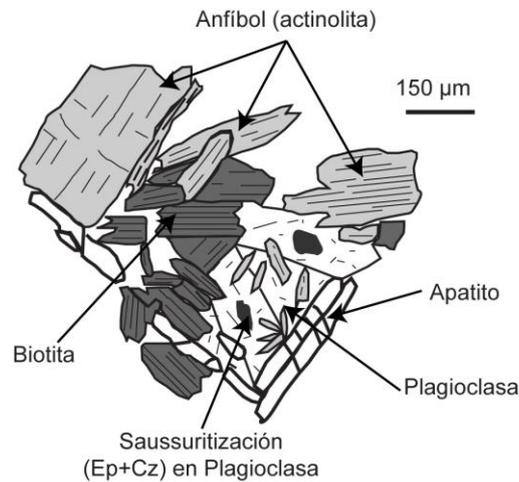


Figura 5.6. Esquema de una zona con biotita, anfíbol y apatito en la muestra 14286.

5.2. Metaleucogabros

En este grupo están incluidas las muestras procedentes de los afloramientos de Cerro Colorado y el talud de la carretera EX-117. Están formadas mayoritariamente por plagioclasa (53-65%) y contienen entre 26 y 35% de minerales secundarios de alteración hidrotermal (carbonatos y clorita, principalmente).

Textura

En muestra de mano son rocas de textura fanerítica de grano fino a medio y algo porfídicas, de color verde claro a gris, con numerosos parches milimétricos de tonos rojizos, frecuentemente atravesadas por venas de un mineral blanco. En algunas muestras existe una débil orientación preferente de los minerales. En lámina delgada, son rocas holocristalinas formadas principalmente por plagioclasa, opacos y minerales secundarios (clorita y carbonatos). La textura es inequigranular, porfiroide en ocasiones, con fenocristales de plagioclasa de entre 1 y 3 mm (3,7-37,8%).

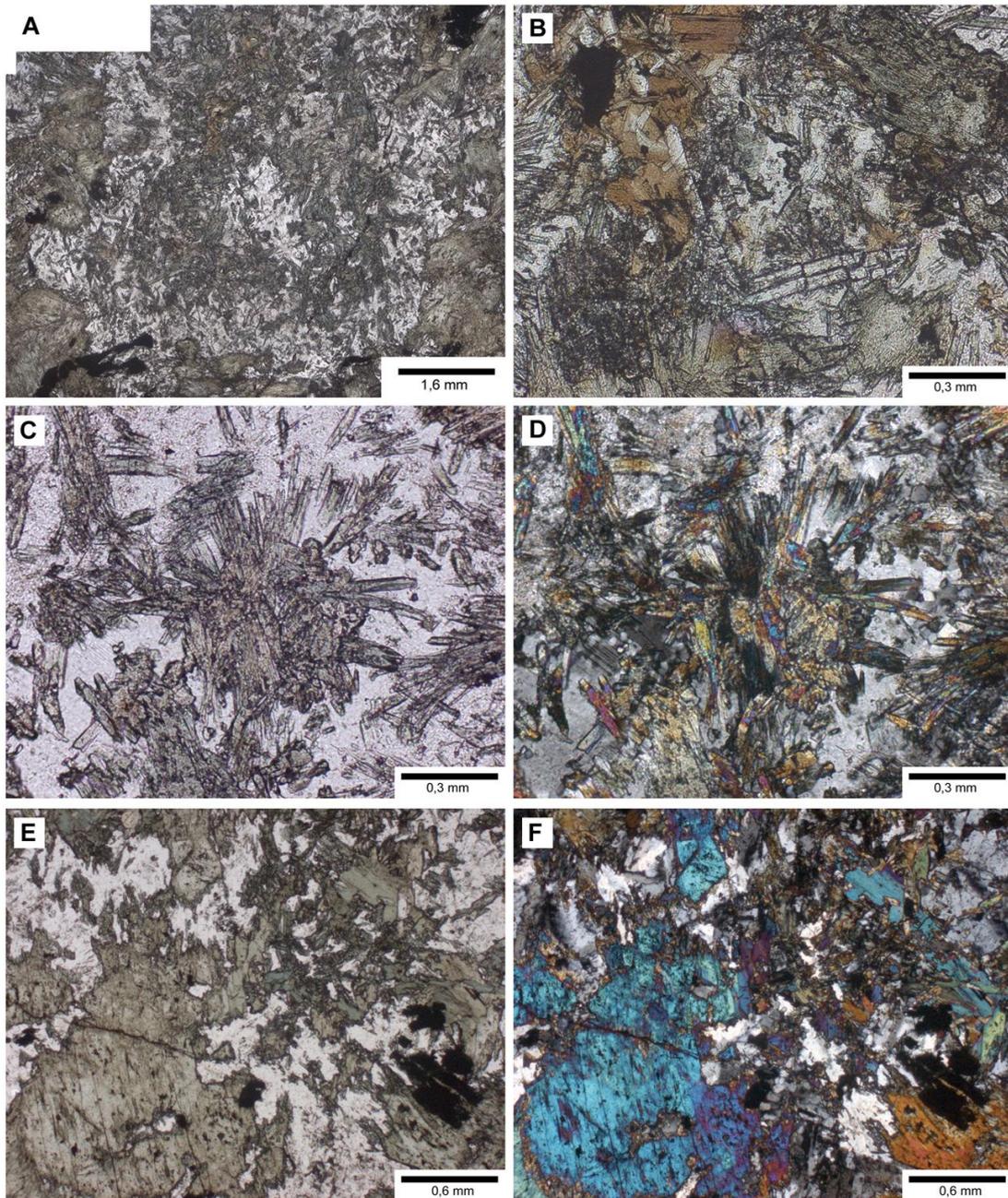


Figura 5.7. Aspectos microscópicos de las rocas dioritoides del NW de Zarza la Mayor. A: Gran fenocristal de plagioclasa con una corona interna de anfíbol de tipo 3, probablemente marcando un zonado primario de la plagioclasa (muestra 14286, mosaico de varias imágenes). B: Asociación de anfíbol, biotita, apatito (cristales tabulares con alto relieve) y plagioclasa parcialmente saussuritizada (muestra 14286; ver fig. 5.5). C: Detalle del anfíbol fibroso de tipo 3, formando inclusiones en un cristal de plagioclasa (muestra 14286). D: misma imagen anterior con nicoles cruzados. E: Aspecto general de la muestra 14285, con anfíbol, plagioclasa y opacos. F: misma imagen anterior con nicoles cruzados.

En la muestra 14824 en muchas zonas puede reconocerse una textura de acumulado ígneo, con un armazón de plagioclasas, y opacos y minerales secundarios ocupando los huecos. Como evidencia la proporción de secundarios y la alteración de las plagioclasas, estas rocas presentan una importante alteración hidrotermal.

En estas rocas existen pequeñas zonas de cizalla dispersas, de anchura milimétrica y formas anastomosadas, similares a las observadas en las ortoanfibolitas. Además, posiblemente algunas muestras presenten un incipiente grado de deformación, de forma que desde ese punto de vista podrían clasificarse como protocataclitas. En las muestras más alteradas aparentemente existe una división en dominios donde abunda la clorita y los carbonatos y otros donde es mayoritaria la plagioclasa (fig. 5.8).

Mineralogía primaria

Plagioclasa (53-65%). Es el principal mineral constituyente de estas rocas y presenta una población bimodal: cristales tabulares de grano fino-medio (fig. 5.9D-F) y fenocristales milimétricos (fig. 5A-B).. Los primeros son cristales tabulares de aspecto sucio que, principalmente en la muestra 14824, se apoyan unos sobre otros, formando una textura de acumulado ígneo. Tienen tamaños comprendidos entre 0,3 y 0,6 mm. En general se conserva bien el maclado polisintético, y es muy común encontrar inclusiones de apatito acicular (fig. 5.9D). Algunas plagioclasas están bordeadas por una corona estrecha de clorita y sericita, pero en las muestras con mayor alteración suelen estar parcial o totalmente sericitizadas.

La segunda población de plagioclasas está constituida por cristales de entre 1 y 3 mm en proporción variable, entre 3,7 y 37,8%.

Opacos (3,7-7,5%). Se encuentran principalmente en posiciones intersticiales. En algunas muestras pueden estar parcialmente alterados a leucoxeno. Pueden alcanzar tamaños de hasta 0,6 mm y tienen formas irregulares, generalmente alargadas.

Apatito (0,2-1,3%). Puede aparecer disperso en la roca, pero lo más frecuente es observarlo como inclusiones aciculares en cristales tabulares de plagioclasa (fig. 5.9D).

Mineralogía neoformada

Clorita (14,0-20,8%). Mineral abundante en estas rocas, ocupa posiciones intersticiales entre las plagioclasas, definiendo una textura intersertal. Se asocia

principalmente a los carbonatos. El tamaño de los cristales es ligeramente menor que el de las plagioclasas del armazón (fig. 5.9E-F). En ocasiones también forma coronas estrechas en torno a los cristales de plagioclasa.

Carbonatos (12,5-17,1%). Los carbonatos llegan a ser localmente muy abundantes. Generalmente ocupan las posiciones intersticiales junto a la clorita. Es muy común su desarrollo en zonas de cizalla, ocupando la zona central de las mismas.

Sericita (0-27%). En la muestra 14824 apenas existe, pero adquiere mayor importancia en las muestras de mayor alteración, donde llega a sustituir totalmente a las plagioclasas (fig. 5.8B).

Cuarzo (0-1,4%). Aparece solo en las dos muestras con mayor nivel de alteración hidrotermal, en forma de agregados policristalinos con miembros que no superan los 0,1 mm, con formas equidimensionales. Están siempre en posiciones intersticiales.

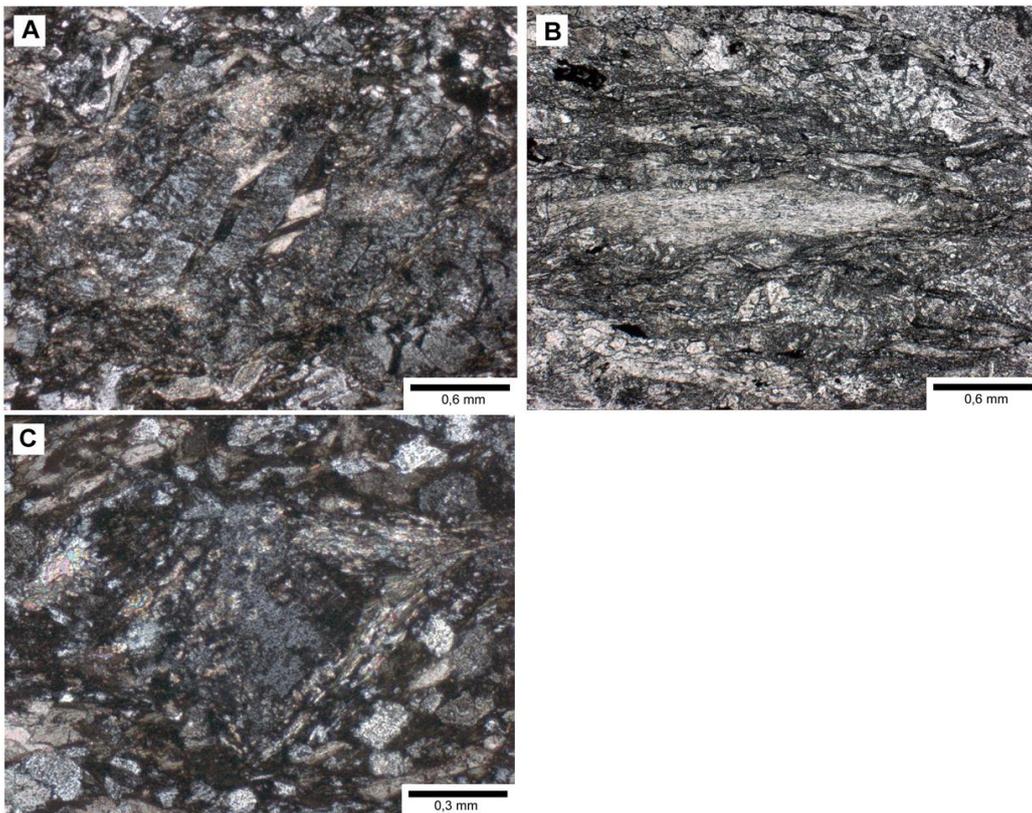


Figura 5.8. Signos de deformación incipiente en el leucogabro de la carretera EX-117 (muestra 14042). A: Fenocristal de plagioclasa fracturado de forma similar a las texturas “*bookshelf*”, con carbonatos y clorita ocupando huecos (nicoles cruzados). B: Textura general las zonas milonitizadas, con masas alargadas de sericita, clorita y carbonatos. C: Desarrollo de sombras de presión, con crecimiento de micas, en torno a un fenocristal de plagioclasa.

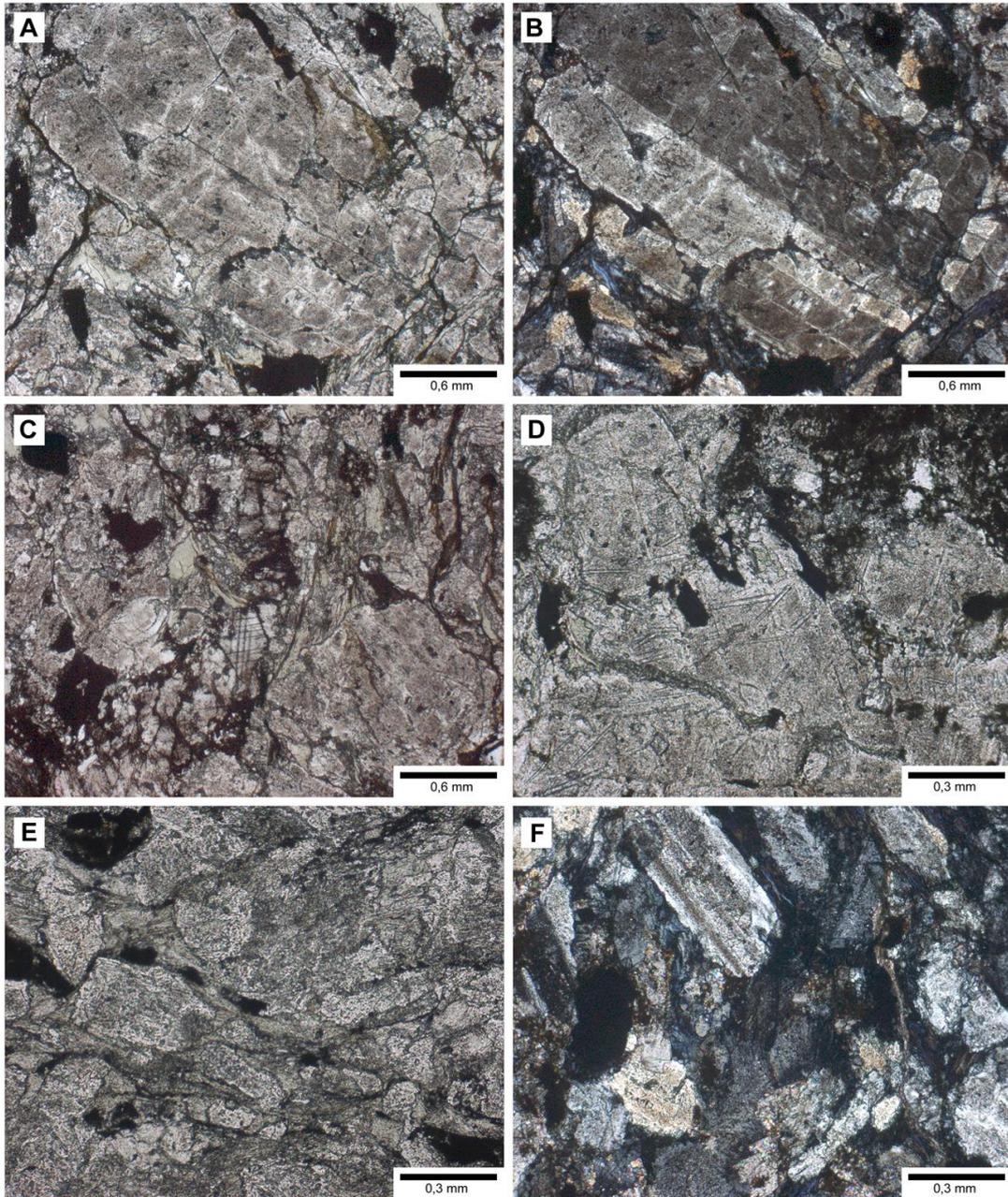


Figura 5.9. Aspectos microscópicos de los metaleucogabros. A: Textura general, con fenocristales de plagioclasa en una mesostasis intersertal de grano medio (muestra 14824). B: Misma imagen anterior, con nicols cruzados. C: Cristales de clorita, carbonatos y opacos en posiciones intergranulares en la mesostasis rocosa (muestra 14824). D: Detalle de las plagioclasas de la mesostasis, con inclusiones de cristales de apatito acicular (muestra 14824). E: Detalle del leucogabro de la carretera EX-117, con plagioclasa, abundante clorita y opacos (muestra 14042). F: Textura con tendencia de acumulado en el leucogabro de Cerro Colorado (muestra 14824, nicols cruzados).

5.3. Plagioclasita

Textura

La vena plagioclásica que corta a la ortoanfibolita en Ceclavín es una roca casi monominerálica, formada por un 96% de plagioclasa, con pequeñas cantidades de carbonatos y clorita. La textura es holocristalina, con tamaño de grano medio a grueso (las plagioclasas tienen tamaños de grano que oscilan entre 1 mm y más de 1 cm), que disminuye en los bordes de la vena hasta tamaños de unos 0,1 mm en el contacto con la roca metabásica. El contacto es irregular y en ocasiones hay entrantes de la ortoanfibolita en la vena en incluso cristales de anfíbol aislados en la misma. Se ha observado que, en la zona próxima a la vena, los fenocristales de plagioclasa de la ortoanfibolita están totalmente sausuritizados, disminuyendo esta alteración al aumentar la distancia a la misma.

Mineralogía

Plagioclasa (96,0%). Constituye prácticamente la totalidad de la roca. Está en forma de grandes cristales de entre 1 mm y más de 1 cm en las zonas centrales de la vena, aunque en el contacto con la ortoanfibolita disminuye hasta 0,1-0,5 mm (fig. 5.10F). Los cristales son de idiomórficos a subidiomórficos y los contactos entre rectilíneos o irregulares, con indentaciones entre ellos. Aparentemente existen dos grupos de plagioclasas. Uno de ellos está formado por cristales de aspecto muy limpio y formas idiomórficas con contactos predominantemente rectilíneos, en los que se observan con claridad maclas polisintéticas. El segundo grupo lo forman cristales de aspecto sucio, a veces con pequeños parches de sausuritización e inclusiones de epidota, en los que el maclado no se observa con tanta claridad como en el otro grupo. Los contactos entre granos tienden a ser más irregulares, y a veces en los bordes de grano se forman subgranos de pequeño tamaño (fig. 5.10A-B).

Carbonato (2,6%). De los minerales accesorios de la plagioclasita, es el más abundante. Ocupa posiciones intersticiales entre los grandes cristales de plagioclasa o en juntas de grano, asociado frecuentemente con clorita y algo de epidota. En algunos casos parece estar fracturado. El tamaño típico de estos cristales es entre 0,2 y 0,5 mm. Puede estar también asociado a pequeñas zonas de sausuritización en las plagioclasas.

Clorita (0,7%). Igual que el carbonato, aparece como cristales idiomórficos en posiciones intersticiales entre las plagioclasas, preferentemente en las de aspecto más sucio. Normalmente asociado a carbonato y epidota-clinozoisita (fig. 5.10C-D). El tamaño suele ser algo menor que el de los cristales de carbonato (0,08-0,4 mm).

Epidota-clinozoisita (0,6%). Aparece en forma de cristales de pequeño tamaño (0,08-0,15 mm), poco idiomórficos, con formas irregulares o redondeadas. Puede estar en los espacios intersticiales de la roca, acompañando al carbonato y la clorita (fig. 5.10C-D), o bien en forma de pequeñas inclusiones en la plagioclasa, particularmente las más alteradas.

5.4. Otras venas hidrotermales

Cortando a las ortoanfibolitas y los metaleucogabros existen una serie de venas de origen hidrotermal que varían en escala entre alrededor de 0,1 mm de anchura y varios milímetros, alcanzando en algunos casos anchuras centimétricas. Son venas monominerálicas o biminerálicas, que pueden estar formadas por epidota-clinozoisita, carbonato, plagioclasa o anfíbol. A continuación se describen brevemente cada una de ellas.

- Venas de epidota-clinozoisita (fig. 5.11A, B). Son las más comunes en las ortoanfibolitas pero no se han encontrado en los metaleucogabros. Normalmente son venas microscópicas de escasa entidad (0,1-0,3 mm de anchura), pero en un caso existe una vena de unos 2 cm de espesor cortando a la muestra 14827. Esta vena está formada por aproximadamente 90% de epidota-clinozoisita y 10% de calcita, de tamaño de grano variable, menor en los bordes (en torno a 0,5 mm) que en la zona central (hasta 2 mm). Ocasionalmente también aparece algo de clorita. La ortoanfibolita está fuertemente alterada en las proximidades de la vena, con abundante epidota, fuerte sausrutización de las plagioclasas y transformación casi total de los opacos a leucoxeno.

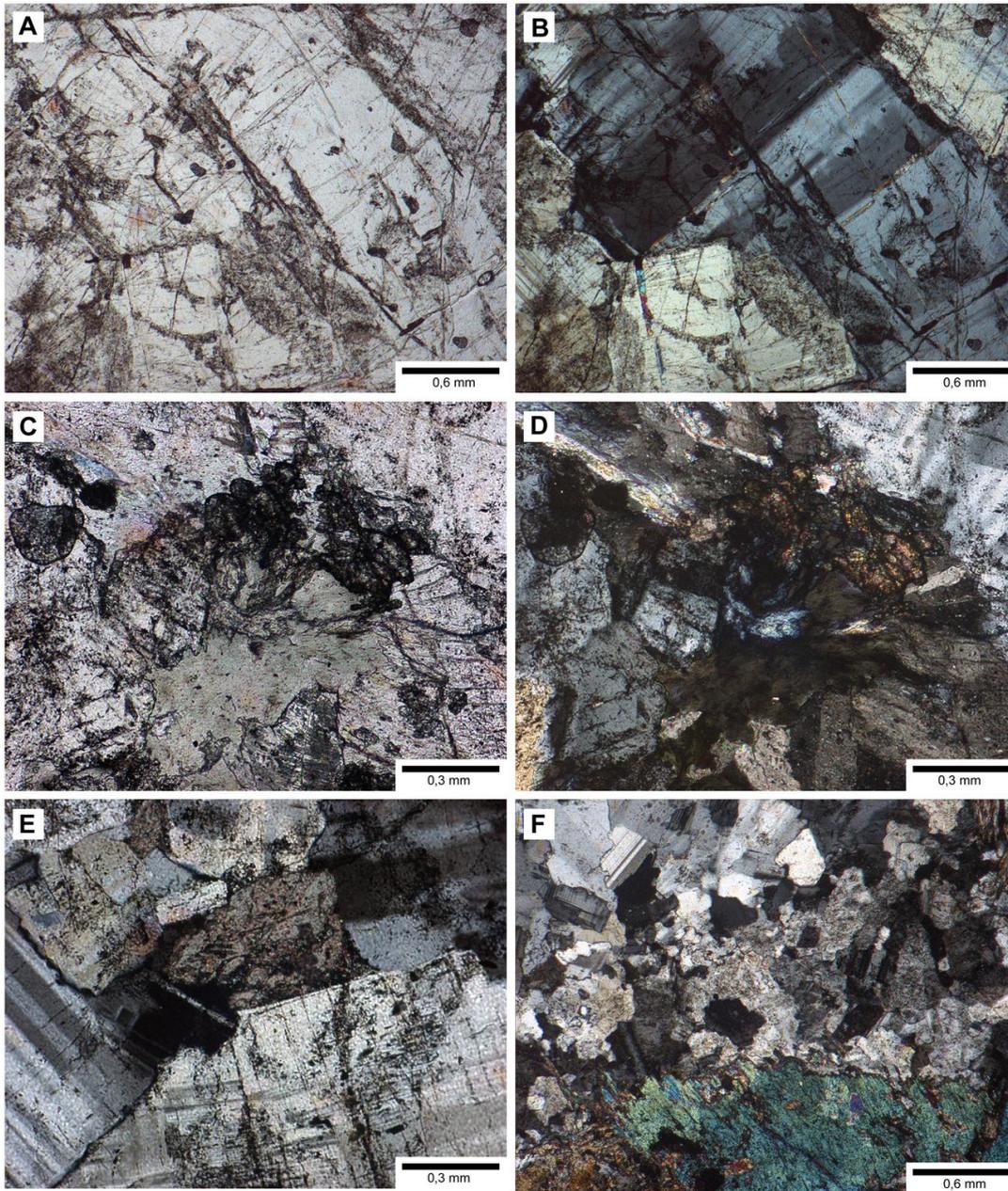


Figura 5.10. Aspectos texturales de la vena plagioclásica (muestra 14043-PLAG). A: Plagioclasas ligeramente alteradas y fracturadas. B: misma imagen anterior con nicols cruzados. C: Asociación de clorita, clinzoisita y carbonatos en posición intersticial entre las plagioclasas. D: misma imagen anterior con nicols cruzados. E: cristal de carbonato intersticial entre las plagioclasas. F: Detalle del contacto entre la vena plagioclásica y la ortoanfíbolita (nicols cruzados). Nótese el menor tamaño de grano y el aspecto sucio de las plagioclasas próximas al contacto.

- Venas de plagioclasa. Hay algunos ejemplos, escasos, de este tipo de venas en la zona de Ceclavín y en Cerro Colorado. A diferencia de la plagioclasita descrita, éstas son de tamaños microscópicos (0,02-0,2 mm de anchura). En algunas muestras (14835) forman dos sistemas orientados ortogonalmente entre ellos. Están formadas mayoritariamente por plagioclasa, pero en ocasiones también aparece epidota. Cuando atraviesan las zonas más anfibólicas de la roca huésped, las venas aparecen “cosidas” por pequeños cristales aciculares de anfíbol que las atraviesa de lado a lado; estos crecimientos de anfíbol son posteriores a la vena. Esto no se observa cuando cruzan cristales de plagioclasa. Las venas que aparecen en Cerro Colorado son de mayor entidad y además de plagioclasa (aparentemente albita), existe calcita y algo de cuarzo (fig. 5.11C).

- Venas de carbonato. Aparecen principalmente en las muestras que presentan cierta deformación, asociada a zonas de cizalla de escala microscópica, donde ocupan la zona central de las mismas. En otras ocasiones, como en los leucogabros de Cerro Colorado, se encuentran grandes venas de carbonato de espesor centimétrico, formadas por grandes cristales de calcita y algo de cuarzo con texturas en peine (fig. 5.11D).

- Venas de anfíbol (fig. 5.11C, D). Aparecen únicamente en la muestra 14831, procedente del área de Ceclavín. En lámina delgada se observan varias venas interconectadas, con anchuras de entre 0,5 y 1 cm, formadas por un anfíbol verde fibroso, aparentemente análogo al anfíbol de las ortoanfíbolitas aunque de un color algo más claro. El contacto con la roca es neto. La orientación de los anfíboles es perpendicular a los bordes de la vena, definiendo texturas “en peine”, principalmente cerca de dichos bordes. En las zonas centrales el tamaño de los anfíboles es menor y de textura algo más caótica. Además del anfíbol, en estas venas pueden encontrarse escasos cristales de cuarzo o plagioclasa y minerales opacos dispersos.

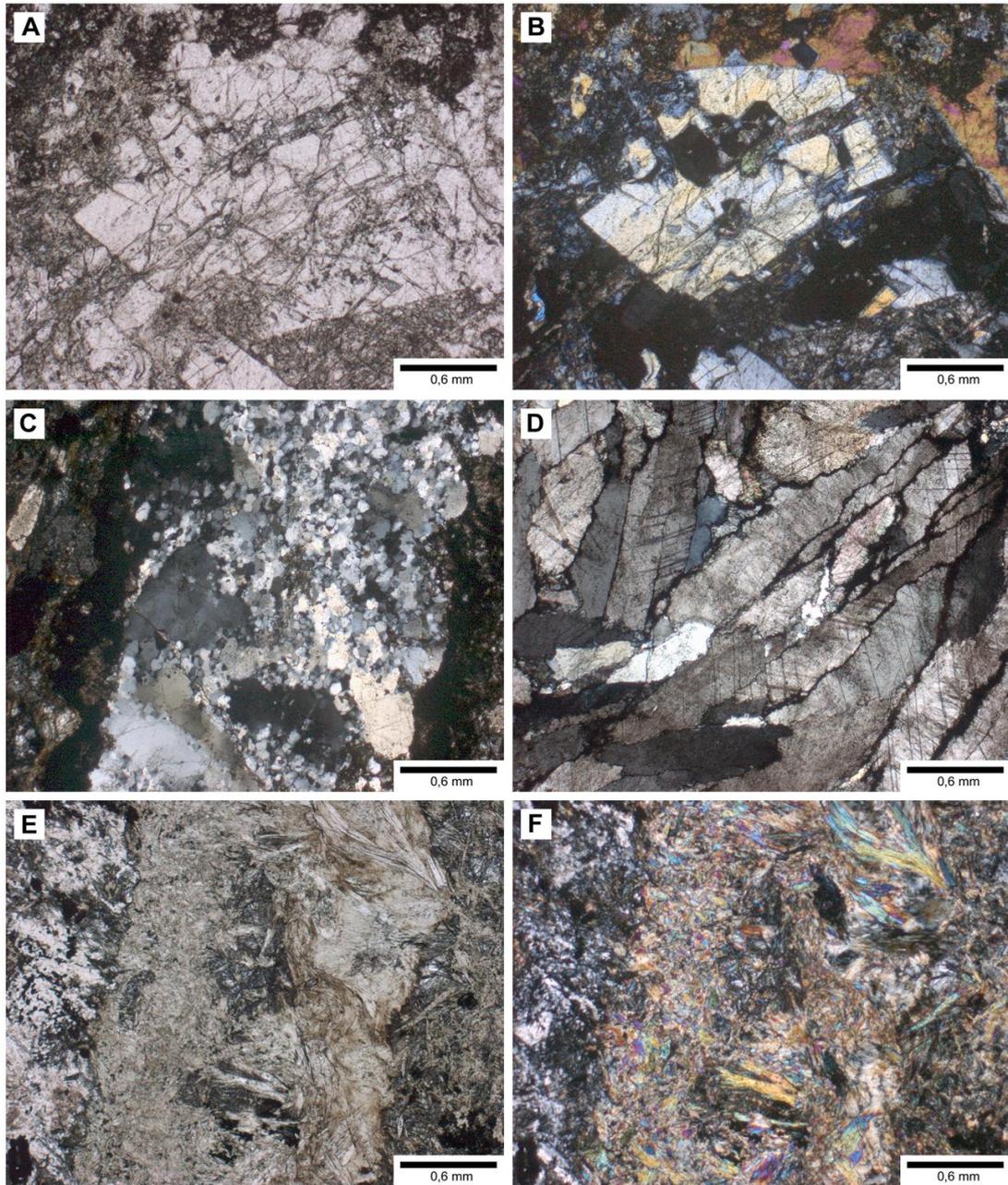


Figura 5.11. Selección de venas hidrotermales presentes en las rocas metabásicas. A: Vena casi monomineralica de epidota-clinozoisita, con cantidades menores de carbonatos (muestra 14828). B: misma imagen anterior con nicoles cruzados. C: Vena de plagioclasa (albita) y cuarzo en el leucogabro de Cerro Colorado (muestra 14824, nicoles cruzados). Nótese los bordes de alteración de óxidos de Fe. D: Vena de carbonato con textura en peine y algo de cuarzo, en el leucogabro de Cerro Colorado (muestra 14824, nicoles cruzados). E: Vena de anfíbol verde fibroso con textura en peine, en una ortoanfíbolita gabroica en Ceclavín (muestra 14828). F: misma imagen anterior con nicoles cruzados.

6. GEOQUÍMICA MINERAL

Se han realizado análisis de composición de minerales en 7 muestras (tabla 6.1) en lámina delgada de ortoanfibolitas procedentes de los afloramientos del NW de Zarza la Mayor (2 muestras) y de Ceclavín (4 muestras), además de una muestra de la vena plagioclásica. Todas las abreviaturas de minerales empleadas siguen las recomendaciones de la IUGS (Fettes y Desmons, 2007).

Muestra	Clasificación	Mineralogía
<i>NW de Zarza la Mayor</i>		
14285	Dioritoide	Pl + Am + Ilm ± Leu ± Czo
14286	Dioritoide	Pl + Am + Ilm ± Leu ± Czo ± Bt
<i>Ceclavín</i>		
14043	Pórfido	Am + Pl + Cpx + Ilm + Leu ± Czo ± Chl
14043-PLAG	Plagioclasita	Pl ± Cal ± Chl ± Czo
14263	Gabro	Am + Pl + Cpx + Ilm + Leu ± Czo
14288	Pórfido	Pl + Am + Ilm ± Czo ± Hem ± Leu
14293	Pórfido	Am + Pl + Ilm ± Czo ± Chl

Tabla 6.1. Clasificación y mineralogía de las muestras de ortoanfibolitas y plagioclasita estudiadas en la microsonda electrónica.

6.1. Ortoanfibolitas

6.1.1. Piroxeno

Los piroxenos son minerales escasos entre las muestras estudiadas y representan minerales ígneos relictos que no han llegado a transformarse totalmente en anfíbol, encontrándose como restos englobados por anfíbol de tipo 1. Los análisis de piroxenos realizados corresponden a las dos únicas muestras en las que se ha detectado la presencia de este mineral, las muestras 14043 (pórfido) y 14263 (metagabro), pertenecientes al área de Ceclavín. Dado que las dos muestras proceden de la misma localidad, se han tratado de forma conjunta. Para el cálculo de las fórmulas estructurales se han utilizado únicamente los análisis con contenidos totales entre 98 y 100% en peso, realizándose dicho cálculo en base a 4 cationes y 6 oxígenos (Morimoto, 1989). Todos ellos son clinopiroxenos.

En el diagrama En-Wo-Fs (Morimoto, 1989) todos los clinopiroxenos analizados se clasifican en el campo de la augita (fig. 6.1). El rango composicional es mayor en la muestra 14043 ($Wo_{25-36}En_{40-45}Fs_{9-20}$) que en la muestra 14263 ($Wo_{30-35}En_{40-45}Fs_{9-14}$). No se ha observado un zonado importante en los clinopiroxenos, aunque los centros tienden

a ser más ricos en SiO_2 y pobres en Al_2O_3 que los bordes. No se han observado variaciones consistentes en el resto de elementos. Las imágenes BSE tampoco revelan zonados significativos (fig. 6.2). Los contenidos en Ti son moderados (0,020-0,074 átomos por fórmula unidad, apfu) y el Al toma valores altos (0,097-0,253 apfu).

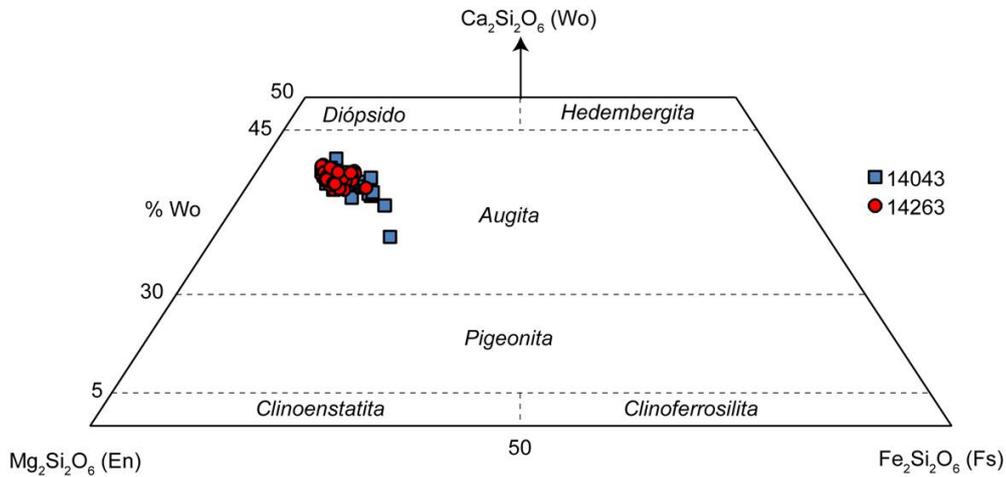


Figura 6.1. Diagrama En-Wo-Fs de clasificación de piroxenos (Morimoto, 1989). Todos los piroxenos analizados se clasifican como augitas.

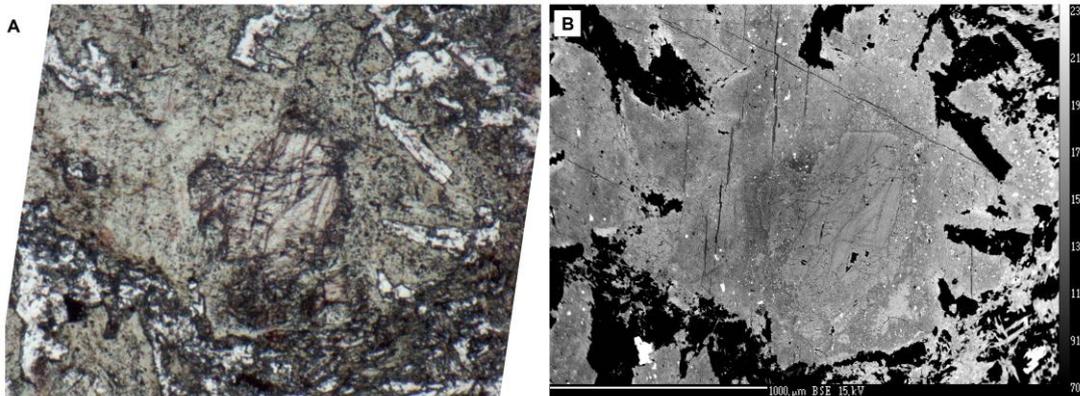


Figura 6.2. Imagen óptica (A) y en electrones retrodispersados, BSE, (B) de un clinopiroxeno relicto, totalmente englobado por anfíbol (muestra 14043).

En los diagramas de Le Bas (1962) se pueden diferenciar claramente dos poblaciones de piroxenos (Fig. 6.3A). En primer lugar, un grupo muy numeroso presenta altos valores de Al_2O_3 , TiO_2 y Al^{IV} , y bajos de SiO_2 , y tiene una correlación negativa entre Al_2O_3 y SiO_2 , grupo en el que se encuentran piroxenos procedentes de las dos muestras analizadas. Los piroxenos de la muestra 14263 representan un rango de composiciones más extremo dentro de este grupo. En segundo lugar, hay un grupo

menos numeroso, formado mayoritariamente por piroxenos de la muestra 14043, con contenidos bajos en Al_2O_3 , TiO_2 y Al^{IV} y altos en SiO_2 . La diferenciación entre los dos grupos es clara en el diagrama Al_2O_3 vs SiO_2 (Fig. 6.2A) pero también es visible, con mayor dificultad, en el diagrama TiO_2 frente a $50 \times \text{Al}^{\text{IV}}$ (Fig. 6.3B). Cuando se examinan los dos grupos, se puede observar que la diferencia entre ambos no es producto de zonación en los minerales, ya que los centros y bordes de cada mineral quedan siempre encuadrados dentro del mismo grupo.

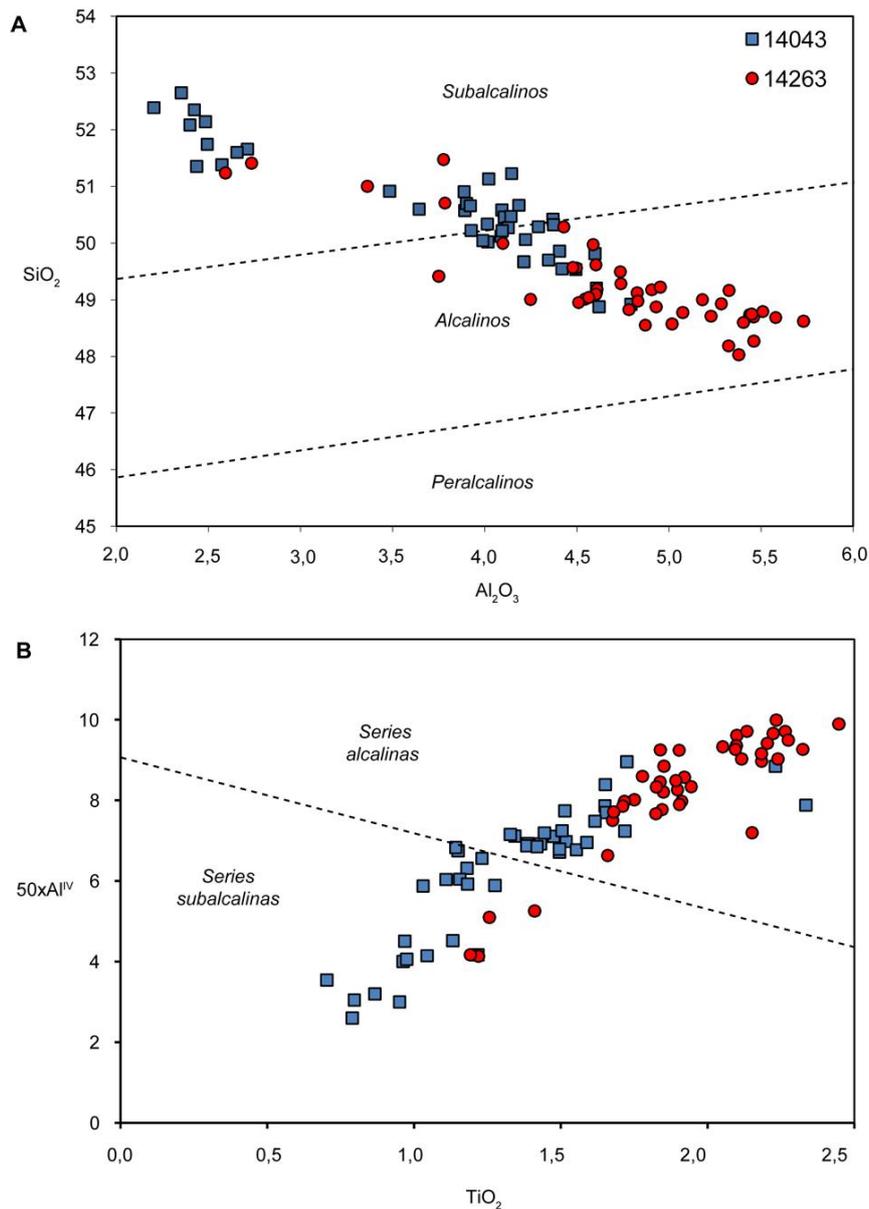


Figura 6.3. Diagramas de discriminación de series ígneas en piroxenos (Le Bas, 1962). A: diagrama Al_2O_3 vs SiO_2 . B: diagrama TiO_2 - $50 \times \text{Al}^{\text{IV}}$. Es llamativa la separación de dos grupos composicionales, principalmente en el diagrama A, aunque también puede observarse en B.

La composición química de los piroxenos puede utilizarse para conocer la naturaleza del magma del que han cristalizado, si bien los resultados que se obtienen son menos fiables que los obtenidos a partir de análisis de roca total y han de tomarse con mucha cautela. Si se utiliza el diagrama Ca+Na frente a Ti propuesto por Leterrier et al. (1982), los clinopiroxenos analizados se disponen claramente en el campo de los basaltos alcalinos (fig. 6.4). Sin embargo, los análisis de la muestra 14043 presentan menores contenidos en Ti y puede además distinguirse, con dificultad, una diferenciación en los dos grupos previamente citados.

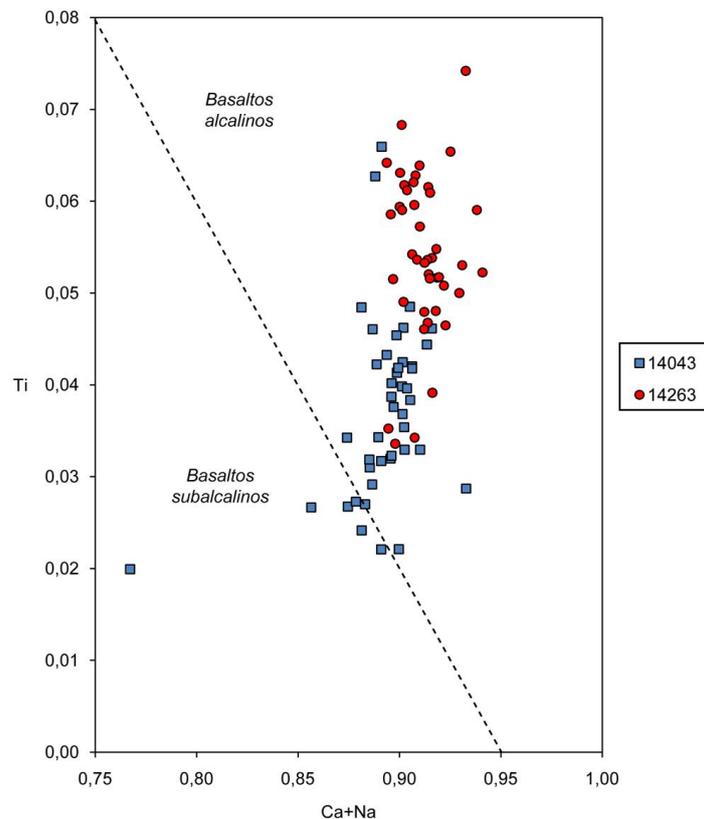


Figura 6.4. Diagrama Ca+Na frente a Ti de discriminación de magma fuente de piroxenos (Leterrier et al., 1982).

Se ha construido el diagrama de discriminantes propuesto por Nisbet y Pearce (1977) con objeto de obtener datos sobre la posible afinidad tectono-magmática de los metagabros (fig. 6.5). Es necesario tener en cuenta que, aunque la química de los piroxenos se puede utilizar para este objetivo, su poder de discriminación es inferior al que puede obtenerse mediante geoquímica de roca total con elementos inmóviles. Tal como puede verse en la figura 6.5, los piroxenos analizados no permiten definir con facilidad el ambiente tectónico. Sin embargo, ocurre algo curioso: los piroxenos de la

muestra 14263 quedan encuadrados casi en su totalidad en el campo de los basaltos alcalinos intraplaca, mientras que los de la muestra 14043 se distribuyen en los campos de basaltos toleíticos intraplaca/basaltos oceánicos y basaltos de arco volcánico/basaltos oceánico.

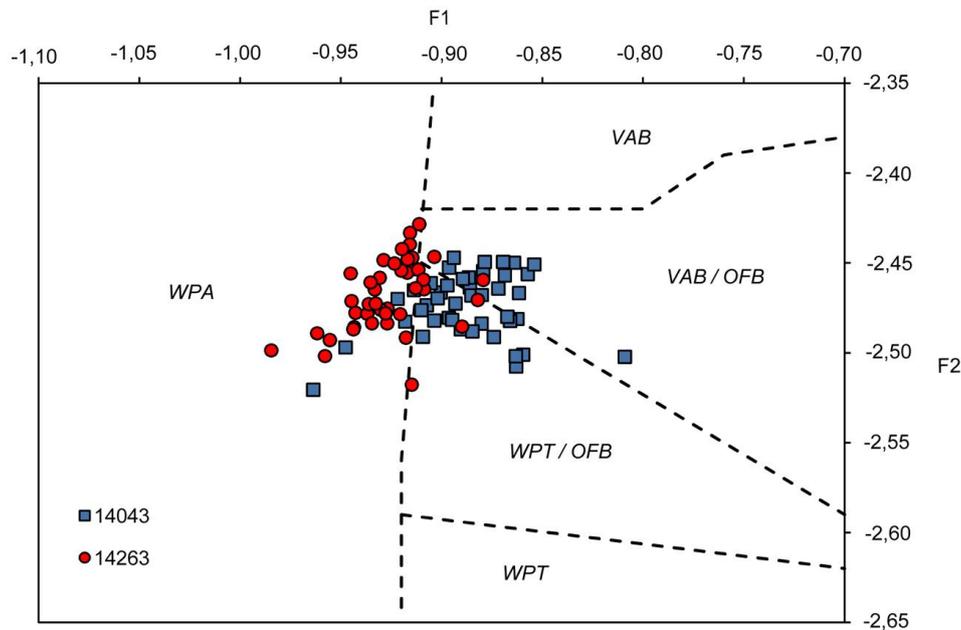


Figura 6.5. Diagrama de discriminación tectono-magmática de Nisbet y Pearce (1977) para piroxenos.

En los diagramas propuestos por Beccaluva (1989), los piroxenos se clasifican siempre en los campos de basaltos oceánicos ricos en Ti (MORB, WOPB), con muchas similitudes en su distribución a los piroxenos de basaltos P-MORB islandeses (fig. 6.6). Dado que este diagrama está diseñado para rocas oceánicas, y que los campos MORB, WOPB e ICB se solapan notablemente, no se pueden sacar conclusiones claras sobre los piroxenos de las ortoanfibolitas. Sin embargo, aparentemente se confirman los resultados obtenidos mediante la geoquímica de roca total: las rocas de Zarza la Mayor-Ceclavín se alejan siempre de los campos de arcos de islas y calcoalcalinos.

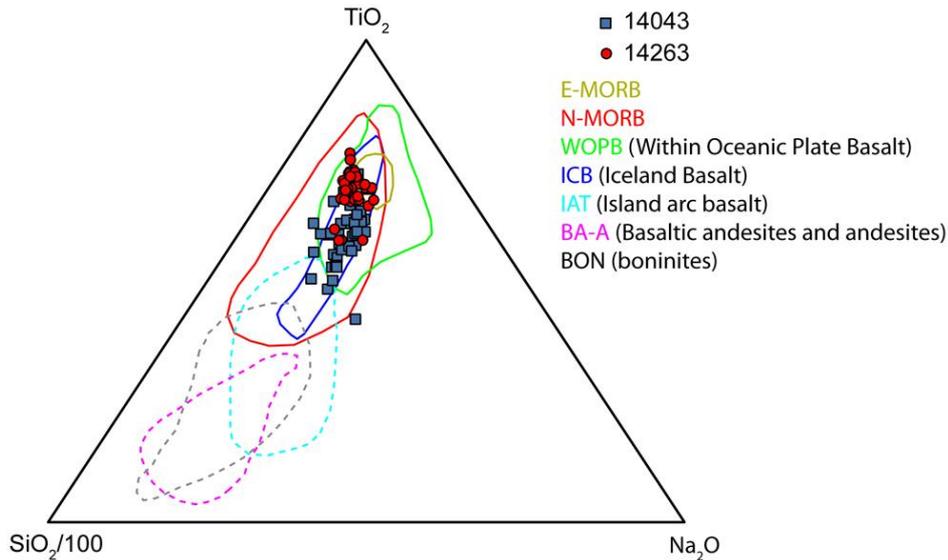


Figura 6.6. Diagrama ternario $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ (Beccaluva, 1989) para clasificación de piroxenos en basaltos ofiolíticos. Al aplicarse a los piroxenos de las ortoanfibolitas, se asemejan a piroxenos de basaltos MORB y basaltos oceánicos intraplaca, y se alejan de los campos de bordes de placa destructivos.

6.1.2. Plagioclasa

Se han analizado las plagioclasas presentes en cuatro muestras de roca metabásica procedentes del área de Ceclavín (96 análisis) y del NW de Zarza la Mayor (41 análisis), tanto fenocristales como cristales de la mesostasis microlítica presente en muchas de ellas. Únicamente se han utilizado los análisis con contenidos totales entre 98% y 102% en peso.

La figura 6.7A muestra el diagrama An-Ab-Or de clasificación de feldespatos (Phillips y Griffen, 1981) de las ortoanfibolitas de Ceclavín. De él se puede deducir que se conserva en gran medida la composición ígnea de las plagioclasas, pese al grado de transformación que presentan las rocas, si bien también existe una importante tendencia a la albitización. Hay una tendencia entre fenocristales a mostrar ligeramente mayor contenido en anortita (An_{20-80}) que los microlitos, con contenidos menores (An_{16-71}), tal como cabría esperar si se conservan las composiciones ígneas. Aunque en el conjunto de las rocas estudiadas no se observa bien, esta tendencia es clara en la muestra 14043 (fenocristales con An_{43-79} y microlitos con An_{16-68}).

En las rocas dioríticas del NW de Zarza la Mayor ocurre algo similar (fig. 6.7B). Las composiciones de las plagioclasas son más restringidas y menos cálcicas (An_{27-73} en

fenocristales y An_{20-40} en microlitos). El rango de composición en fenocristales y microlitos indica que tienden a conservarse las composiciones ígneas, y además, estas parecen ser consistentes con la composición aparentemente más evolucionada de estas rocas.

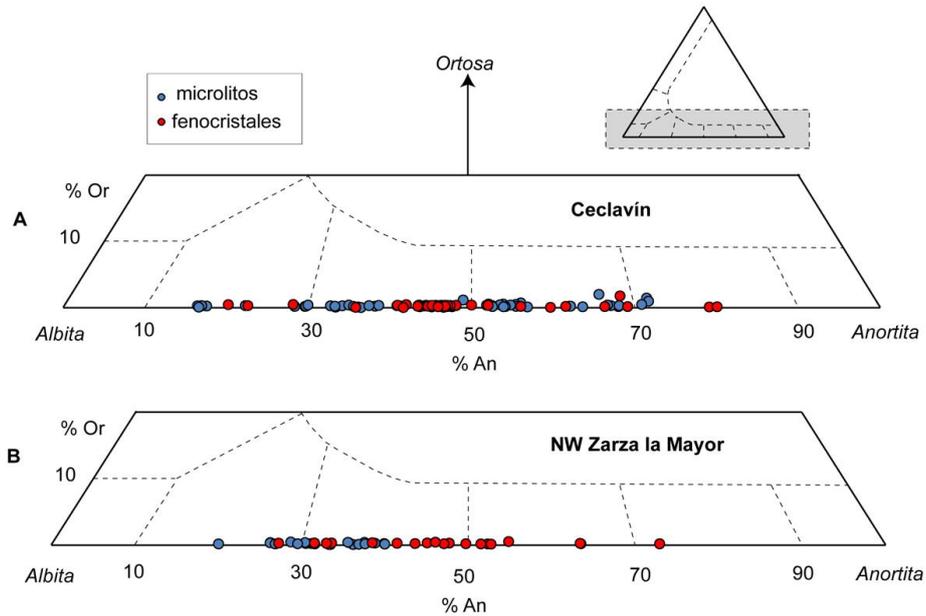


Figura 6.7. Diagrama anortita-albita-ortosa para las plagioclasas del área de Ceclavín (A) y del NW de Zarza la Mayor (B).

Aunque, como se ha comentado, se conserva mayormente la composición ígnea en las plagioclasas, existe una tendencia a la albitización en las mismas, que suele estar localizado en áreas concretas de las muestras y los cristales de plagioclasa. Esto es particularmente visible en muestras con mayor alteración, como la muestra 14263, en que las plagioclasas tienen una composición de An_{17-50} . Los análisis de plagioclasas más sódicas pertenecen frecuentemente a los cristales más saussuritizados.

En las muestras de Ceclavín, el estado de conservación de las plagioclasas hace difícil observar posibles zonados, pero en los fenocristales mejor conservados se observa siempre un zonado normal, con núcleos de mayor contenido en anortita y bordes menos anortíticos. Los núcleos de algunas plagioclasas alcanzan An_{70-80} , mientras que el contenido típico en las zonas de borde es de An_{35-40} , aunque llegan a alcanzarse valores de An_{20} . En las zonas más alteradas de las plagioclasas, próximas a las zonas saussuritizadas, pueden encontrarse contenidos de An_{17-20} . En las plagioclasas microlíticas la composición es más homogénea (An_{45-60}) y no se observan tendencias

claras entre núcleos y bordes. Las imágenes de electrones retrodispersados no muestran zonados aparentes en un fenocristal y un microlito de plagioclasa de aparente buena conservación (fig. 6.8).

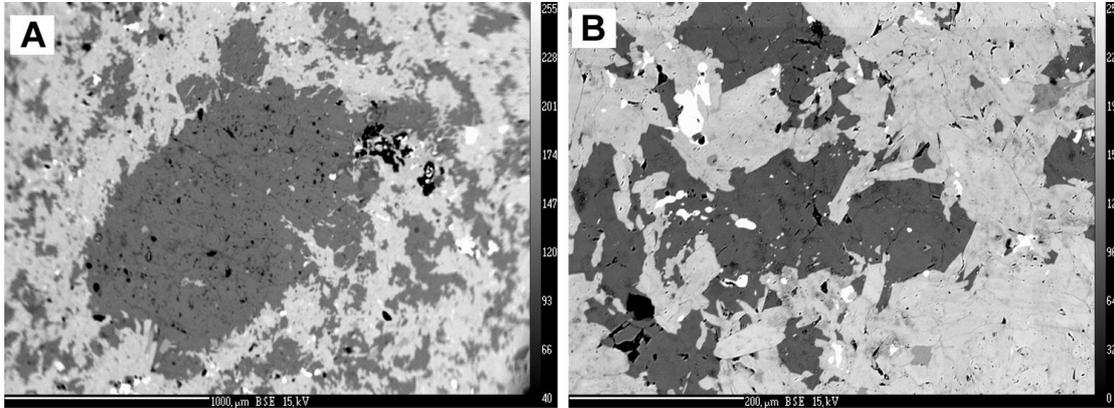


Figura 6.8. Imágenes de electrones retrodispersados (BSE) de (A) un fenocristal de plagioclasa y (B) una plagioclasa de la mesostasis de la muestra 14288.

En la muestra 14286 (NW Zarza la Mayor) se han podido realizar varios análisis en dos grandes cristales de plagioclasa, uno de ellos con crecimiento de anfíbol concéntrico en el interior del cristal, donde el anfíbol rodea a la parte central de la plagioclasa y es un posible indicador de zonado. En la figura 6.9 se muestran los perfiles aproximados obtenidos. Los resultados son diferentes en los dos cristales observados. En uno de ellos (plagioclasa #7), sin anfíbol concéntrico, aparentemente se conserva un zonado normal: las zonas centrales son donde se encuentran los mayores contenidos en anortita (hasta An_{63}), disminuyendo hacia los bordes (An_{27-45}). En la otra plagioclasa medida (plagioclasa #1), el zonado parece ser inverso. El centro del cristal, rodeado por la corona de anfíbol, tiene composiciones de An_{33} , aumentando hasta An_{45-63} en el borde. Es llamativo que, fuera del perfil elegido, uno de los análisis da un resultado de An_{73} , en una posición intermedia en el cristal de plagioclasa.

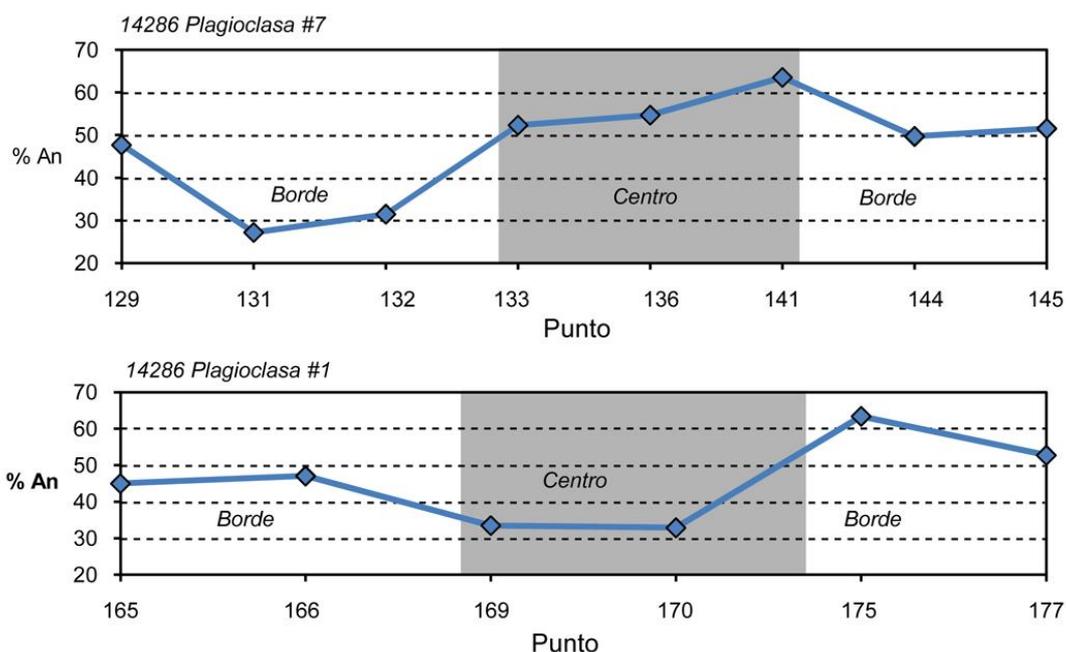


Figura 6.9. Zonado en dos grandes cristales de plagioclasa de la muestra 14286. En el fenocristal 7, existe un zonado normal claro, con centro más anortítico que los bordes, pero en el fenocristal 1, que presenta una corona interna de anfíbol (ver fig. 5.7A), el zonado es aparentemente inverso.

6.1.3. Anfíbol

Petrográficamente se han identificado dos tipos de anfíbol en las ortoanfíbolitas de Ceclavín, de las que éste es, junto a la plagioclasa, el mineral principal que las forma. El llamado anfíbol de tipo 1 aparece en forma de porfidoblastos, tiene color verde pálido y pleocroísmo ligero a moderado. En algunas muestras, parece formar pseudomorfo de otros minerales y a veces contiene restos de piroxeno relicto. El anfíbol de tipo 2 aparece solo en las mesostasis de las rocas, ocupando intersticios entre las plagioclasas. Son cristales de pequeño tamaño (hasta 0,3 mm), color verde intenso y pleocroísmo marcado. En muchas ocasiones forman agregados en abanico o roseta. En las rocas de Zarza la Mayor existe un tercer tipo de anfíbol en forma de inclusiones de pequeño tamaño en los grandes fenocristales de plagioclasa (anfíbol de tipo 3). Son anfíboles fibrosos que forman agregados y en muchas ocasiones dan lugar a coronas internas en las plagioclasas, posiblemente marcando un zonado composicional en las mismas.

De los análisis obtenidos de anfíboles de los tres tipos, se han seleccionado los que presentan un contenido total entre 94 y 98,3% en peso. El número de análisis es de 95

en las rocas de Ceclavín y 47 en las de Zarza la Mayor. La fórmula estructural se ha calculado en base a 23 oxígenos y 13 cationes, excluyendo Na, Ca y K (Leake, 1978; Leake et al., 2004).

En Ceclavín, todos los anfíboles analizados se clasifican en el grupo de los anfíboles cálcicos, y todos ellos pertenecen al subgrupo con $(\text{Na}+\text{K})_{\text{A}} < 0,5$ y $\text{Ti} < 0,5$ salvo tres análisis que se encuadran en el grupo con $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{\text{VI}}$.

La figura 6.10A muestra el diagrama Si-Mg* de clasificación de los anfíboles del grupo $[(\text{Na}+\text{K})_{\text{A}} < 0,5; \text{Ti} < 0,5]$. Los dos grupos petrográficos se solapan entre sí y solo se diferencian por el rango composicional. El anfíbol de tipo 1 tiene contenidos en Si entre 6,3 y 7,7 apfu, clasificándose como magnesio-hornblenda a actinolita, mientras que el anfíbol de tipo 2 presenta un rango algo más restringido, clasificándose principalmente como magnesio-hornblenda. En ambos casos es clara la correlación negativa entre Si y Mg*. Los tres análisis del grupo $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{\text{VI}}$ se clasifican como edenita y edenita silíceas (fig. 6.10B).

En las rocas dioritoides del NW de Zarza la Mayor, la composición de los anfíboles es algo diferente. Todos son anfíboles cálcicos, y hay una diferenciación clara entre el tipo 1, y los anfíboles de los tipos 2 y 3 (inclusiones). Los anfíboles del tipo 1 pertenecen al grupo $[(\text{Na}+\text{K})_{\text{A}} < 0,5; \text{Ti} < 0,5]$ y tienen una distribución similar a los anfíboles de Ceclavín, pero algo más restringida (tendencia principalmente actinolítica) (fig. 6.10C). La correlación entre Si y Mg* es negativa. Los tipos 2 y 3 se encuadran en el grupo con $\text{Fe}^{3+} < \text{Al}^{\text{VI}}$ y se clasifican como pargasita ferrosa (mayoritariamente anfíboles de tipo 3) y pargasita hornbléndica ferrosa (tipo 2) (fig. 6.10D).

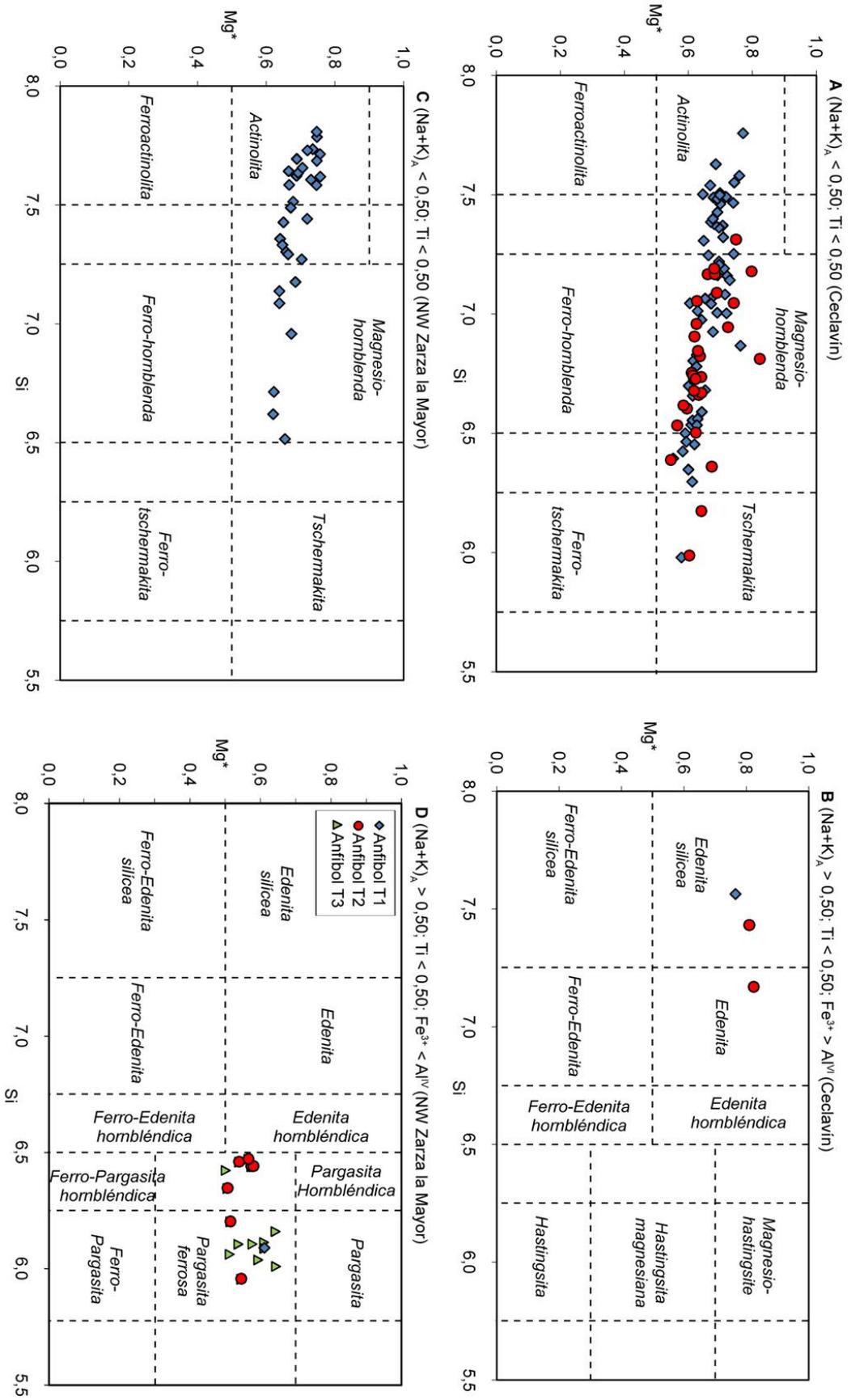


Figura 6.10. Diagramas de clasificación de anfíboles cálcicos (Leake, 1978; Leake et al., 2004). A y B: rocas de Ceclavín. C y D: rocas del NW de Zarza la Mayor.

Para obtener una aproximación del significado genético de los tres tipos de anfíbol, se ha utilizado el diagrama empírico Si-Ti (Leake, 1965), mediante el cual se puede diferenciar entre anfíboles ígneos y metamórficos (fig. 6.11). La distribución es diferente en las dos localidades y tipos de roca. En Ceclavín se diferencian dos grupos, uno de tendencia subhorizontal, claramente metamórfica, y un segundo grupo con cierta tendencia a anfíbol ígneo. Si se examinan las muestras por separado, se observa que este segundo grupo se encuentra únicamente en las muestras 14288 y 14293 (pórfidos).

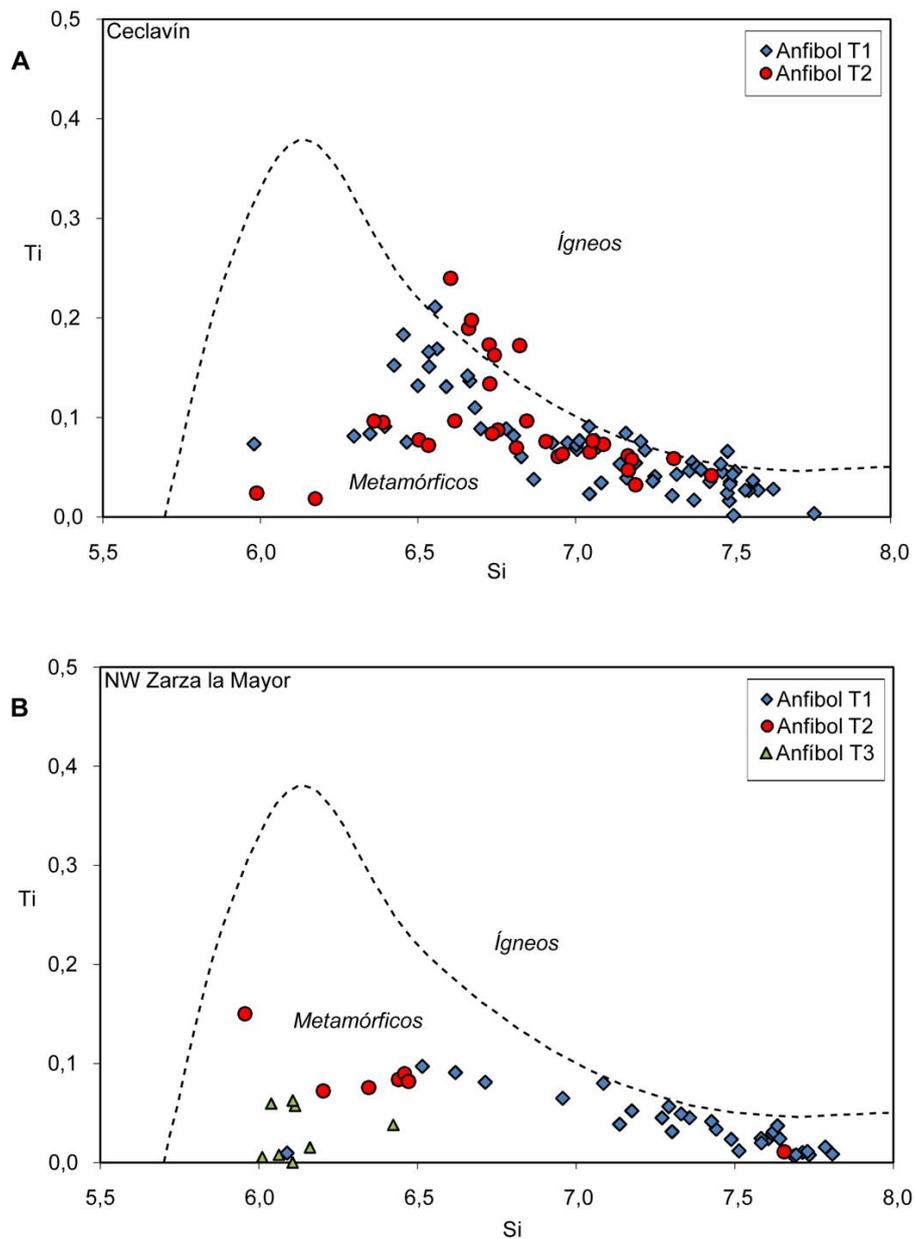


Figura 6.11. Diagrama Si-Ti (Leake, 1965) para los anfíboles de las rocas de Ceclavín (A) y del NW de Zarza la Mayor (B).

La distribución de los anfíboles de Zarza la Mayor es únicamente metamórfica y hay una mejor distinción entre los tipos de anfíbol: los de tipo 1 presentan mayores contenidos en Si que los tipos 2 y 3 ($Si < 6,5$). Existe una correlación ligeramente negativa entre Si y Ti,

6.1.4. Clorita

La clorita es un mineral escaso que, en las rocas estudiadas en la microsonda, aparece principalmente en las zonas de saussuritización de la plagioclasa o bien formando pequeñas venas en la roca. Se han podido obtener únicamente 13 análisis válidos, con contenidos totales entre 84 y 88% en peso, de los que se ha calculado la fórmula estructural en base a 10 cationes y 14 oxígenos (Laird y Albee, 1981). Todas las cloritas analizadas pertenecen a rocas del área de Ceclavín.

Las cloritas analizadas se caracterizan por una alta homogeneidad y presentan contenidos en Si de 2,81 a 2,91 apfu y Fe^{2+} entre 1,64 y 2,01 apfu. Estos datos hacen que todas ellas se clasifiquen como picnocloritas (fig. 6.12) en el diagrama de Hey (1954).

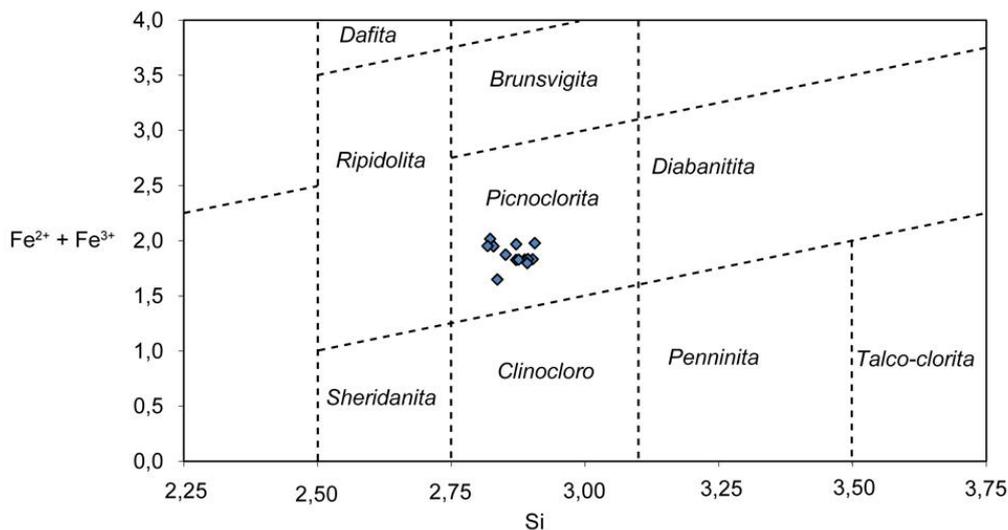


Figura 6.12. Diagrama de clasificación de cloritas de Hey (1954).

6.1.5. Biotita

Las biotitas son minerales muy escasos en las rocas estudiadas y solo han podido identificarse en dos muestras entre las analizadas en la microsonda, un pórfido (14043) del área de Ceclavín y una roca dioritoide (14286) del NW de Zarza. De los 8 análisis

disponibles, seis proceden de esta última y solo dos de la muestra de Ceclavín, y todos tienen contenidos totales entre 91 y 95%. La fórmula estructural se ha calculado basándose en Bruijn et al. (1983), con 11 oxígenos y utilizando la relación $Fe^{2+}-Fe^{3+}$.

Si se representan en el diagrama Fe^*-Al^{IV} de Deer et al. (1962), se observa que todos los análisis quedan proyectados en el campo de las biotitas normales aunque ya próximas al campo de las flogopitas. Las dos biotitas de la roca gabroica tienen valores mayores de Fe^* que las de la roca diorítica, aunque debido al escasísimo número de análisis, nada puede afirmar con seguridad.

En un intento de determinar el posible origen de estas biotitas, se ha utilizado el diagrama triangular de Nachit et al. (1985), que representa en sus vértices los parámetros $FeO+MnO$, MgO y $10xTiO_2$. Aunque de nuevo conviene resaltar la escasez de datos, las biotitas del pórfido se proyectan en el campo de las biotitas primarias, y las de la roca diorítica en la zona intermedia entre las biotitas primarias y las reequilibradas en procesos metamórficos, lo que indicaría un reequilibrado incipiente de estos minerales en las condiciones de metamorfismo de bajo grado experimentado por estas rocas.

6.1.6. Minerales del grupo de la epidota

Se han obtenido un total de 10 análisis válidos de minerales del grupo de la epidota presentes en muestras del área de Ceclavín y 16 en las rocas del NW de Zarza la Mayor, de las cuales 5 corresponden a minerales dispersos en la roca, y 11 a las venas de clinozoisita que se encuentran en la muestra 14285. Estos análisis que se han seleccionado por presentar contenidos totales de entre 94 y 98% en peso. La fórmula estructural ha sido calculada en base a 8 cationes y 12,5 oxígenos (Armbruster et al., 2006).

Todos los análisis se clasifican como clinozoisitas siempre sobre el eje epidota-clinozoisita, con un rango composicional variable según el grupo del que se trate (fig. 6.13A). En Ceclavín, el valor de X_{czo} está entre 50,6 y 75,1, y en el NW de Zarza, el rango es 63,0-75,4. En las venas de clinozoisita el rango composicional es más restringido y comprende valores de X_{czo} entre 50,7 y 65,3. El contenido en pistacita es bastante homogéneo y se sitúa entre 8 y 16% en las rocas de Ceclavín; entre 8 y 12% para las rocas dioríticas del NW de Zarza la Mayor y entre 11 y 16% en las venas de epidota que aparecen en esta última roca.

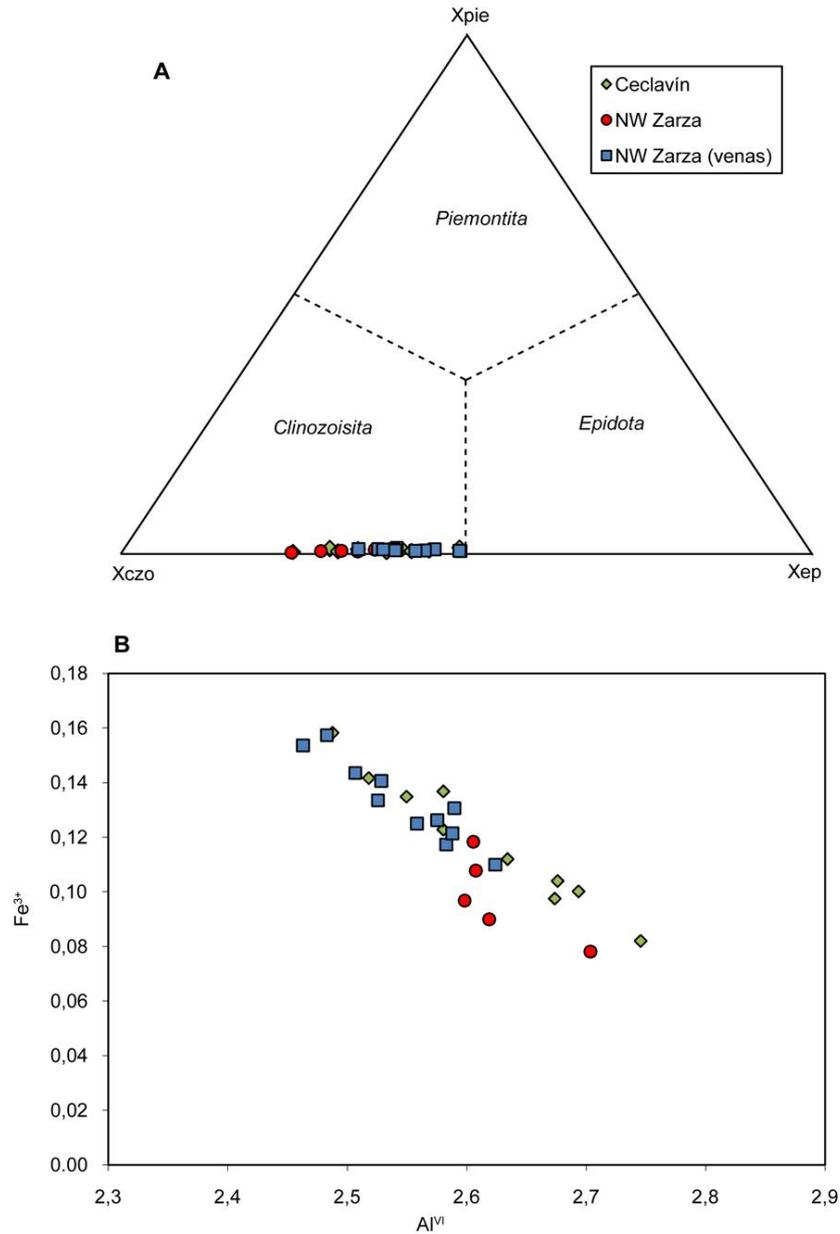


Figura 6.13. Minerales del grupo de la epidota. A: Diagrama triangular de clasificación, en el que todos los análisis se proyectan en el campo de la clinozoisita. B: Diagrama Al^{VI} versus $X_{Fe^{3+}}$ en el que se observa la buena correlación entre ambos parámetros en dos de los grupos diferenciados.

Si se representan estos minerales en el diagrama Al^{VI} - $X_{Fe^{3+}}$ también se pueden apreciar diferencias entre los tres grupos de clinozoisitas (fig. 6.13B). Existe una muy buena correlación lineal entre el Al^{VI} y Fe^{3+} en Ceclavín y en las venas de epidota de Zarza, y una correlación peor en las clinozoisitas dispersas de Zarza. Además, se puede señalar que la composición rica en Al de las clinozoisitas es coherente con su formación por albitización de plagioclasas (Grapes y Hoskins, 2004), y a su vez con su posición textural en relación a las mismas.

6.1.7. Apatito

Solo ha sido posible analizar cuatro cristales grandes de apatito presentes en una muestra procedente del área del NW de Zarza la Mayor. Todos los análisis presentan contenidos totales entre 100 y 101% en peso. La fórmula estructural se ha calculado en base a 26 oxígenos. Los apatitos de esta muestra pertenecen al grupo del fluorapatito y tienen contenidos de F entre 1,03 y 1,53%. El contenido en Mg es muy bajo y tienden a aproximarse algo más al polo del Mn que al del Fe en el diagrama ternario Mn^{2+} - Mg^{2+} - Fe^{2+} .

6.1.8. Ilmenita

La ilmenita es el mineral opaco principal que aparece en las rocas estudiadas. Se han podido obtener 22 análisis de ilmenita, con contenidos totales entre 99 y 101%, de los cuales 8 pertenecen al área de Ceclavín y 14 al NW de Zarza. Todos presentan una alta homogeneidad, con contenidos de Fe y Ti próximos a los estequiométricos. El Mg se sitúa en valores comprendidos entre 0,004 y 0,009 apfu en las rocas gabroicas de Ceclavín, y entre 0,008 y 0,012 apfu en las rocas dioríticas del NW de Zarza la Mayor. El contenido en Mn es muy homogéneo en las dos localizaciones y se mantiene en torno a 0,04 apfu.

6.2. Plagioclasita

6.2.1. Plagioclasa

Las plagioclasas forman aproximadamente el 95% de la vena estudiada, por lo que se trata de una roca prácticamente monominerálica. Se ha utilizado el mismo criterio de selección que las plagioclasas de las metabasitas, es decir, han sido utilizados únicamente los análisis con contenidos totales entre 98 y 102%. Así, el número de análisis disponibles es de 53.

El diagrama triangular An-Ab-Or de clasificación de feldespatos feldespatos (Phillips y Griffen, 1981) muestra que las plagioclasas de esta vena se clasifican como albitas con un restringido rango composicional de An_{2-10} (Fig 6.14). No se observan tendencias coherentes entre centros y núcleos que puedan indicar un posible zonado, aunque si puede decirse que dentro de un mismo cristal pueden encontrarse puntos en todo el rango de composición indicado.

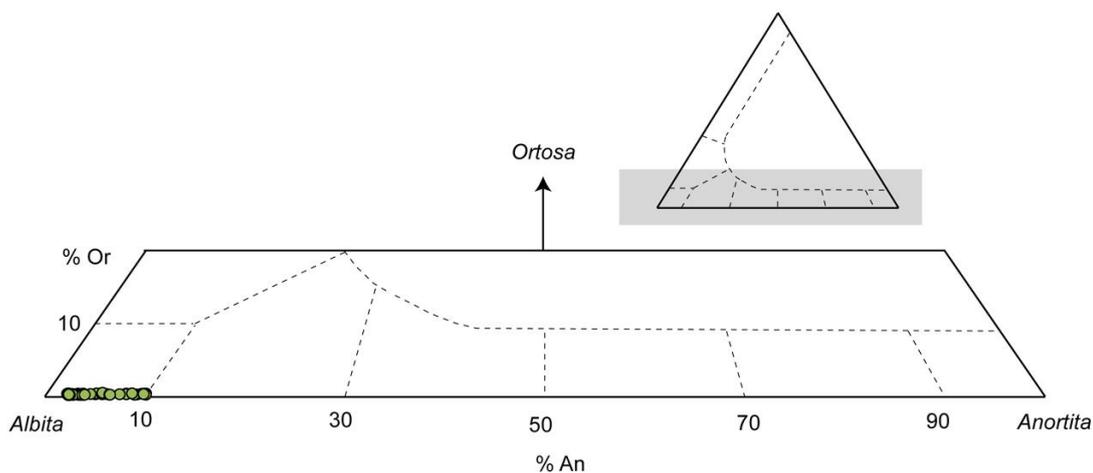


Figura 6.14. Diagrama anortita-albita-ortosa para clasificación de feldespatos. Las muestras de la plagioclasita se clasifican en el campo de la albita, con un restringido rango composicional (An_{2-10}).

6.2.2. Clorita

La clorita es un mineral escaso en la plagioclasita y aparece disperso en la roca, generalmente asociado a zonas con calcita y clinozoisita. Se han podido obtener únicamente 9 análisis válidos, con contenidos totales entre 84 y 88%, de los que se ha calculado la fórmula estructural en base a 10 cationes y 14 oxígenos (Laird y Albee, 1981).

El diagrama de clasificación de Hey (1954) muestra que las cloritas de la plagioclasita son similares a las cloritas que aparecen en las metabasitas (fig. 6.15); todas ellas se clasifican como picnocloritas, con contenidos en Si entre 2,79 y 2,89 apfu, y de Fe^{2+} entre 2,01 y 2,30 apfu. El contenido en Fe^{2+} es superior al que presentaban las cloritas de las rocas metabásicas.

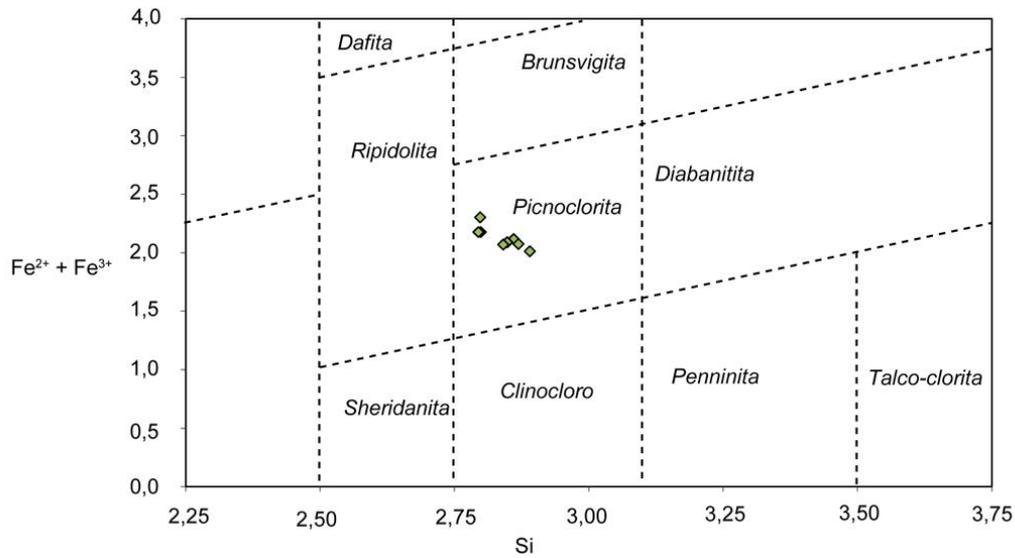


Figura 6.15. Diagrama de clasificación de las cloritas de la plagioclasita (Hey, 1954).

6.2.3. *Minerales del grupo de la epidota*

Se han obtenido únicamente 5 análisis válidos de minerales del grupo de la epidota en la roca plagioclásica, análisis que se han seleccionado por presentar contenidos totales de entre 94 y 98%. La fórmula estructural ha sido calculada en base a 8 cationes y 12,5 oxígenos (Armbruster et al., 2006). Todos quedan clasificados como clinozoisita, con valores de X_{czo} entre 58,4 y 67,6 (fig. 6.16). Aunque el número de datos es escaso, puede verse que la correlación entre Al^{VI} y Fe^{3+} es negativa y similar a las epidotas de las rocas metabásicas.

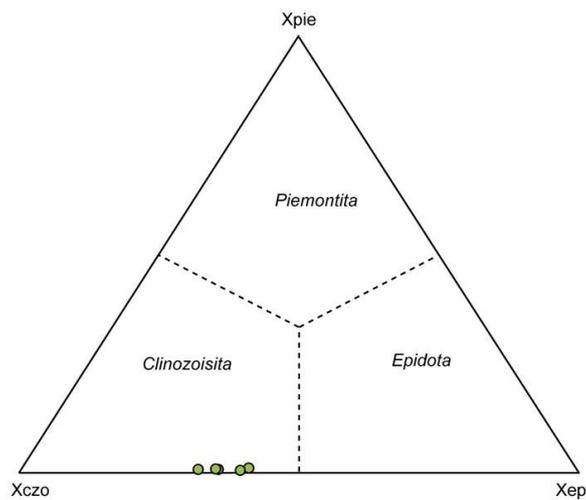


Figura 6.16. Diagrama de clasificación de los minerales del grupo de la epidota de la plagioclasita. Todos se clasifican como clinozoisita.

6.2.4. Carbonato

En la vena plagioclásica, el carbonato aparece asociado principalmente a clorita y, en menor medida, a clinozoisita. Se han obtenido 13 análisis de cristales de carbonato presentes en esta roca, obteniéndose la fórmula estructural en base a 2 cationes (Dymek et al., 1988).

Todos los análisis corresponden a calcita casi estequiométrica (CaCO_3), con contenidos de Ca entre 0,97 y 1,00 apfu. Los contenidos de Mg, Fe^{2+} y Mn alcanzan un máximo de 0,01 apfu.

7. GEOQUÍMICA DE ROCA TOTAL

Se han realizado análisis de roca total sobre 9 muestras recogidas en los afloramientos del NW de Zarza la Mayor, la carretera EX117, Ceclavín y en la zona de Cerro Colorado. De éstas, 8 corresponden a rocas metabásicas y una a la vena plagioclásica que corta a la roca básica en Ceclavín. Los análisis de las muestras 10670, 13042, 14042 y 14043 corresponden a trabajos previos no publicados.

El tratamiento de los datos geoquímicos obtenidos ha consistido en la construcción de diagramas de clasificación tanto clásicos como de elementos inmóviles, y diagramas de Harker para elementos mayores y trazas seleccionadas. También se han realizado diagramas de normalización de REE y elementos traza con respecto a diferentes fuentes (meteoritos condriticos y basaltos de tipo OIB y MORB), y finalmente se han utilizado varios diagramas de discriminación tectono-magmática.

7.1. Rocas metabásicas

Antes de proceder a describir las características geoquímicas de las rocas estudiadas, es preciso señalar que éstas se encuentran afectadas por procesos de metamorfismo de bajo grado y/o hidrotermales, y dos de ellas presentan además un cierto grado de deformación. Tal como se verá más adelante, estos procesos pueden modificar las concentraciones de los elementos químicos más móviles y por tanto influenciar la clasificación de las muestras en los diversos diagramas, particularmente los que utilizan dichos elementos móviles.

7.1.1. Geoquímica de elementos mayores y trazas

La tabla 7.1 presenta las concentraciones de elementos mayores, trazas y REE de las metabasitas. Como puede verse algunos análisis presentan un alto valor de pérdida al fuego (LOI hasta 10%, valor que corresponde a las muestras con mayor alteración). Por ello, para que todos los análisis sean comparables, se han recalculado todos ellos en base anhidra (tabla 7.2).

Muestra	13042	14042	10670	14043	14827	14828	14824	14829
Localidad	NW Zarza	EX-117	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Cerro Colorado	Cerro Colorado
Tipo roca	Gabro	Leucogabro	Gabro	Pórfido	Gabro	Gabro	Leucogabro	Leucogabro
(% en peso)								
SiO ₂	46,87	43,51	46,88	47,13	45,76	47,33	42,20	43,74
TiO ₂	1,51	1,32	2,60	1,71	2,13	1,79	2,20	1,14
Al ₂ O ₃	18,00	17,62	16,13	17,42	17,32	15,66	14,31	20,08
FeOt	9,31	8,40	11,88	10,73	11,61	12,15	11,65	7,23
MgO	8,04	4,96	6,57	7,31	8,31	9,17	5,20	4,25
MnO	0,15	0,13	0,18	0,17	0,17	0,19	0,23	0,10
CaO	11,43	9,08	7,64	10,13	9,95	8,62	7,50	8,33
Na ₂ O	2,96	1,28	3,29	2,98	2,85	2,96	5,01	2,15
K ₂ O	0,24	1,28	1,62	0,72	0,46	0,30	0,22	2,39
P ₂ O ₅	0,18	0,15	0,40	0,19	0,25	0,19	0,30	0,14
LOI	1,61	9,80	1,77	1,49	1,20	1,52	10,92	10,35
Total	100,30	100,01	98,94	99,98	100,01	99,88	99,74	99,91
(ppm)								
As						5	43	
Ba	33	547	244	356	103	269	167	847
Co	56	25	32	53	52	57	30	25
Cr	308	125	235	86	280	82	144	128
Cu	69	27	45	29	88	75	34	32
Ga					20	18	19	17
Hf		3		2	3	3	3	2
Mo					1	1	2	
Nb	10	9	11	11	14	10	20	7
Ni	123	15	133	40	126	98	64	27
Pb	7	6	4	6	4	6	7	4
Rb	7	44	15	29	14	15	6	85
Sc					30	29	22	21
Sr	282	298	405	375	350	273	204	277
Ta		1		1	1	1	1	1
Th	2	1	3	1	1	1	1	1
U	0	0	1	0	3	3	1	1
V	225	227	275	256	289	286	286	185
W					62	50	20	16
Y	18	17	27	22	25	22	29	15
Zn	67	59	79	75	79	78	86	48
Zr	99	108	150	128	148	113	189	79
La		7,76		9,13	12,26	9,55	14,93	6,39
Ce		18,32		21,81	26,33	18,12	31,55	10,22
Pr		2,64		3,04	4,11	3,82	4,85	2,42
Nd		12,73		14,25	17,77	17,18	20,15	10,86
Sm		3,16		3,76	4,21	4,29	4,60	2,66
Eu		1,21		1,33	1,34	1,50	1,41	1,14
Gd		3,31		3,79	3,61	3,84	4,02	2,40
Tb		0,58		0,67	0,67	0,75	0,74	0,46
Dy		3,47		4,20	4,01	4,37	4,48	2,74
Ho		0,68		0,84	0,80	0,89	0,89	0,56
Er		1,89		2,26	2,17	2,46	2,48	1,53
Tm		0,28		0,34	0,30	0,33	0,35	0,23
Yb		1,70		2,02	1,94	2,34	2,30	1,44
Lu		0,25		0,30	0,28	0,33	0,34	0,21
ΣREE		57,98		67,73	79,79	69,75	93,07	43,24
Eu/Sm		0,38		0,35	0,32	0,35	0,31	0,43

Tabla 7.1. Geoquímica de elementos mayores, traza y REE de las rocas metabásicas.

Las rocas estudiadas se caracterizan geoquímicamente por bajos contenidos en peso de SiO₂ (46,3-49,6%), contenidos altos de Al₂O₃ (15,9-22,4%) y bajos de TiO₂ (1,3-2,7%), con un total de álcalis de 2,9-5,9%. El MgO varía entre 4,8-9,3% y el FeOt entre 8,1-13,1%. El P₂O₅ también se sitúa en valores bajos (0,14-0,30%). El índice A/CNK oscila entre 0,65 y 0,94, tratándose de rocas metalumínicas. Estamos, por tanto, ante rocas de composición basáltica.

Las rocas clasificadas petrográficamente como leucogabros presentan un ligero enriquecimiento en SiO₂, además de un empobrecimiento en Mg y contenidos variables en Fe. Otros rasgos geoquímicos de estas rocas son los bajos niveles de Ni y contenido alto de REE en la muestra que presenta menor grado de alteración.

Muestra	13042	14042	10670	14043	14827	14828	14824	14829
Localidad	NW Zarza	EX-117	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Cerro Colorado	Cerro Colorado
Tipo roca	Gabro	Leucogabro	Gabro	Pórfido	Gabro	Gabro	Leucogabro	Leucogabro
SiO ₂	47,49	49,60	48,25	47,85	46,31	48,12	47,52	48,84
TiO ₂	1,53	1,50	2,67	1,74	2,16	1,82	2,48	1,27
Al ₂ O ₃	18,24	20,08	16,60	17,69	17,53	15,92	16,12	22,42
FeOt	9,43	9,57	10,89	10,89	11,75	12,35	13,12	8,07
MgO	8,15	5,65	6,76	7,42	8,41	9,32	5,85	4,75
MnO	0,15	0,15	0,18	0,17	0,17	0,19	0,26	0,11
CaO	11,58	10,35	7,86	10,29	10,07	8,76	8,44	9,30
Na ₂ O	3,00	1,46	3,39	3,03	2,89	3,01	5,64	2,40
K ₂ O	0,24	1,46	1,67	0,73	0,47	0,31	0,25	2,67
P ₂ O ₅	0,18	0,17	0,41	0,19	0,25	0,19	0,34	0,16
Mg#	63	54	52	57	59	60	47	54
A/CNK	0,69	0,88	0,77	0,72	0,74	0,75	0,65	0,94

Tabla 7.2. Geoquímica de elementos mayores de las rocas metabásicas, recalculada en base anhidra. Los datos están en porcentaje en peso.

En cuanto a elementos traza, los bajos valores de Ni (15-133 ppm) y Cr (82-308 ppm) hacen que el magma del que proceden estas rocas no pueda considerarse como primario y sugieren probable fraccionación de olivino y/o clinopiroxeno (Wilson, 1989), ya que los dos elementos particionan de forma fuerte hacia esos minerales. Este punto viene corroborado por los valores de Mg# (47-63), propios de un magma evolucionado.

El cálculo de la norma CIPW se ha realizado de acuerdo al método clásico de Hutchison (1974, 1975). El resultado (tabla 7.3) indica rocas tanto saturadas como subsaturadas en cuarzo, con valores de hasta 6,7% normativo en cuarzo (muestra 14042). Las rocas con olivino normativo (hasta 6,7%) son abundantes. Todas las rocas son de hiperstena normativa salvo uno de los leucogabros de Cerro Colorado (14824), con 3,45% de nefelina normativa.

	13042	14042	10670	14043	14827	14828	14824	14829
Q	0,00	6,76	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00
Or	1,42	8,63	9,87	4,31	2,78	1,83	1,48	15,78
Ab	25,39	12,35	28,69	25,64	24,45	25,47	41,36	20,31
An	35,59	43,92	25,15	32,51	33,47	29,01	17,93	42,52
Ne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	0,00
Di	12,41	1,30	2,01	9,27	6,22	5,92	10,98	0,00
Hy	4,96	13,47	11,86	9,48	9,70	20,47	0,00	7,35
Ol	6,72	0,00	2,84	3,30	5,86	0,00	6,65	3,14
Il	0,32	0,32	0,39	0,36	0,36	0,41	0,56	0,24
Tn	3,34	3,27	6,06	3,80	4,83	3,94	0,00	1,82
Pf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,72	0,00
Ru	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
Ap	0,43	0,40	0,97	0,45	0,59	0,45	0,81	0,38
Total	90,57	90,43	87,82	89,12	88,28	87,65	86,92	91,93

Tabla 7.3. Norma CIPW para las rocas metabásicas (Hutchison, 1974; Hutchison, 1975).

7.1.2. Diagramas de variación de elementos mayores y trazas

Como primera aproximación se han realizado los diagramas de variación de Harker para los elementos mayores y algunos elementos traza seleccionados. Sin embargo, debido por un lado, al escaso número de datos disponible, y por otro lado, al restringido rango composicional de las muestras, no es posible obtener conclusiones sólidas sobre las rocas estudiadas. Para mitigar el segundo de estos problemas, se ha preferido presentar los diagramas de variación frente a MgO, como es común cuando se estudian rocas de naturaleza básica, en lugar de SiO₂.

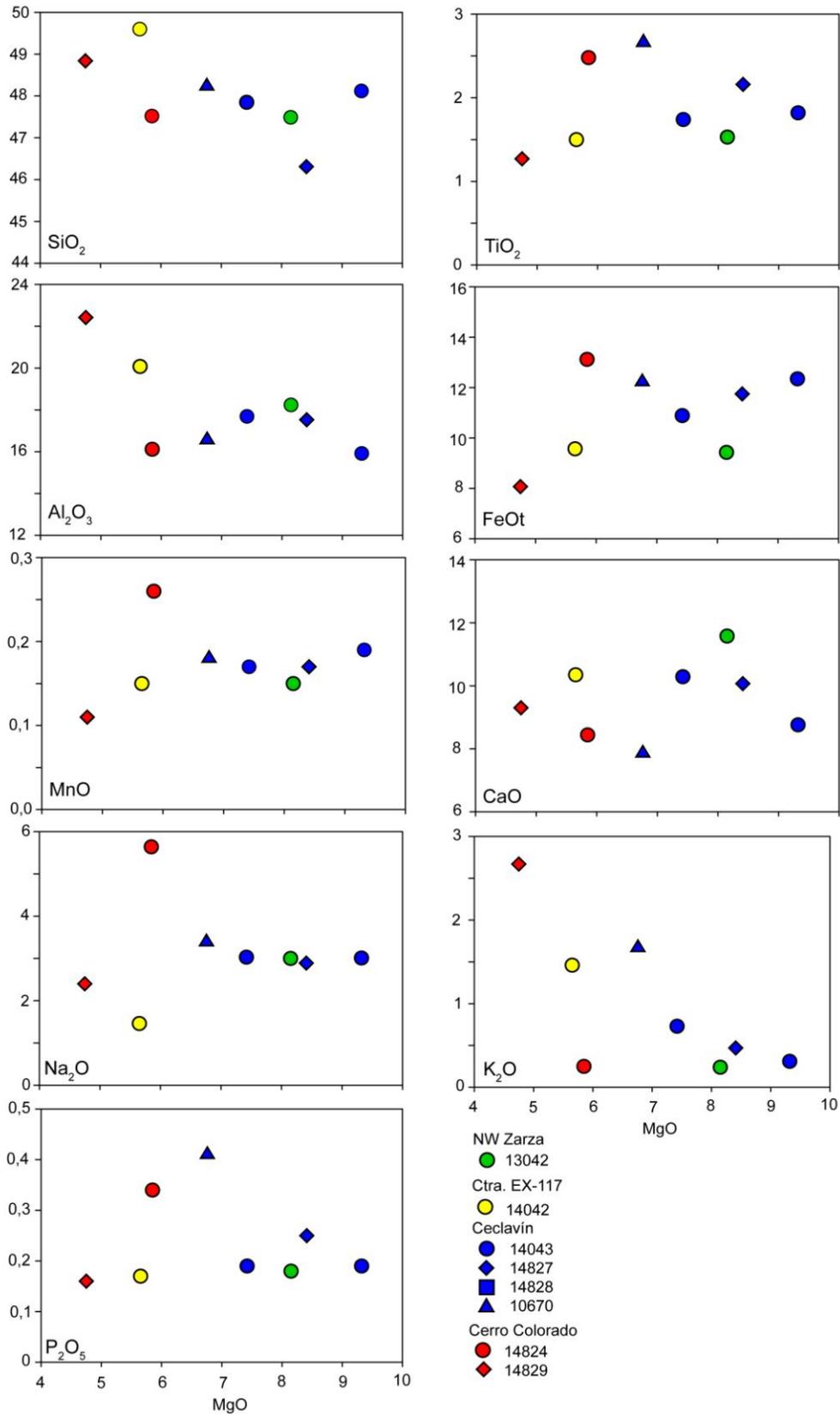


Figura 7.1. Diagramas de variación de Harker de elementos mayores, utilizando el MgO como índice de diferenciación. Todos los datos en % en peso.

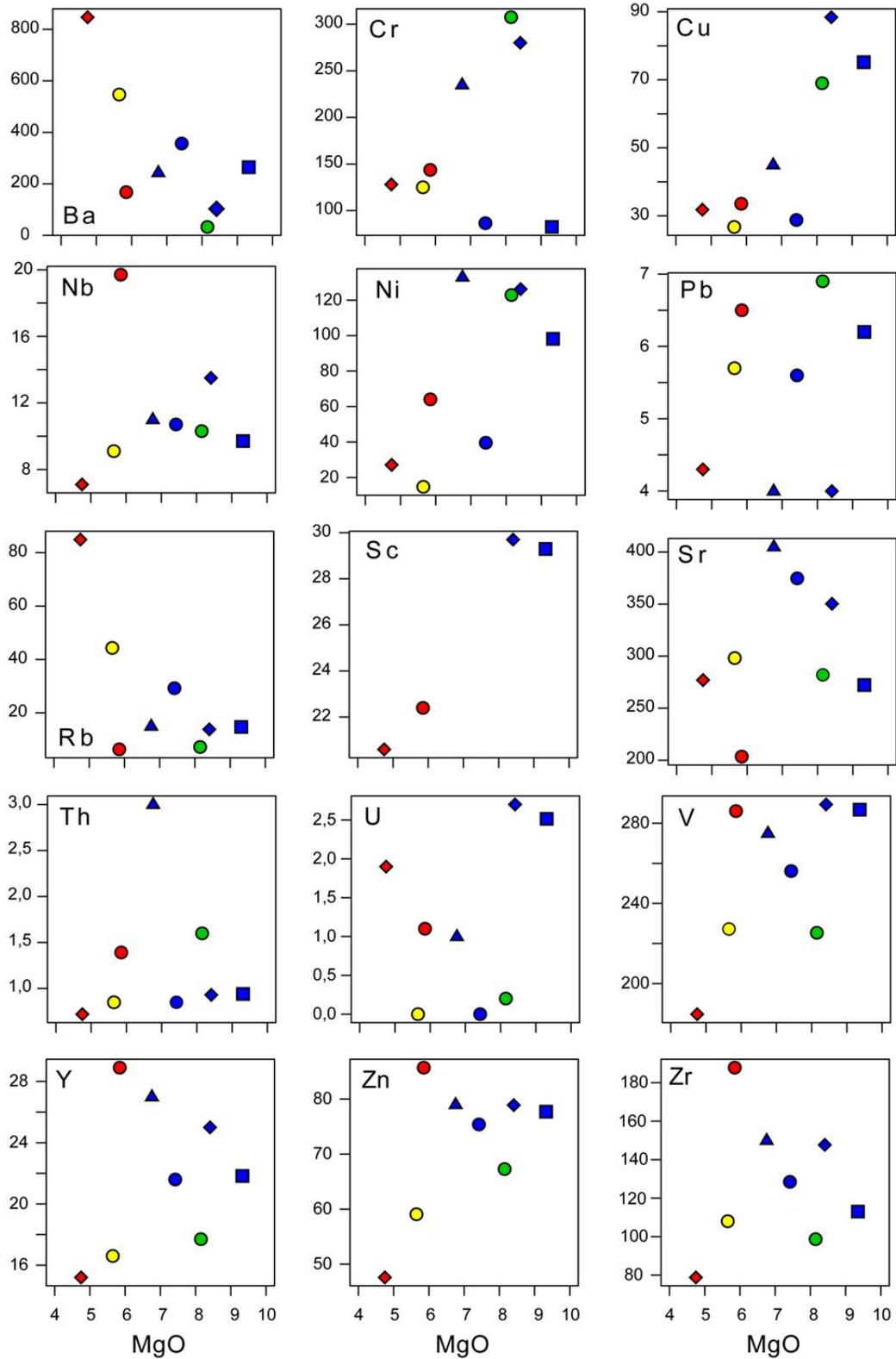


Figura 7.2. Diagramas de variación de elementos traza, utilizando el MgO (en % en peso) como índice de diferenciación. Los datos de elementos traza están en ppm. Símbolos en la figura 7.1.

El aspecto más llamativo de estos diagramas es el hecho de que una de las muestras de Cerro Colorado (14824, clasificada como leucogabro) se aleja visiblemente de las tendencias marcadas por el resto de rocas en muchos elementos. Aunque esto puede ser debido a alteración, llama la atención que otras muestras aparentemente más alteradas apenas se alejan del grupo principal.

Si no se considera la citada muestra, el resto de rocas, si bien con cierta incertidumbre, parecen seguir correlaciones positivas entre MgO y TiO₂, FeO_t, MnO, Na₂O y P₂O₅; y negativas con SiO₂, Al₂O₃ y K₂O. De forma general, estas tendencias son las esperadas si las rocas estuvieran relacionadas entre sí mediante una tendencia de fraccionación, en los que las rocas de menor contenido en MgO (leucogabros de Cerro Colorado y ctra. EX-117) serían los términos más evolucionados.

Conclusiones similares pueden extraerse si se observan los diagramas de variación para algunos elementos menores, principalmente Ni, Ba y Rb. Para Ba y Rb la correlación es negativa, y positiva para el Ni, lo cual sería en principio consistente con una tendencia de fraccionación entre estas rocas.

7.1.3. Diagramas de clasificación

Con objeto de determinar la clasificación y afinidades geoquímicas de las rocas estudiadas, se han construido diversos diagramas utilizados comúnmente para este objeto.

El diagrama TAS para rocas plutónicas (Cox et al., 1979) clasifica todas las muestras dentro del campo de los gabros (fig. 7.3). Las rocas de Ceclavín, Zarza la Mayor y la Ctra. EX-117 quedan representadas próximas a la división entre rocas alcalinas y subalcalinas, mientras que las rocas de Cerro Colorado son aparentemente rocas alcalinas.

En rocas alteradas o con metamorfismo, para obtener una clasificación más precisa es necesario recurrir a clasificaciones que utilizan elementos probablemente inmóviles durante estos procesos. Winchester y Floyd (1977) sugieren el uso de diagramas de discriminación que utilizan el contenido en SiO₂, TiO₂, Nb, Y y Zr y diversas relaciones elementales entre ellos. Los diagramas Nb/Y-Zr/TiO₂ y Zr/TiO₂-SiO₂ (fig. 7.4) muestran que las rocas estudiadas pueden clasificarse como equivalentes a basaltos

subcalinos próximos al campo de los basaltos alcalinos, sin poder distinguirse subgrupos diferenciados.

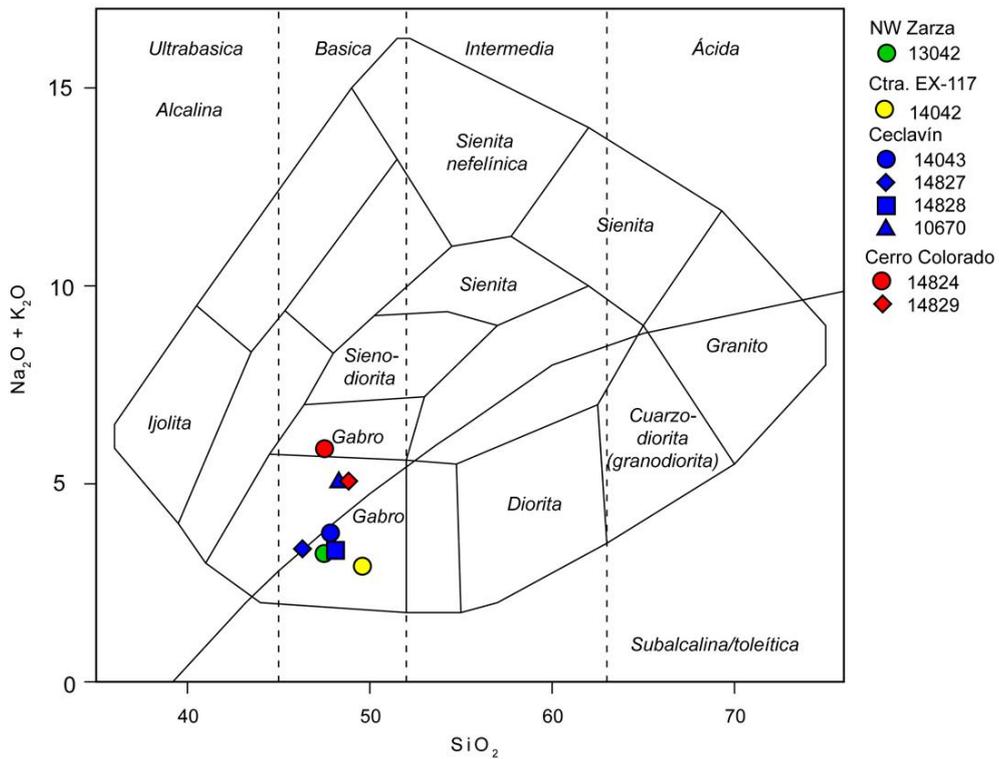


Figura 7.3. Diagrama TAS para rocas plutónicas (Cox et al., 1979).

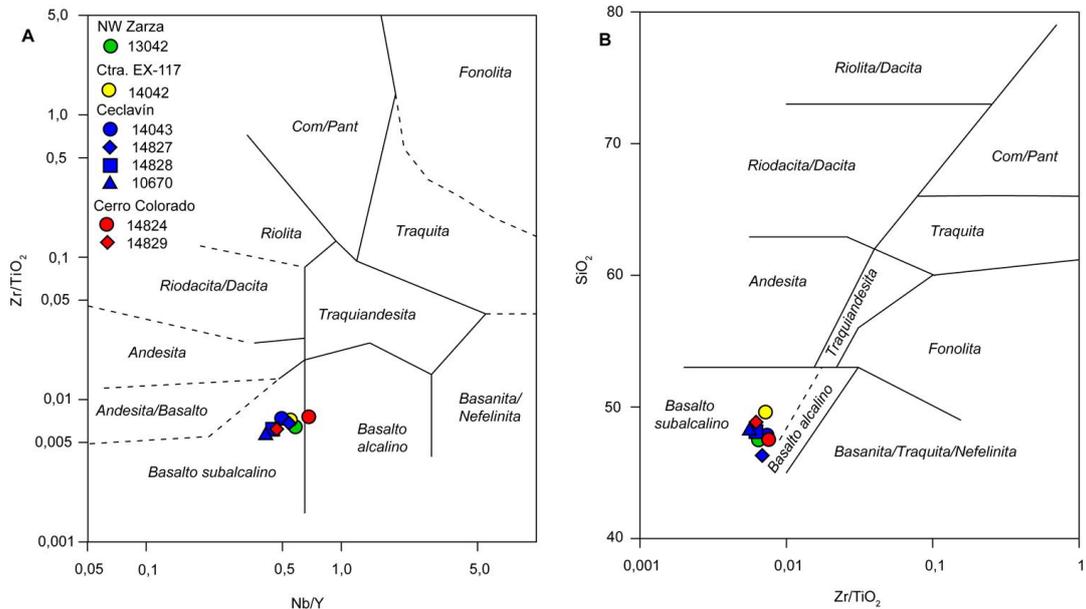


Figura 7.4. Diagramas de clasificación con elementos inmóviles. A: Nb/Y frente a Zr/TiO₂. B: Zr/TiO₂ frente a SiO₂ (Winchester y Floyd, 1977). Las rocas estudiadas tienen una composición en elementos inmóviles equivalente a basaltos subcalinos.

Para discriminar qué tipo de basaltos subalcalinos quedan encuadradas las muestras, la aproximación clásica en rocas no alteradas es el uso del diagrama Al_2O_3 frente al Índice de Alcalinidad [A.I.=(Na_2O+K_2O)/[(SiO_2-43) \cdot 0,17]] (fig. 7.5). Aunque las muestras quedan dentro del campo de los basaltos ricos el Al (salvo una de las muestras de Ceclavín (14828), que se clasifica como un basalto toleítico), la dispersión de las muestras por efecto de la alteración hace que este diagrama no pueda utilizarse para obtener conclusiones sobre la naturaleza de las rocas. Únicamente puede decirse que, aparentemente, las dos muestras con mayor grado de alteración (14042 y 14829) tienden a disminuir su índice de alcalinidad (probable pérdida de Na y/o K o ganancia en Si) y a aumentar su concentración de Al_2O_3 con respecto al resto de rocas.

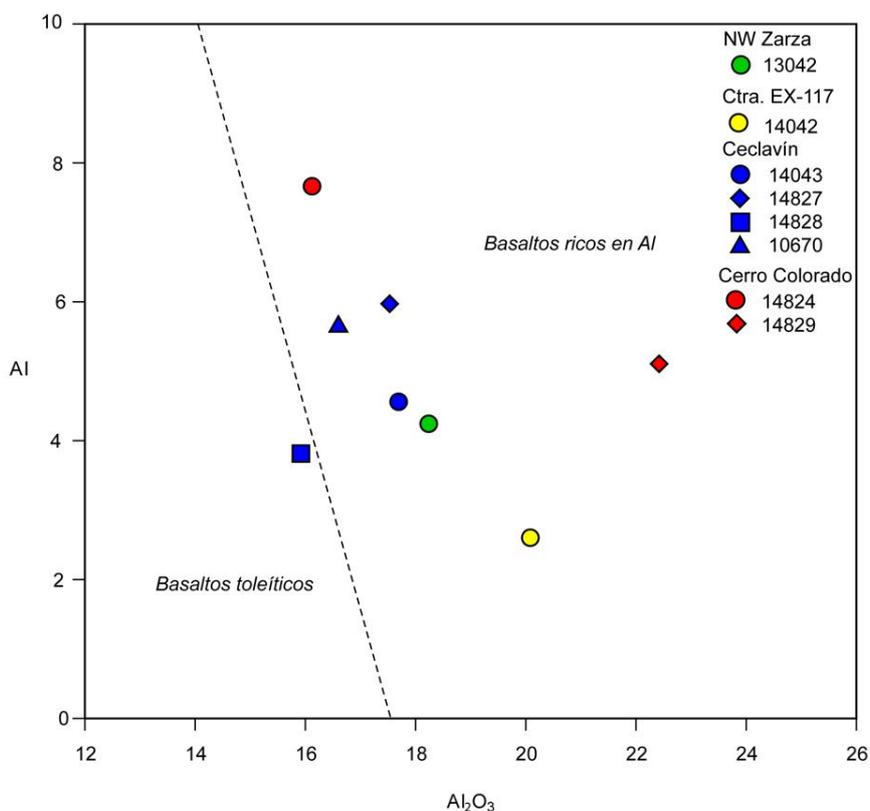


Figura 7.5. Diagrama Al_2O_3 -Índice de Alcalinidad, con la línea de división entre basaltos toleíticos y ricos en Al propuesta por Middlemost (1975). Aunque las rocas metabásicas de Zarza la Mayor muestran características de basaltos ricos en Al, su estado de alteración no permite obtener conclusiones sobre su naturaleza.

Los diagramas SiO_2 vs $FeOt/MgO$ y $FeOt/MgO$ vs TiO_2 de Miyashiro (1974), discriminan con mayor efectividad la afinidad de rocas subalcalinas (fig. 7.6A y 7.6B, respectivamente). Así, los dos diagramas indican que estamos ante rocas de afinidad toleítica. Sin embargo cuando se utiliza el diagrama Y-Zr de Brown (1982), todas las

muestras quedan encuadradas en el campo transicional entre basaltos toleíticos y calcoalcalinos, con relaciones Zr/Y de entre 6 y 7 (fig. 7.6C).

Finalmente, tanto la relación Y/Nb (1,5-2,2) como el diagrama Nb/Y vs Ti/Y (Pearce, 1982), las sitúan como rocas toleíticas próximas al campo transicional salvo una de las muestras (14824), que queda proyectada en el campo transicional (fig. 7.6D). En contraste, las rocas transicionales típicas descritas en la literatura presentan valores de Y/Nb próximos a 1 (Moundi et al., 2007; Kuepouo et al., 2006).

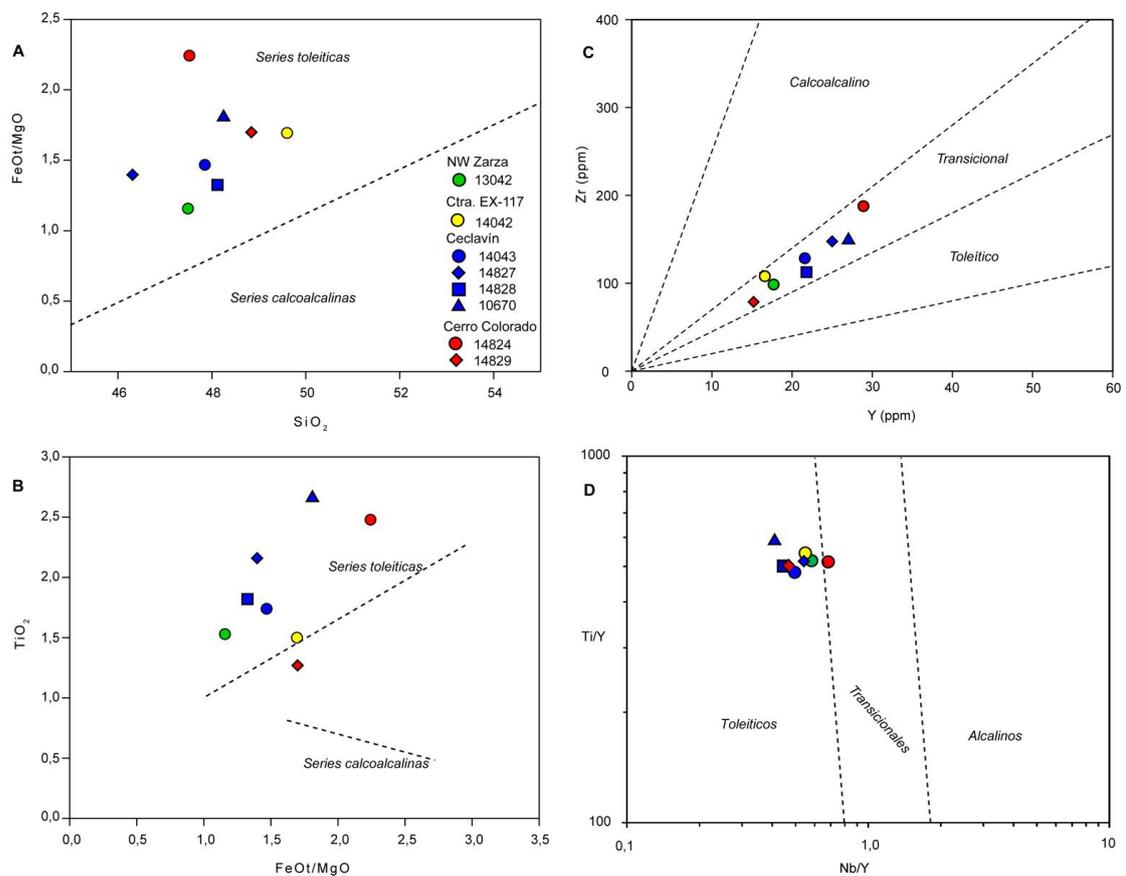


Figura 7.6. Diagramas de clasificación de basaltos subalcalinos. A: diagrama SiO₂ vs FeOt/MgO (Miyashiro, 1974). B: diagrama FeOt/MgO vs TiO₂ (Miyashiro, 1974). C: Diagrama Y-Zr (Brown, 1982). D: Diagrama Nb/Y vs Ti/Y (Pearce, 1982). La representación de las rocas metabasicas en estos diagramas da como resultado una afinidad de basalto toleítico salvo el diagrama Y-Zr de Brown (1982), en el que se proyectan en el campo transicional entre basaltos toleíticos y calcoalcalinos.

7.1.4. Diagramas de normalización de REE y elementos traza

Continuando con la caracterización geoquímica de las rocas, se han construido diagramas de normalización de tierras raras (REE) respecto al condrito de Boynton (1984). Los análisis de REE se han realizado sobre las muestras de Cerro Colorado, Ceclavín y la carretera EX-117, siendo un total de 6 muestras (fig. 7.7).

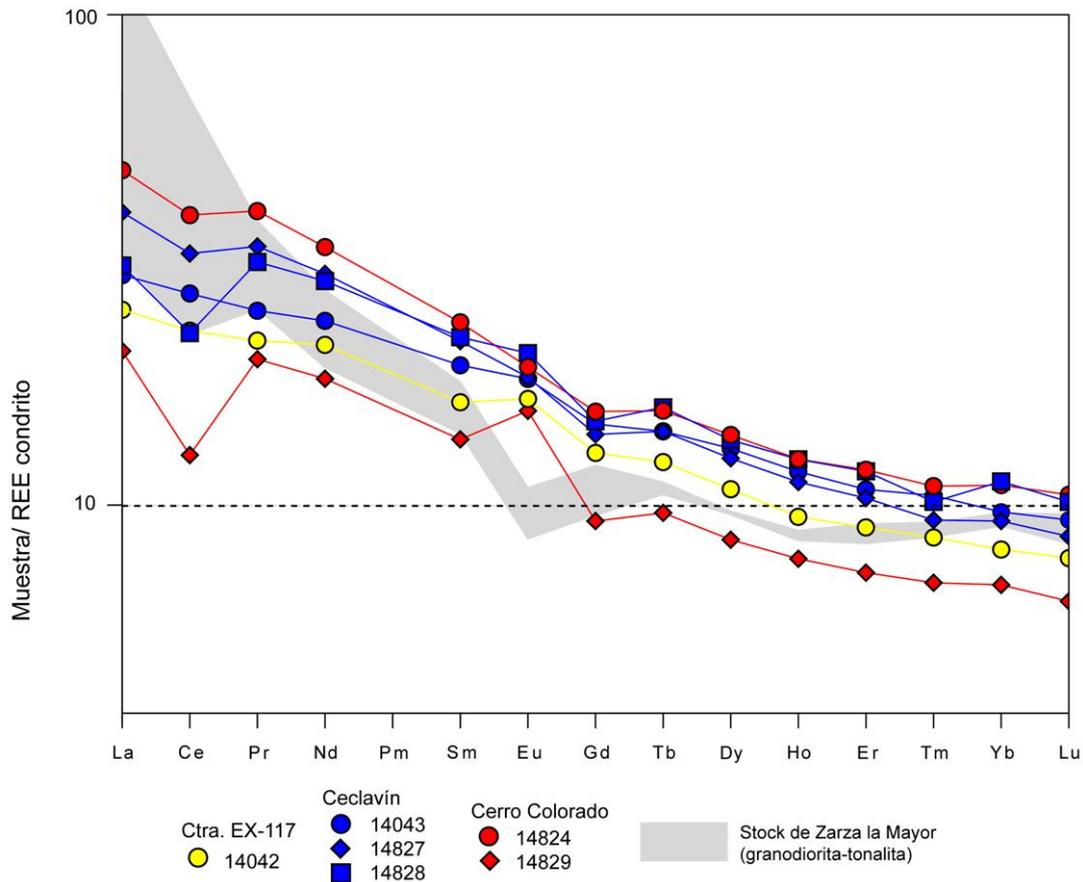


Figura 7.7. Diagrama de normalización de REE con respecto al condrito de Boynton (1984) de las rocas metabásicas. Se representan también datos del stock de Zarza la Mayor a efectos comparativos.

El contenido en REE de las rocas básicas está comprendido entre 43,2 y 79,8 ppm. El espectro de REE muestra una pendiente continua, mayor en LREE, con una tendencia al enriquecimiento en LREE y débiles a inexistentes anomalías positivas de Eu ($Eu/Eu^* = 1,00-1,38$; los valores más altos pueden ser debidos a alteración). También existen anomalías negativas de Ce en algunas muestras ($Ce/Ce^* = 0,63-1,00$). El índice $[La/Yb]_N$ está entre 2,76 y 4,39, lo que indica un grado de fraccionación moderado-alto entre LREE y HREE. La fraccionación en HREE es baja (índice $[Tb/Yb]_N = 1,40-1,53$).

En conjunto los espectros de REE muestran las mayores similitudes son con los basaltos toleíticos continentales de inundación (CFB, “continental flood basalts”), con la diferencia de tener una concentración total de REE inferior a ellos.

Para completar la información aportada por el estudio de REE, se han realizado diagramas de normalización multielementales (diagramas ‘spider’) de las rocas metabásicas, normalizados a meteoritos condriticos y a basaltos N-MORB, E-MORB y OIB.

El diagrama de normalización con respecto al condrito de Thompson (1982) muestra perfiles aproximadamente continuos de pendiente negativa suave (fig. 7.8). Son destacables anomalías negativas en Hf en todas las muestras y la anomalía negativa de Sr en un leucogabro (14824). Además, se aprecia una gran dispersión en el contenido de elementos LILE (Ba, Rb, Th, K, Sr). Las muestras con mayor deformación son las que muestran anomalías positivas de mayor magnitud en K y Rb, y por tanto se puede que decir estas rocas (muestras 14042 y 14829) han experimentado mayor variación de K y Rb y Ba durante el proceso, y en menor medida, Sr.

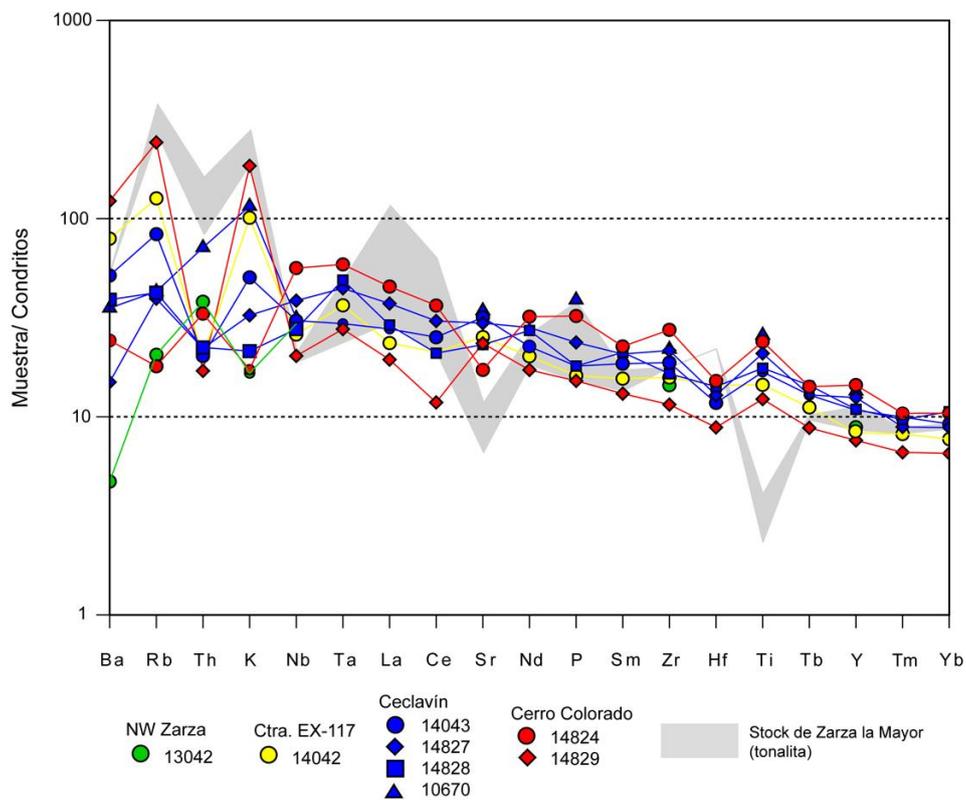
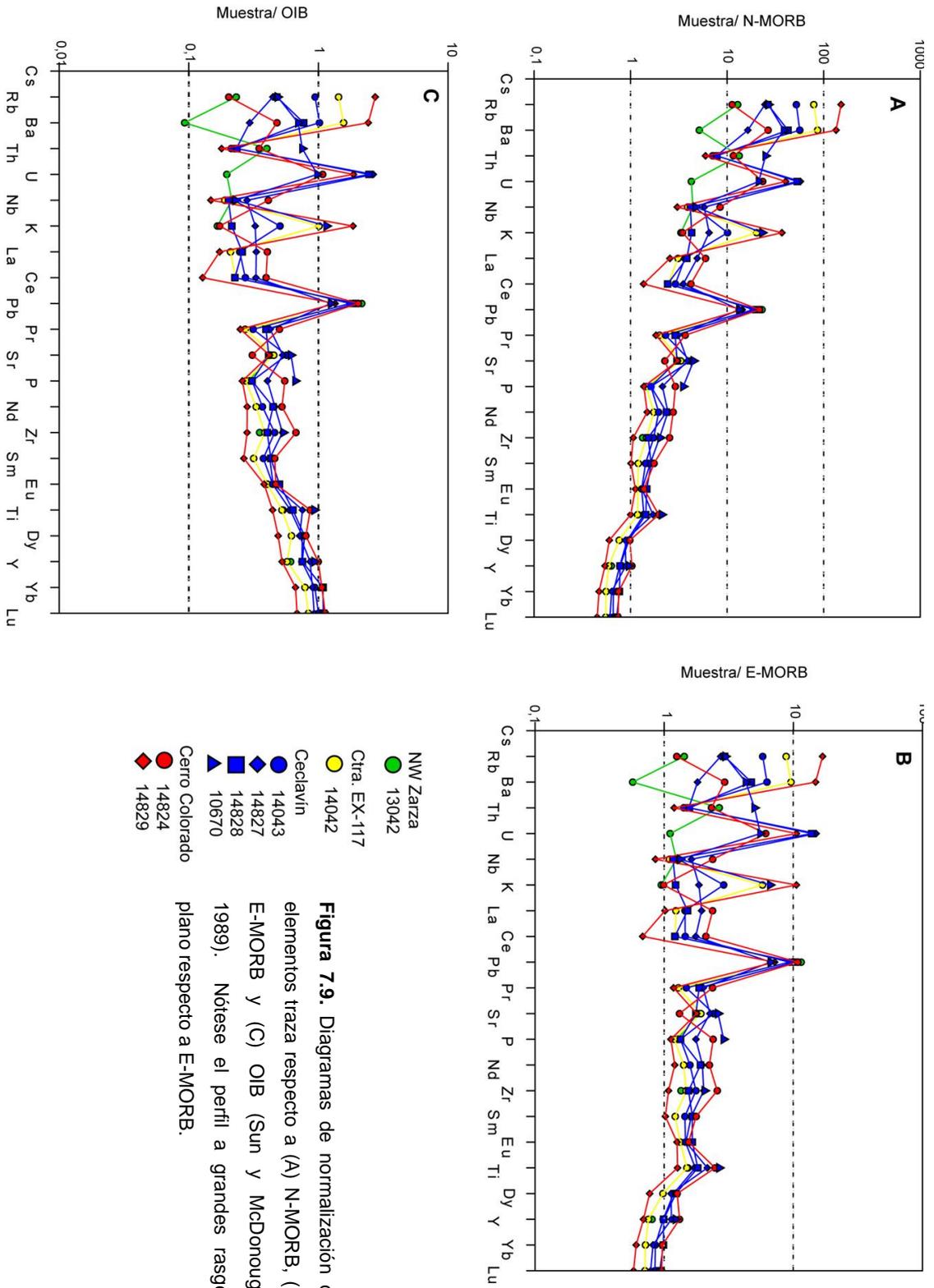


Figura 7.8. Diagrama de normalización de elementos traza respecto a condrito de Thompson (1982). Se representan también datos del stock de Zarza la Mayor a efectos comparativos.

El diagrama normalizado respecto a N-MORB (Sun y McDonough, 1989) muestra características similares (fig. 7.9A). La pendiente general es negativa, con contenidos enriquecidos respecto a N-MORB. De nuevo se aprecia una importante anomalía positiva de Pb y, en algunas muestras, una pequeña anomalía positiva de Sr.

La similitud de las rocas estudiadas con los basaltos toleíticos continentales puede venir corroborada por el diagrama de normalización respecto a E-MORB (fig. 7.9B), donde se observan perfiles aproximadamente planos y ligeramente enriquecidos salvo en Yb-Lu, con contenidos normalizados inferiores a la unidad.

La normalización respecto a los basaltos de islas oceánicas (Sun y McDonough, 1989) muestra contenidos ligeramente empobrecidos respecto a OIB y con una pendiente ligeramente negativa (fig. 7.9C). Destaca la importante anomalía positiva en Pb y una ligera anomalía negativa en Sm-Eu en algunas muestras. Como ya se ha visto, existe una amplia variabilidad en los elementos más móviles (Rb, Ba, Th, K y Sr), y además algunas muestras presentan un marcado pico de U.



7.1.5. Diagramas de discriminación tectono-magmática

Con el objeto de obtener más información sobre la posible afinidad tectónica de las rocas estudiadas, se han representado en diagramas propuestos por varios autores para tal efecto, que utilizan mayoritariamente elementos inmóviles. Es muy importante señalar que estos diagramas deben utilizarse con mucho cuidado por varias razones, entre ellas la variabilidad natural de los diversos tipos basálticos (p. ej., basaltos anómalos influenciados por ambientes concretos); o la movilidad de algunos de los elementos empleados en los diagramas. Además, estos diagramas están optimizados para rocas volcánicas.

El diagrama Ti-Zr-Y (Pearce y Cann, 1973) es efectivo principalmente para discriminar entre basaltos intraplaca y otros tipos basálticos. Así, en la figura 7.10A, todas las muestras analizadas se proyectan en el campo de los basaltos intraplaca (WPB).

El diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986) proyecta las muestras en transición entre los campos AII y C, que es la distribución típica en este diagrama para basaltos toleíticos intraplaca (fig. 7.10B). Sin embargo, hay un grado elevado de superposición entre los campos, de forma que solo los basaltos de tipo E-MORB y los basaltos alcalinos intraplaca pueden ser identificados sin ambigüedades.

Para aclarar las posibles ambigüedades del diagrama de Meschede, se ha utilizado el diagrama Th-Zr/117-Nb/16 (Wood, 1980). Todas las muestras quedan encuadradas en el campo E-MORB/WPT (basaltos toleíticos intraplaca), aunque dos de las muestras se aleja notablemente del grupo (Fig. 7.10C), e incluso una (10670) se proyecta en el campo de los basaltos calcoalcalinos.

Otro de los diagramas que se puede utilizar es el propuesto por Shervais (1982), que representa Ti frente a V. En la figura 7.10D puede verse que las muestras presentan relaciones Ti/V ligeramente inferiores a 50 salvo la muestra 14824, con una relación Ti/V ligeramente superior a 50. Esta distribución se asemeja a la de los basaltos toleíticos tanto continentales como oceánicos, aunque parece haber cierta tendencia hacia basaltos alcalinos. En cualquier caso y confirmando los resultados anteriores, es muy interesante ver que las muestras analizadas se alejan notablemente de los campos de basaltos de arco volcánico y cuencas tras-arco.

El uso de estos cuatro diagramas da resultados consistentes entre ellos, que señalan de forma clara hacia rocas de afinidad toleítica en un contexto tectónico intraplaca.

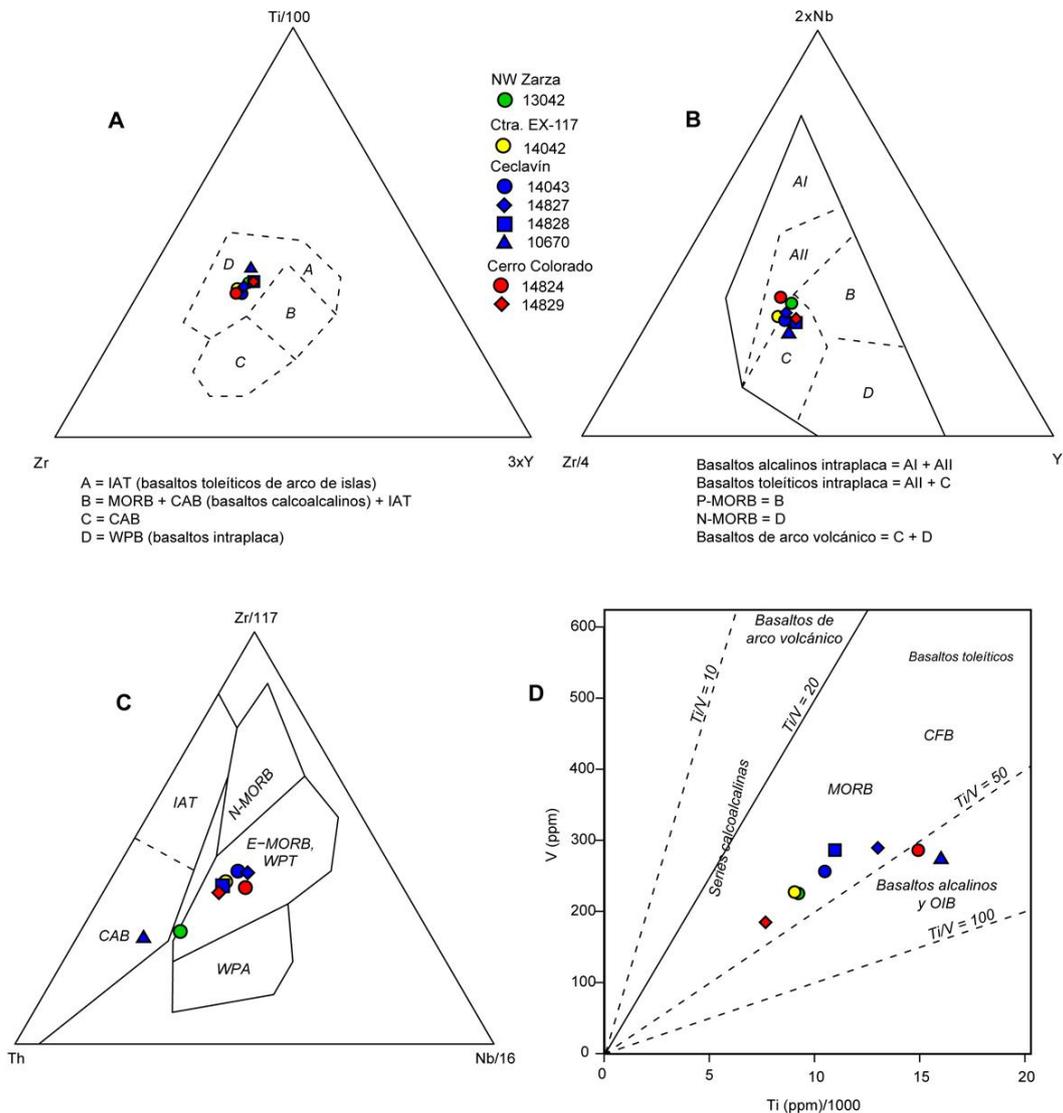


Figura 7.10. Diagramas de discriminación tectonomagmática. A: Diagrama triangular Ti/100-Zr-3Y (Pearce y Cann, 1973). B: Diagrama Zr-Nb-Y de Meschede (1986). C: Diagrama Zr/117-Th-Nb/16 (Wood, 1980). D: diagrama Ti-V (Shervais, 1982). Todos los diagramas son consistentes con rocas de afinidad toleítica en un contexto tectónico intraplaca.

7.2. Plagioclasita

Debido a sus características peculiares, que ya han sido destacadas en los apartados de Petrografía y Geoquímica Mineral, la vena de plagioclasa se tratará separadamente de las rocas básicas. Como veremos, también geoquímicamente la roca presenta características poco usuales.

Únicamente ha podido obtenerse un análisis químico cuyos resultados se presentan en la Tabla 7.4. La roca es prácticamente monominerálica y contiene un 96% de plagioclasa albítica (An₂₋₁₀), por lo que la geoquímica refleja casi exactamente la composición de estos minerales. El contenido en SiO₂ es del 66,1% en peso, y muestra contenidos altos de Al₂O₃ (20,1%) y Na₂O (10,5%). El CaO se sitúa en 1,76% y está posiblemente influenciado por las pequeñas cantidades de calcita que contiene la roca. Del resto de elementos los contenidos son muy bajos y destacan el FeOt (0,09%), MgO (0,06%) y TiO₂ (0,03%). En conjunto, si se tratase como un único mineral, la roca se aproxima a una plagioclasa de composición An_{8,4}Ab_{91,2}Or_{0,4}. Si se realiza el cálculo de la norma CIPW (tabla 7.5), se obtienen resultados muy similares: 90,2% normativo de albita, 7,4% de anortita y 0,41% de ortosa, con además un 1,2% de cuarzo.

Muestra	14043-PLAG	Localidad	Ceclavín	Tipo	Vena holoplagioclásica
Elementos mayores (% peso)		Elementos traza (ppm)		REE (ppm)	
SiO ₂	66,05	Ba	259,30	La	0,67
TiO ₂	0,03	Co	37,70	Ce	1,31
Al ₂ O ₃	20,07	Cr	7,80	Pr	0,17
FeOt	0,09	Ga	18,00	Nd	0,64
MgO	0,06	Ge	1,10	Sm	0,22
MnO	0,00	Hf	2,23	Eu	0,17
CaO	1,76	Mo		Gd	0,18
Na ₂ O	10,54	Nb	0,50	Tb	0,04
K ₂ O	0,07	Ni		Dy	0,21
P ₂ O ₅	0,17	Pb	4,60	Ho	0,04
LOI	0,84	Pm		Er	0,10
Total	99,68	Rb	2,70	Tm	
		Sr	151,20	Yb	0,18
		Ta	0,46	Lu	0,03
		Th	0,21	ΣREE	3,96
		U	1,60	Eu/Sm	0,77
		V	4,10		
		W	192,60		
		Y	1,05		
		Zn			
		Zr	26,70		

Tabla 7.4. Composición en elementos mayores, traza y REE de la plagioclasita (14043-PLAG).

En cuanto a elementos traza, destaca el Ba (259 ppm), el Sr (151 ppm) y el W (192 ppm). Es muy destacable el empobrecimiento en Y (1,05 ppm) y REE de la plagioclasita, con un total de REE de 3,96 ppm; y también la ausencia de Tm en la muestra, por debajo del límite de detección de la técnica (0,02 ppm).

Q	Or	Ab	An	Ne	Di	Hy	Ol	Il	Tn	Pf	Ru	Ap	Total
1,20	0,41	90,20	7,36	0,00	0,20	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,40	99,91

Tabla 7.5. Norma CIPW de la plagioclasita (Hutchison, 1974; Hutchison, 1975).

El diagrama de normalización de REE de la plagioclasita respecto al condrito de Boynton (1984) se muestra en la figura 7.11. Se caracteriza por un perfil de pendiente negativa, con enriquecimiento en LREE. Esta tendencia se rompe en el Yb y el Lu, que muestran una tendencia positiva y contribuyen a disminuir el valor de fraccionación de REE ($[La/Yb]_N = 2,509$). Como ya se ha comentado, no hay niveles detectables de Tm. En conjunto, el rasgo más importante es la anomalía positiva en Eu ($Eu/Eu^* = 2,612$), algo esperable dada la mineralogía de esta roca.

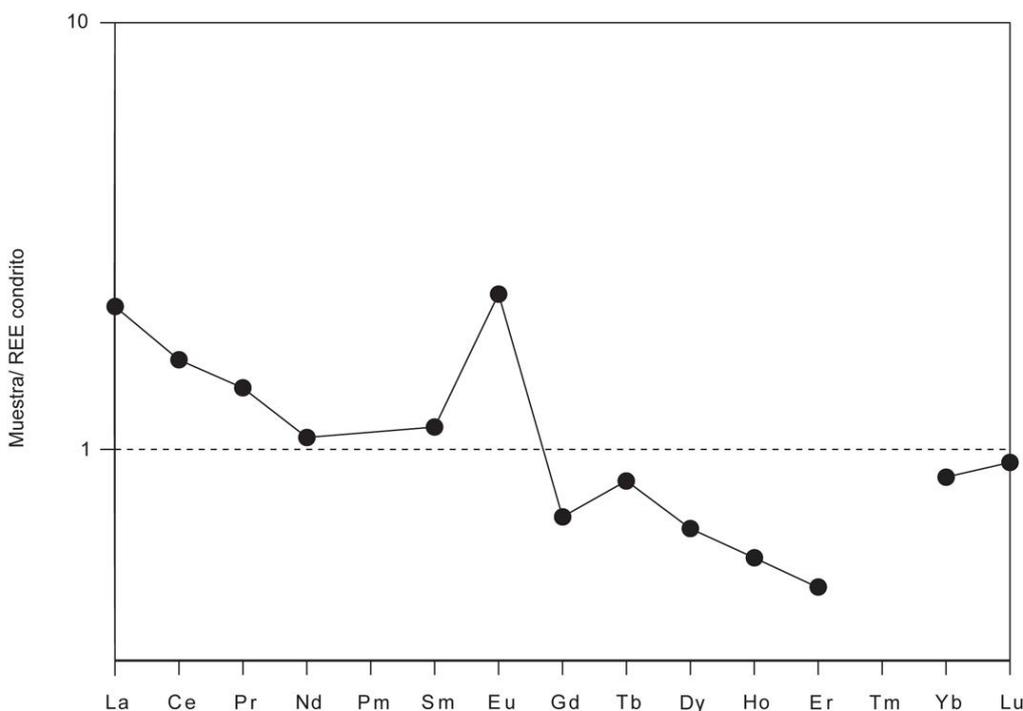


Figura 7.11. Diagrama normalizado de REE respecto al condrito de Boynton (1984) para la plagioclasita 14043-PLAG.

El diagrama de normalización de elementos traza respecto al condrito de Thompson (1982) también presenta peculiaridades (fig. 7.12). Es llamativo el perfil aserrado entre Nb y Ti, con máximos en Ta, Sr, P y Hf, y mínimos en La-Ce, Nd, y Sm. Este perfil parece tener su origen en el bajo nivel de REE (en torno al valor condrítico), frente al resto de elementos traza, con abundancias 10 veces superiores al valor condrítico. La tendencia general, si se obvia dicho perfil aserrado, es negativa.

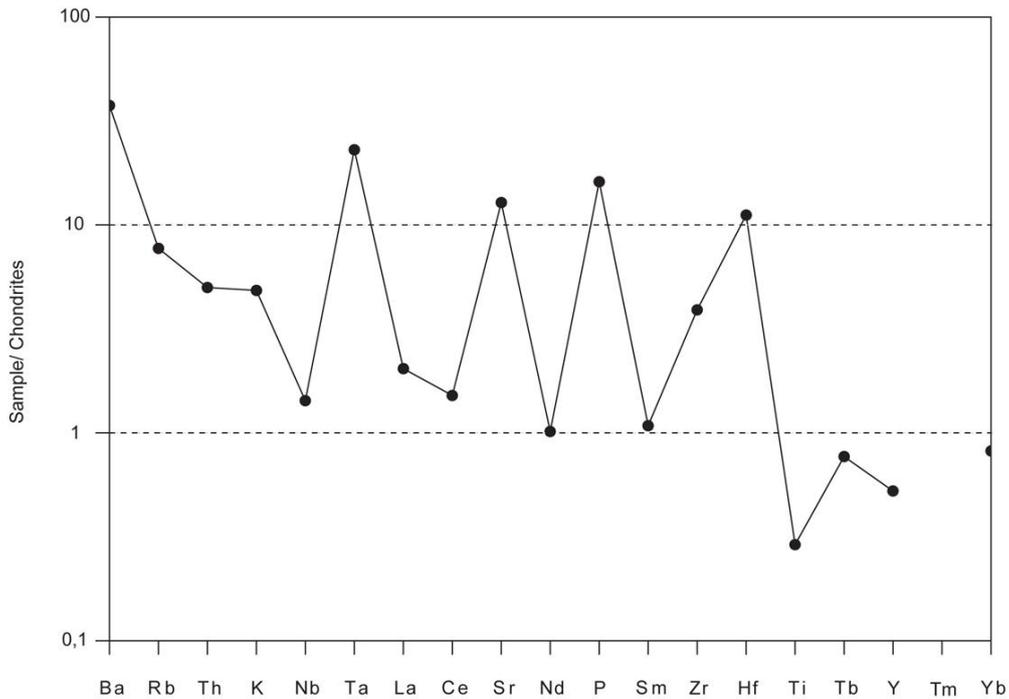


Figura 7.12. Diagrama de normalización de elementos traza respecto al condrito de Thompson (1982) para la plagioclasita 14043-PLAG.

Uno de los aspectos más enigmáticos de esta roca es su origen y posible relación con las rocas metabásicas que forman su encajante. Una aproximación a este problema puede obtenerse estudiando la fraccionación de elementos traza isovalentes, en este caso las relaciones Y/Ho y Zr/Hf, propuestas por Bau (1996). Según este autor, estos pares de elementos tienen un valor de carga y radio iónico muy similar, por lo que en procesos ígneos controlados por estos dos parámetros, sus relaciones se mantendrán próximas a las relaciones condriticas. Sin embargo, en procesos hidrotermales y procesos ígneos muy evolucionados (p. ej., riolitas ricas en sílice, granitos y pegmatitas), la carga y el radio iónico dejan de ser determinantes, y pasan a tener más importancia otros factores como la configuración electrónica de los iones y el tipo de

enlace atómico. Esto hace que los valores de Y/Ho y Zr/Hf se alejen notablemente de los valores condriticos.

Cuando se representa la plagioclasita en el diagrama Zr/Hf vs Y/Ho (Bau, 1996), se obtiene la representación de la figura 7.13. La plagioclasita se proyecta lejos de campo CHARAC (*CHARGE and RADIUS Controlled*), tal como cabría esperar de una roca de origen hidrotermal (Y/Ho = 12,25; Zr/Hf = 30,50). En contraste con ella, las rocas metabásicas se proyectan próximas a los valores condriticos, indicando un origen ígneo, si bien algunas muestras también presentan ligeras tendencias no-CHARAC, posiblemente relacionados con la alteración hidrotermal que presentan.

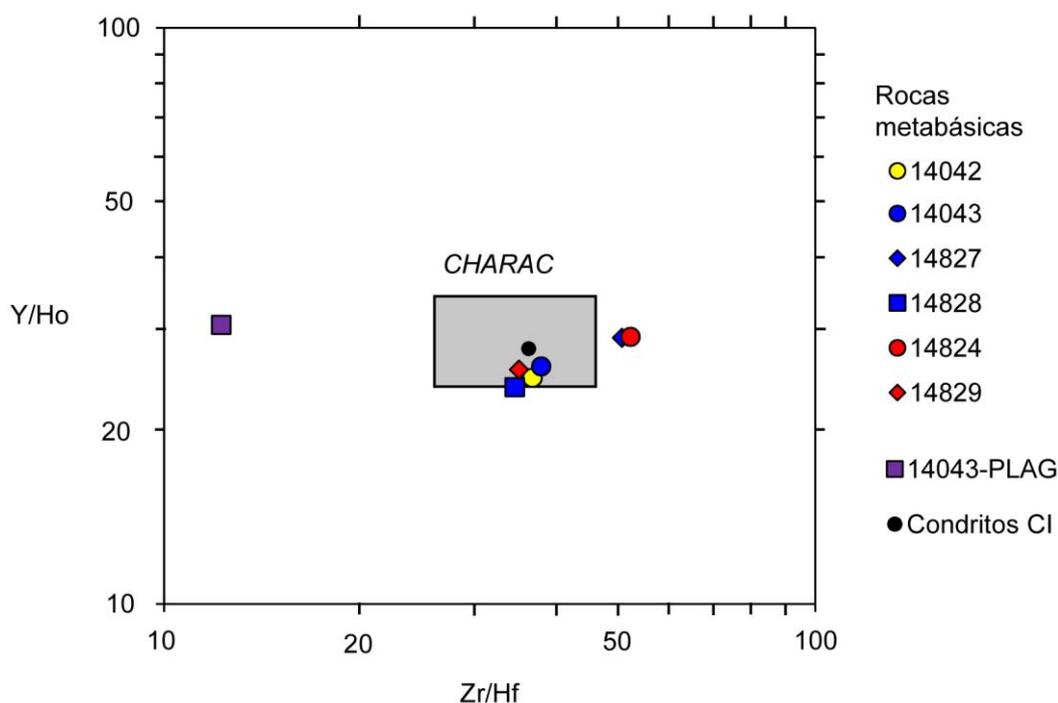


Figura 7.13. Diagrama Zr/Hf vs Y/Ho (Bau, 1996), que permite discriminar procesos ígneos controlados por carga y radio iónico (campo CHARAC) de procesos controlados por otros factores (procesos hidrotermales y magmas silicatados altamente evolucionados). La plagioclasita se proyecta lejos de campo CHARAC, lo que sugiere un origen hidrotermal para esta roca aunque no puede descartarse un origen ígneo. El campo CHARAC comprende valores Zr/Hf de 26-46 e Y/Ho de 24-34 (valores condriticos).

Es preciso notar que la combinación de datos procedentes de diferentes técnicas analíticas da lugar frecuentemente a resultados erróneos. Para evitar tal problema, en el

cálculo de las relaciones Y/Ho y Zr/Hf se han utilizado exclusivamente los datos determinados por ICP-MS (tabla 7.6).

Muestra	14042	14043	14043-PLAG	14827	14828	14824	14829
Localidad	EX-117	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Cerro Colorado	Cerro Colorado
Tipo roca	Leucogabro	Pórfido	Plagioclasita	Gabro	Gabro	Leucogabro	Leucogabro
Zr	86,55	109,1	27,44	129,63	98,25	157,81	62,03
Hf	2,352	2,876	2,24	2,568	2,843	3,033	1,768
Y	16,79	21,6	1,22	23,02	21,12	25,91	14,23
Ho	0,68	0,84	0,04	0,80	0,89	0,89	0,56
Zr/Hf	36,80	37,93	12,25	50,48	34,56	52,03	35,08
Y/Ho	24,68	25,83	30,50	28,96	23,78	29,08	25,50

Tabla 7.6. Concentraciones de Zr, Y, Hf, y Ho (ppm) utilizados en la figura 7.13, obtenidos exclusivamente mediante ICP-MS. Datos en ppm.

8. DISCUSIÓN

8.1. Geotermometría y geobarometría

8.1.1. Termometría ilmenita-clinopiroxeno

En las rocas gabroicas de Ceclavín donde aparecen clinopiroxeno e ilmenita, se ha realizado el cálculo geotermométrico de Bishop (1980) que involucra a estos dos minerales. Los resultados, calculados sobre varios pares de minerales en las muestras 14043 y 14263 presentan alta variabilidad. Tomando una presión de 3 kbar, se obtienen temperaturas de formación de entre 415 y 509°C para la muestra 14043, y entre 430 y 467°C en la muestra 14263. Estos resultados indican temperaturas claramente no ígneas, y probablemente se deban a cierto reequilibrado del clinopiroxeno y, sobre todo, de la ilmenita (que aparece muy alterada a leucoxeno) en condiciones subsólidas.

8.1.2. Geotermometría en cloritas

La clorita es un mineral que aparece en pequeñas cantidades tanto en las rocas metabásicas como en la vena plagioclásica. Una aproximación a las condiciones de formación de este mineral puede obtenerse mediante el geotermómetro de Cathelineau (1988), basado en el contenido en Al^{IV} en las cloritas. Para su cálculo se han utilizado 13 análisis de clorita procedentes de dos muestras de ortoanfibolitas en Ceclavín, y 8 análisis de cloritas de la vena plagioclásica. El resultado se muestra en la tabla 8.1, e indica valores algo superiores a 300°C tanto para las ortoanfibolitas como para la vena plagioclásica.

Muestra	Tipo	n	T (°C)	
			x	σ
14043	Ortoanfibolita	4	313	8
14293	Ortoanfibolita	9	299	8
14043-PLAG	Plagioclasita	8	312	12

Tabla 8.1. Valores de temperatura obtenidos mediante el geotermómetro de Cathelineau (1988) para cloritas en dos muestras de ortoanfibolita (14043 y 14293) y de la vena plagioclásica (14043-PLAG). Nótese la similitud de temperaturas para los dos tipos de roca (*n*: número de análisis de clorita empleados, *x*: promedio de valores, *σ*: desviación estándar).

8.1.3. Termobarometría anfíbol-plagioclasa

Para obtener una aproximación a las condiciones de presión y temperatura en las que pudo desarrollarse el metamorfismo de las ortoanfibolitas en la zona de Ceclavín, se

han aplicado geotermómetros y geobarómetros basados en anfíbol o el par anfíbol-plagioclasa. Para la aplicación de estos cálculos se han utilizado únicamente los anfíboles en contacto con plagioclasas, clasificados como Mg-hornblendas en el diagrama Si-Mg* (Leake, 1978, Leake et al., 2004), es decir, con un contenido en Si entre 6,50 y 7,25 apfu. La composición de las plagioclasas utilizadas oscila entre An₁₇ y An₇₀, si bien la mayoría de los valores se encuentran en torno a An₅₀.

El geobarómetro de Fershtater (1990) es un método empírico que utiliza el coeficiente de distribución de Al-Si entre plagioclasa y hornblenda para el cálculo de las condiciones P-T. Los resultados obtenidos se muestran en el diagrama Al/Si en plagioclasa frente Al/Si en hornblenda (fig. 8.1). Aunque existe una notable dispersión en los resultados, aparentemente tienden a agruparse en torno a presiones ligeramente superiores a 2 kbar y temperaturas de 600-700°C.

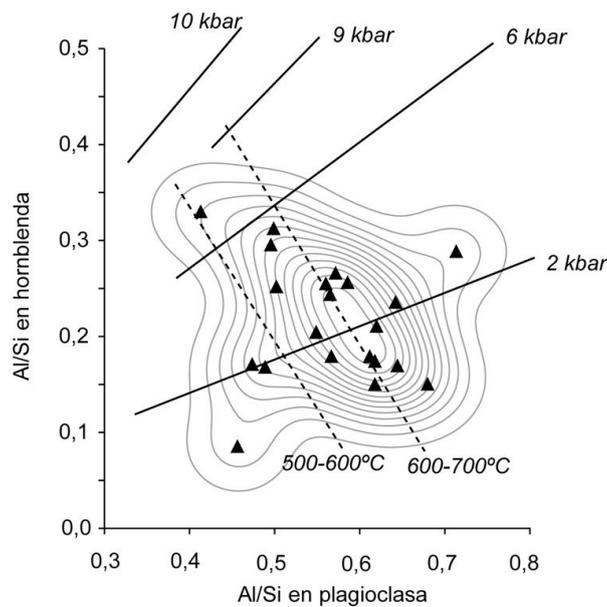


Figura 8.1. Diagrama Al/Si en plagioclasa frente a Al/Si en hornblenda (Fershtater, 1990). Los valores obtenidos para las ortoanfíbolitas se agrupan en torno a 2 kbar y 600-700 °C. Los contornos indican densidad de puntos.

Con el objeto de afinar más las condiciones P-T para el par anfíbol-plagioclasa, se han combinado el geobarómetro de Hammarstrom y Zen (1986) para hornblenda con el geotermómetro de Holland y Blundy (1994) para el par anfíbol-plagioclasa. El primero de ellos emplea el contenido total de aluminio (Al_T) de las hornblendas para calcular la presión. El geotermómetro de anfíbol-plagioclasa se basa en el contenido en Si de los

anfíboles y el contenido molar de anortita en las plagioclasas. En este caso se ha utilizado la segunda ecuación propuesta por los autores, diseñada para rocas sin cuarzo libre. Los resultados (tabla 8.1) son aparentemente concordantes con los obtenidos mediante el geobarómetro de Fershtater (1990) y, aunque la dispersión vuelve a ser importante, principalmente en presión (desviación estándar entre 1,0 y 2,2 kbar), pueden establecerse presiones entre 2,9 y 4,3 kbar y temperaturas entre 632 y 750 °C.

Muestra	n	P (kbar)		T (°C)	
		x	σ	x	σ
14043	7	2,93	1,85	683	40
14263	5	4,35	2,05	632	14
14288	6	4,14	0,97	654	48
14293	3	3,86	2,21	750	10

Tabla 8.2. Valores de P (Hammarstrom y Zen, 1986) y T (Holland y Blundy, 1994) obtenidos para las ortoanfíbolitas de Ceclavín (n: número de pares anfíbol-plagioclasa empleados, x: media de valores, σ : desviación estándar).

8.2. Metamorfismo

Los datos obtenidos en los cálculos geotermométricos y geobarométricos con clorita y el par anfíbol-plagioclasa parecen sugerir la presencia de dos etapas evolutivas en las ortoanfíbolitas de Ceclavín. El par anfíbol plagioclasa proporciona valores en torno a 3-4 kbar y 630-750 °C, mientras que la geotermometría de cloritas da resultados en torno a 300 °C, tanto en las cloritas de las rocas metabásicas como de la vena plagioclásica. Así, el anfíbol se habría formado en condiciones metasomáticas (tardiamigmáticas o metamórficas de alta temperatura), y la clorita en condiciones hidrotermales o metamórficas de menor temperatura.

Se ha realizado un diagrama pseudoternario ACF en el que se han proyectado los análisis disponibles de plagioclasa, clinopiroxeno, anfíbol, ilmenita, clorita y clinozoisita, además de los 5 análisis de roca total de ortoanfíbolitas, con el objeto de poner en evidencia las transformaciones paragenéticas y la compatibilidad de las mismas con la composición química original de la roca (fig. 8.2).

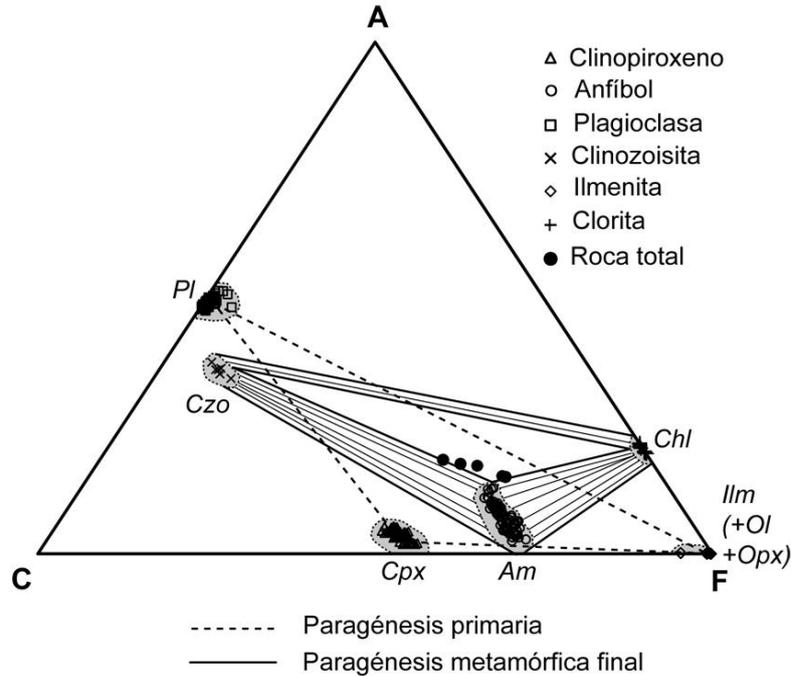
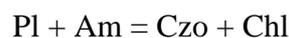


Figura 8.2. Representación de las paragénesis primaria y metamórfica final de las ortoanfibolitas en un diagrama ACF. Se representan análisis de microsonda electrónica de los minerales y análisis químicos de roca total.

El diagrama ACF permite sugerir que la evolución de estas rocas parte inicialmente de una paragénesis primaria formada por plagioclasa, clinopiroxeno, ilmenita y un mineral máfico que no se conserva, tal como olivino u ortopiroxeno, o incluso anfíboles no cálcicos. La formación de anfibol de alta temperatura podría explicarse por la existencia de una primera reacción metamórfica o tardimagnética en la que se formaría hornblenda a partir de plagioclasa, clinopiroxeno y los otros minerales fémcicos (Fem). Esta fase tendría lugar con aporte de agua, probablemente procedente de los materiales del CXG, bien en condiciones magmáticas o metamórficas de contacto. La reacción sumaria, sin incluir otros posibles minerales participantes y sin ajustes estequiométricos, sería:



A continuación, un segundo proceso metamórfico de menor temperatura daría lugar a clinozoisita y clorita a partir de plagioclasa y anfibol. La reacción simplificada es la siguiente:



Así, se podría definir la siguiente reacción global.



Un aspecto importante es el origen del metamorfismo de estas rocas. Dado que los materiales del CXG en el área estudiada no muestran signos de un metamorfismo regional importante, puede descartarse éste como responsable del metamorfismo de las rocas gabroicas y dioríticas. Por otro lado su situación siempre dentro de los límites de la aureola de contacto del plutón de Zarza la Mayor indica que este puede haber ejercido una importante influencia, probablemente ayudado por fluidos procedentes de la roca encajante. Sin embargo, dadas las condiciones P-T obtenidas para el par anfíbol-plagioclasa, no puede descartarse un proceso de autometasomatismo dentro de la misma roca básica.

8.3. Geoquímica

8.3.1. La anomalía negativa de Ce

En el apartado de geoquímica se ha visto que las dos muestras de Cerro Colorado (14824 y 14829) y dos de las muestras de ortoanfíbolitas de Ceclavín (14827 y 14828) presentan anomalías leves a moderadas de Ce (ver fig. 7.7). Si se define la anomalía de Ce como la relación entre el Ce medido y el valor interpolado entre La y Pr (Ce^*), tenemos un valor de Ce/Ce^* para estas cuatro muestras de 0,63-0,89, y de 0,97-1,00 para las dos muestras restantes. Aunque cabe la posibilidad de que estos datos se deban a errores analíticos, por ahora se asumirá que las anomalías negativas de Ce son una propiedad intrínseca de las rocas.

Existen dos explicaciones para esta anomalía de Ce: (1) origen magmático y (2) origen por alteración (extracción de Ce en solución acuosa). Con respecto a (1), se han descrito anomalías negativas de Ce en basaltos de arco volcánico (Hole et al, 1984; Heming y Rankin, 1979) y en xenolitos de peridotita en lamprófidos (Neal y Taylor, 1989). Estos casos pueden explicarse por contaminación del manto por elementos subducidos en los que son comunes anomalías negativas de Ce, como basaltos alterados por agua marina o sedimentos pelágicos (Neal y Taylor, 1989). Estas anomalías parecen estar restringidas a contextos de arco volcánico y serían en todo caso locales. La alternativa (2) consiste en la extracción de Ce por una solución acuosa oxidante que

convertiría el Ce^{3+} en Ce^{4+} . Basaltos alterados por fluidos hidrotermales o agua marina muestran anomalías negativas de Ce (Masuda y Nagasawa, 1975; Neal y Taylor, 1989).

Dada la situación tectónica intraplaca de las rocas metabásicas de Ceclavín y su evidente transformación metamórfico-hidrotermal (paragénesis de Ab+Chl+Ep), se sugiere el segundo proceso como causante más probable de las anomalías de Ce observadas.

8.3.2. Afinidad geoquímica de las rocas metabásicas

Las conclusiones extraídas en el apartado de Geoquímica de los diagramas de discriminación tectonomagmática son concordantes con las que pueden obtenerse mediante otro tipo de diagramas, como la representación de las relaciones Nb/La frente a Sr/Nd (Rudnik, 1995; Hawkesworth y Kemp, 2006). Este diagrama fue ideado por sus autores como un modelo de generación de corteza continental, en el que rocas intermedias entre basaltos OIB y de arco volcánico oceánico son las precursoras, por anatexia, de las rocas que terminarán formando la corteza continental. En este caso el diagrama permitirá situar las metabasitas estudiadas en relación a rocas de procedencia mantélica así como de la corteza inferior y superior. El resultado (fig 8.3) pone de manifiesto que las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín se alejan notablemente de las rocas de afinidad cortical y arcos oceánicos, con contenidos bajos de Nb/La y moderados-altos de Sr/Nd. Tal como indican los diagramas tectonomagmáticos, nuestras rocas son afines a rocas de procedencia mantélica y se representan próximos a basaltos MORB y OIB.

El mismo diagrama nos sirve de base para comparar las metabasitas objeto de este estudio con otras rocas petrográfica y geoquímicamente similares presentes en el macizo ibérico. El objeto de esta comparativa es poner en contexto las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín y establecer posibles afinidades entre los grupos de rocas. Se han utilizado datos previamente publicados correspondientes a las ortoanfibolitas prevariscas en la región centro-norte de Portugal emplazadas en la ZOM y la ZCI (Silva, 2007), las dioritas hornbléndicas de la Sierra de Gredos (Orejana et al., 2009) y los gabros del Sistema Central (Díaz-Alvarado et al., 2011). En la figura 3 están representados los tres grupos. Las ortoanfibolitas y gneises anfibólicos de Portugal tienen características geoquímicas de basalto MORB y quedan encuadradas en la zona superior izquierda del diagrama, próxima a las rocas de afinidad mantélica. Sin

Estos datos parecen indicar que las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín representan un evento magmático diferente de los representados en la figura 8.3. Su situación respecto al stock de Zarza la Mayor, formando una orla discontinua a su alrededor, podría indicar alguna relación con el mismo, pero no hay datos de otro tipo que permitan establecer, si existe, dicha relación. Sin embargo, es de notar que una de las muestras de la tonalita de Zarza la Mayor se proyectan en la zona intermedia entre rocas corticales y mantélicas, y no se proyecta, como cabría esperar, próxima a las rocas de afinidad cortical. Aunque el número de datos no es suficiente, esto podría indicar un cierto componente mantélico implicado en la formación de este cuerpo.

8.3.3. La vena plagioclásica de Ceclavín: comparativa con rocas similares

Como se ha comentado anteriormente, uno de los aspectos más inusuales de las rocas estudiadas es la presencia de algunas venas casi monominerálicas de plagioclasa (96% de albita de An₂₋₁₀). El origen de estas venas es incierto, aunque su mineralogía y geoquímica hacen pensar en una roca de origen hidrotermal.

Para arrojar luz sobre este punto, se hemos comparado la plagioclasita de Ceclavín con otras rocas mineralógicamente similares, de origen migmatítico por anatexia de rocas metabásicas hidratadas (Osipenko y Ledneva, 2001; Selbekk et al., 2000), hidrotermal en complejos ofiolíticos (Jian et al., 2002; Kurat et al., 1993) y albitización de granitos (Castorina et al., 2006). También se han comparado con análisis de plagioclasas sódicas de un complejo migmatítico peralumínico (Bea et al., 1994).

La tabla 8.3 muestra los análisis de elementos mayores, trazas y REE de la plagioclasita de Ceclavín y de una muestra representativa de cada uno de los conjuntos reseñados. Se han seleccionado las muestras con mayor similitud a la roca de Ceclavín en mineralogía y geoquímica de elementos mayores, salvo las hidrotermales, que son las únicas disponibles de este tipo.

Cuando se compara con otras plagioclasitas, tanto ígneas como posiblemente hidrotermales con datos publicados, la plagioclasita de Ceclavín destaca por los bajísimos contenidos de FeO_t (0,09% en peso) y MgO (0,06%) y altos en Na₂O (10,54%). El contenido en Sr es de 151,2 ppm, cuando en anortositas de origen claramente ígneo la concentración de Sr es típicamente de 500-600 ppm, unas 1300-1400 ppm para las anortositas anatéticas de Skattøra, Noruega (Selbekk et al., 2000) y

de 370-2100 ppm en las plagioclasitas anatócticas del Macizo de Epilchik (Osipenko y Ledneva, 2001).

El otro aspecto llamativo de la plagioclasita es su empobrecimiento en REE ($\Sigma\text{REE} = 3,96$ ppm). Si se observan los diagramas de normalización de REE, la plagioclasita tiene una ligera pendiente negativa (empobrecimiento en LREE) con una anomalía de Eu marcada ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 2,61$). No parece haber mucha diferenciación LREE/HREE, con un valor de $(\text{La}/\text{Yb})_N$ de 2,51.

Las muestras citadas en la bibliografía tienen abundancias de REE generalmente bajas –salvo las albitas de alteración de granitos- pero superiores a la de Ceclavín, siendo las plagioclasitas hidrotermales (6,03 y 13,71 ppm) y las plagioclasitas anatócticas de Epilchik (6,19-10,84 ppm) las más similares. La muestra 256 (Ofiolita de Kumux-Hongliuhe, China; Jian et al., 2002) presenta una débil anomalía negativa de Eu (0,91) y una marcada anomalía negativa de Ce. Sin embargo, la muestra Z-13G (hidrotermal, peridotita de Zabargad, Mar Rojo, Egipto; Kurat et al., 1993) muestra una anomalía positiva de Eu (1,50), con ligero enriquecimiento en LREE respecto a condrito. Las dos muestras hidrotermales se caracterizan por perfiles planos. Las rocas hidrotermales presentan un valor de $(\text{La}/\text{Yb})_N$ bajo frente a las rocas de origen ígneo o anatóctico, en las que parece ser siempre mayor que 8. El valor $(\text{La}/\text{Yb})_N$ es un indicador de la fraccionación entre LREE y HREE. La plagioclasita de Ceclavín muestra un valor bajo (2,51), posible indicio de origen hidrotermal.

Muestra	14043-PLAG	50/87	S24-97	256	Z13G	Alb44	P-8
Referencia	Este trabajo	Osipenko y Ledneva (2001)	Selbekk et al. (2000)	Jian et al. (2002)	Kurat et al. (1993)	Castorina et al. (2006)	Bea et al. (1994)
Localidad	Ceclavín	Epilchik Massif, Rusia	Skattøra, Noruega	Xinjiang China	Zabargad, Egipto	Cerdeña, Italia	Peña Negra, España
Origen	¿Hidro-termal?	Fusion parcial metabasitas	Fusión parcial metabasitas	Hidro-termal	Hidro-termal	Albitización de granito	Plagioclasa en migmatitas
Análisis	XRF, ICP-MS	XRF ICP-MS	XRF	ICP	XRF INA	XRF ICP-MS	EPMA LA-ICP-MS
SiO₂	66,05	64,04	61,16	50,53	47,78	67,21	63,17
TiO₂	0,03	0,14	0,16	0,25	0,3	0,4	0
Al₂O₃	20,07	19,53	22,12	24,65	18,11	19,29	22,83
FeOt	0,09	1,72	0,90	3,32	3,08	0,29	0,04
MgO	0,06	0,61	0,36	1,34	14,24	0,2	0
MnO	0,00	0,01	0,02	0,13		0,01	0,03
CaO	1,76	1,54	4,67	14,09	12,18	1,16	4,11
Na₂O	10,54	10,80	8,73	3,75	1,8	10,73	8,93
K₂O	0,07	0,32	0,22	0,52		0,18	0,17
P₂O₅	0,17	0,21	0,05	0,13		0,06	0,2
LOI	0,84	0,78	0,34	0,68		0,46	
Total	99,68	99,70	98,72	99,58	97,49	99,99	99,48
Ba	259,3	635,0	136			47	122
Co	37,7		9		40,00		0,61
Cr	7,8	17,2			722,00		2,3
Ga	18,0				10,80		
Hf	2,23	0,9			0,38		
Nb	0,5	2,4				14	0,02
Ni		6,6	1		1010,00		2,67
Pb	4,6		9			7	34,3
Rb	2,7	10,6					8,4
Sr	151,2	1072,2	1291			122	277
Ta	0,46	0,2			0,04		0,06
Th	0,21	0,2				16,7	0,1
U	1,6	0,3				0,5	0,41
V	4,1	6,1	10			14	1,33
W	192,6						0
Y	1,05	0,7	1			7	0,77
Zr	26,7	26,3	41			247	
La	0,67	2,73		0,887	1,96	8,3	7,31
Ce	1,31	4,71	3	0,948	4,42	20	15
Pr	0,17	0,51		0,218		2,5	1,52
Nd	0,64	1,88		1,22	2,87	10,4	2,68
Sm	0,22	0,32		0,423	0,85	2	0,3
Eu	0,17	0,14		0,145	0,44	0,1	1,75
Gd	0,18	0,22		0,565	0,95	1,4	0,31
Tb	0,04	0,03		0,097	0,16	0,3	0,04
Dy	0,21	0,13		0,547	1,12	1,6	0,24
Ho	0,04	0,02		0,149	0,26	0,4	0,05
Er	0,10	0,06		0,368		0,9	0,12
Tm		0,01		0,062	0,08	0,2	0,02
Yb	0,18	0,06		0,346	0,52	0,9	0,1
Lu	0,03	0,01		0,058	0,08	0,1	0,02
ΣREE	3,96	10,83		6,03	13,71	49,10	29,46
Eu/Eu*	2,61	1,61		0,91	1,50	0,18	17,55
(La/Yb)_N	2,51	30,68		1,73	2,74	6,22	49,28

Tabla 8.3. Comparativa entre la geoquímica de la plagioclasita de Ceclavín y muestras de otras rocas mineralógica y geoquímicamente similares.

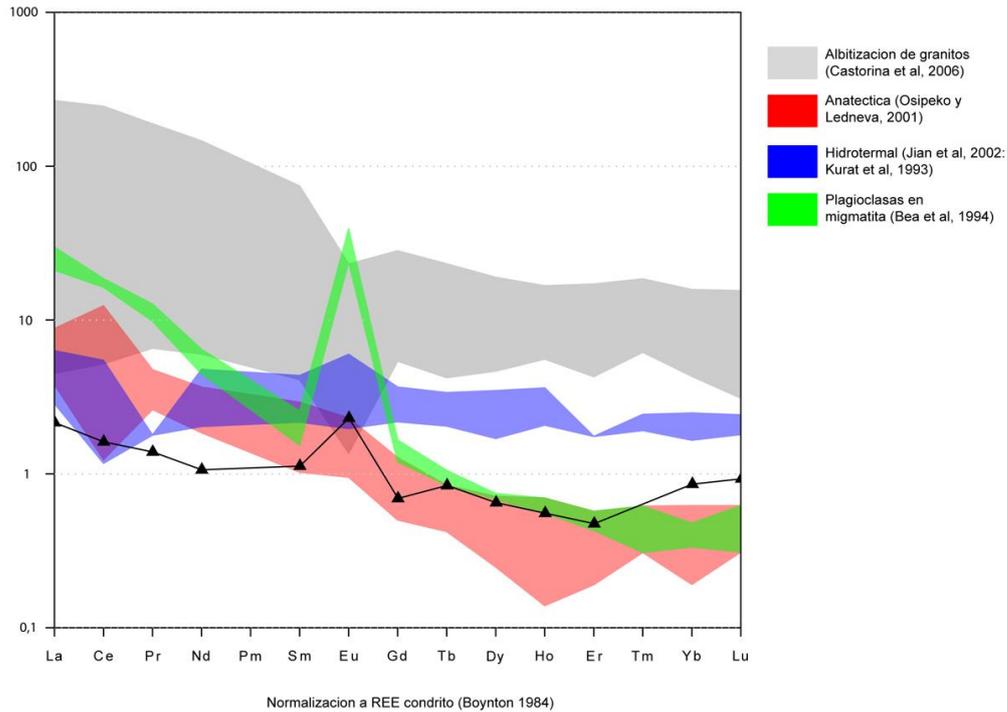


Fig. 8.4. Diagrama comparativo de los patrones de REE de la plagioclasita de Ceclavín (triángulos negros) y otras rocas plagioclásicas de diversos contextos geológicos. Normalización respecto al condrito de Boynton (1984).

Sin embargo, los patrones de REE que más similitudes muestran con la plagioclasita de Ceclavín son las plagioclasitas de Osipenko y Ledneva (2001) (fig. 8.4). Son rocas procedentes de la anatexia de rocas básicas hidratadas en el macizo de Epilchik (Koryakia, Rusia). Selbekk et al. (2000) han descrito rocas similares en el complejo migmatítico de Skattøra (Noruega). La plagioclasita de Ceclavín muestra contenidos similares a estas rocas en LREE (salvo enriquecimiento en Yb y Lu); y empobrecimiento relativo en LREE. En relación a las plagioclasas de la migmatita de Peña Negra (Bea et al., 1994) se observan diferencias parecidas pero mucho más marcadas, además de una anomalía en Eu de gran importancia.

Cuando se comparan las rocas anteriores en un diagrama de normalización de elementos traza respecto al condrito de Thompson (1982) se obtienen unas conclusiones similares (Fig. 8.5). Los perfiles aserrados son aparentemente comunes en este tipo de rocas y se relacionan con su bajo contenido en REE. Las mayores similitudes parecen ser con las rocas anatécicas de Osipenko y Ledneva (2001), con la que coinciden las anomalías positivas y negativas del diagrama. Es importante notar que las dos muestras

hidrotermales muestran perfiles aproximadamente planos con una anomalía positiva de P.

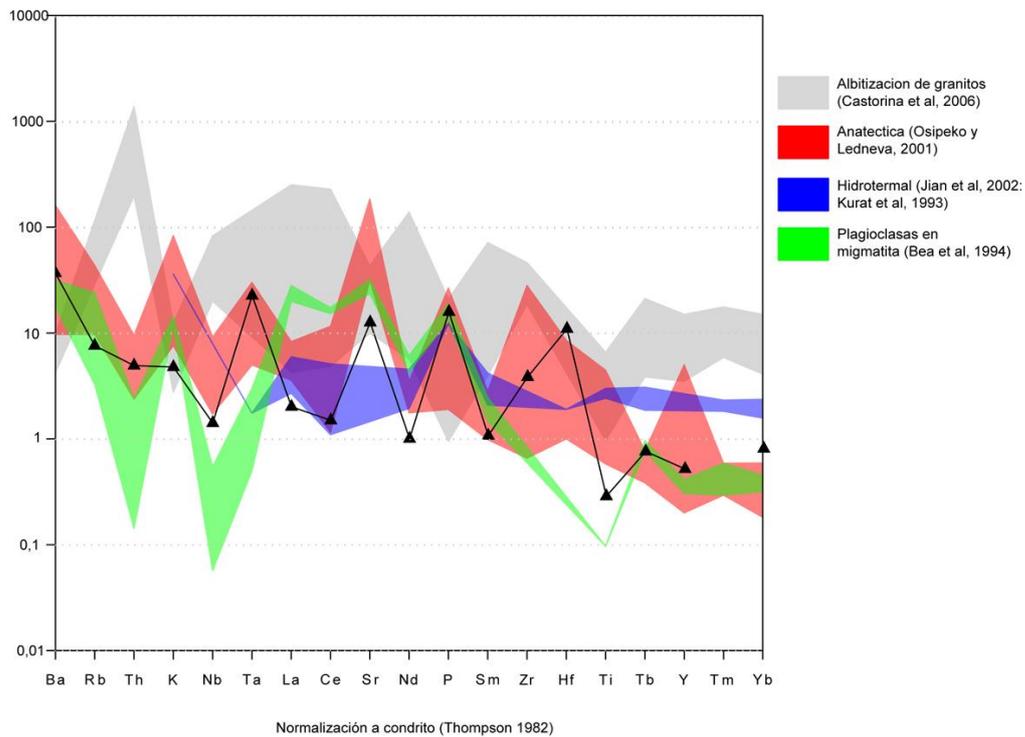


Figura 8.5. Diagrama multielemental normalizado de la plagioclasita de Ceclavín (triángulos negros) y otras rocas similares. Normalización respecto al condrito de Thompson (1982).

Possible origen de la plagioclasita

Si se toman en consideración estos datos, el origen de la vena plagioclásica de Ceclavín no puede ser asignado de forma clara a ninguno de los ambientes geológicos propuestos. Los diagramas de normalización de REE y de elementos traza podrían indicar cierta afinidad con las plagioclasitas de anatexia de rocas metabásicas hidratadas, y la similitud continúa si se considera su relación con las ortoanfibolitas estudiadas en este trabajo. Sin embargo, las ortoanfibolitas de Zarza la Mayor-Ceclavín son de grado metamórfico bajo, como evidencia la conservación de minerales y texturas ígneas; y en campo no se observa ningún indicio de anatexia de estas rocas. Además, la plagioclasita se encuentra en una única localidad, y es muy escaso el número de venas de esta roca. Por otro lado, tampoco se ajusta a la composición de las plagioclasas sódicas que aparecen en las migmatitas de Peña Negra (Ávila).

La hipótesis de albitización de una roca granítica preexistente tampoco parece ajustarse a la plagioclasita, ya que presentan contenidos mayores en REE y anomalías negativas de Eu. Generalmente conservan la composición en REE de la roca granítica original.

Dada la mineralogía y geoquímica de esta roca, la hipótesis que mejor podría explicar su origen es la hidrotermal. Ya se ha visto que la composición en REE y trazas no se parece a otras plagioclasitas hidrotermales en la bibliografía, pero éstas tienen una diferente mineralogía (plagioclasa cálcica) y contexto geológico (venas hidrotermales en complejos ofiolíticos). A favor de la hipótesis hidrotermal está el estudio de las relaciones Zr/Hf e Y/Ho (Bau, 1996) que, como se ha visto, las aleja notablemente de los campos controlados por carga y radio iónico (CHARAC) típicos de procesos ígneos. Sin embargo es importante señalar que esta característica no excluye procesos ígneos evolucionados u otros procesos donde el agua juega un papel importante, como, posiblemente, la fusión hidratada de una roca.

En relación con lo anterior, se han examinado los contenidos en REE de fluidos hidrotermales, principalmente de dorsal oceánica (tipo “black smoker” y “white smoker”). Se han elegido estos sistemas por tener cierta similitud con las posibles características de los fluidos hidrotermales que pudieron actuar en el área de Zarza la Mayor-Ceclavín, es decir, relación con rocas básicas, por las que circula el fluido, pero también por la escasez de datos de otro tipo de fluidos. En la figura 8.6 se muestra el diagrama de normalización de REE de varios fluidos hidrotermales procedentes de varios sistemas de la dorsal centroatlántica (Mills y Elderfield, 1995, Douville et al., 1999). Sus principales características son, en primer lugar, su empobrecimiento en REE (abundancias de entre 10^{-2} - 10^{-5} del valor condritico; y en segundo lugar, su perfil enriquecido en LREE y con una anomalía positiva importante en Eu. Son características que, con las oportunas reservas por disponer solo de un análisis, son similares a las de la plagioclasita de Ceclavín, y similares además a las de minerales de origen hidrotermal (Mills y Elderfield, 1995), y a su vez muy diferentes a los fluidos procedentes de basamentos félsicos continentales, que están muy enriquecidos en HREE (Bau, 1991).

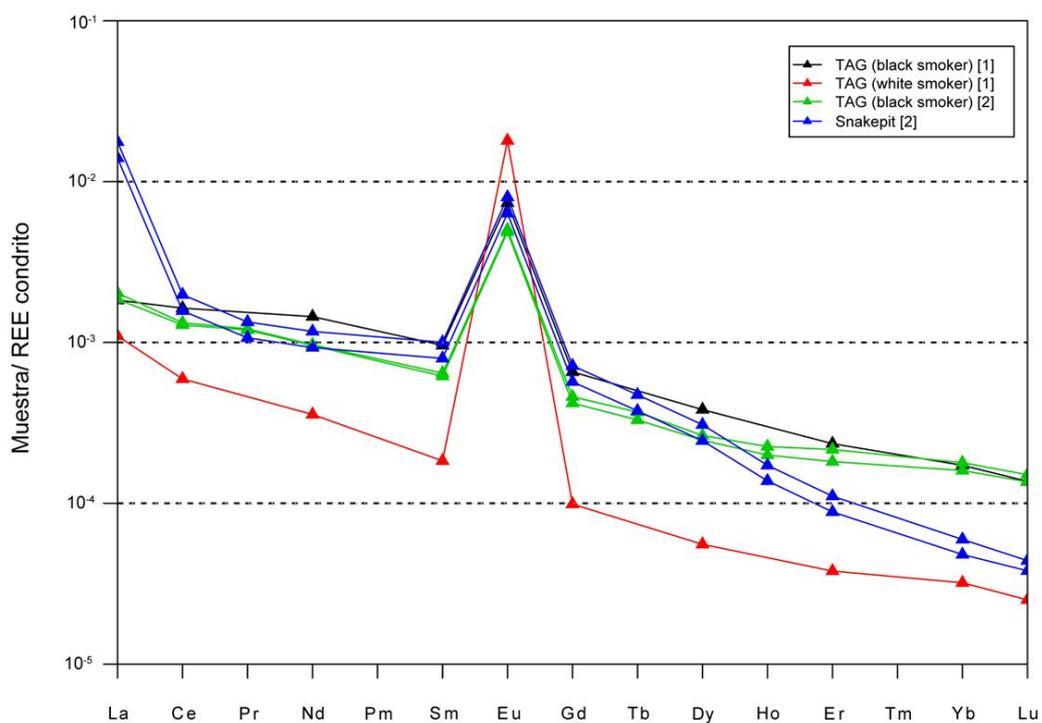


Figura 8.6. Comparación de los espectros normalizados de REE de varios fluidos hidrotermales oceánicos tipo black smoker y white smoker. Normalización respecto al condrito de Boynton (1984). Datos procedentes de [1] Mills y Elderfield (1995) y [2] Douville et al. (1999).

9. CONCLUSIONES

De los datos expuestos a lo largo de esta memoria pueden extraerse una serie de conclusiones sobre las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín, la vena de plagioclasa y su posible relación con las rocas del entorno. Estas conclusiones pueden agruparse en las siguientes categorías.

9.1. Relaciones de campo

- Las rocas metabásicas aparecen como cuerpos de formas lenticulares y pequeñas dimensiones (hasta 800 m). En el área de Ceclavín la ortoanfibolita forma aparentes interdigitaciones entre con la roca encajante, bien en forma de dique o de sill.
- Los cuerpos básicos que se encuentran dentro de la aureola de contacto de Zarza la Mayor está intensamente anfibolitizados, mientras que los más alejados presentan una importante alteración hidrotermal.
- Dada su situación en torno al stock de Zarza la Mayor, y tal como sugería Rubio (1982), se puede deducir que las rocas básicas son probablemente anteriores al mismo, aunque no se puede precisar más la relación entre ambas litologías.

9.2. Relaciones texturales

- Las ortoanfibolitas, pese al grado de transformación que presentan, conservan en gran medida texturas ígneas, como demuestra la existencia de texturas ofíticas, subofíticas e intersertales entre anfíbol de reemplazamiento y plagioclasa. Además, en los leucogabros de Cerro Colorado se observan texturas de acumulado.
- Además de la conservación de texturas, se conservan minerales ígneos, como plagioclasas o clinopiroxeno relicto en anfíbol.
- El grado de alteración hidrotermal de la roca es muy variable, incluso a escala de lámina delgada, donde la plagioclasa saussuritizada, clinozoisita y clorita tienden a concentrarse en zonas concretas (parches o fracturas) o en las proximidades de venas hidrotermales.

9.3. Mineralogía

- La geoquímica de los piroxenos ofrece muchas contradicciones, aunque a grandes rasgos parece apoyar las conclusiones obtenidas mediante

geoquímica de roca total: las rocas metabásicas se asemejan a basaltos intraplaca y se alejan de contextos tectónicos de borde de placa destructivo.

- La composición de los anfíboles varía entre los afloramientos de Zarza la Mayor y Ceclavín. Los tipos 1 y 2 son Mg-hornblenda a actinolita, y el tipo 3 es principalmente pargaista ferrosa. En los anfíboles de Ceclavín existen dos poblaciones, una de afinidad metamórfica clara, y otra con cierta tendencia ígnea.
- Las plagioclasas de las ortoanfibolitas conservan composiciones y zonados ígneos normales, aunque existe también una importante tendencia a la albitización en las más alteradas.

9.4. Geoquímica

- La composición en elementos mayores y trazas indica que las rocas se pueden clasificar como gabros subalcalinos toleíticos, subsaturados en cuarzo (olivino normativo salvo en dos muestras, una de ellas con mucha alteración).
- El contenido bajo en Ni, Cr y el bajo valor de Mg# descarta un origen mantélico primario (fuente peridotítica) para el magma original, y sugieren fraccionación de olivino y/o clinopiroxeno durante su ascenso.
- Los diagramas de elementos inmóviles muestran algunas contradicciones, pero en general puede concluirse una geoquímica de basalto subalcalino y de tendencia toleítica.
- Los espectros de REE y elementos traza tienden a asemejarse a los de basaltos de contextos tectónicos intraplaca, principalmente toleíticos. Además, se evidencia una dilución de la concentración de REE en algunas muestras, y en los diagramas spider, gran movilidad de elementos LILE (Ba, Rb, K, Th).
- Existe un buen grado de acuerdo entre los diagramas de ajuste tectonomagmático, ya que todos ellos apuntan hacia contextos tectónicos intraplaca continental, generalmente de basalto toleítico. En todo caso aparentemente no existe relación con basaltos calcoalcalinos de arco volcánico o cuencas tras-arco.
- Cuando se comparan con otras rocas básicas de la Zona Centroibérica, se confirma su afinidad con rocas de procedencia mantélica sin influencia

cortical apreciable. Las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín corresponden probablemente a un evento magmático diferente al representado por las otras rocas básicas de la ZCI.

- La vena plagioclásica (albitica) de Ceclavín muestra características similares a rocas de origen hidrotermal, como alejamiento del comportamiento CHARAC y empobrecimiento extremo en REE.

9.5. Termobarometría y metamorfismo

- En las ortoanfibolitas coexisten aparentemente paragénesis formadas a diferente temperatura, a la luz de los resultados termobarométricos. El par anfíbol-plagioclasa proporciona condiciones P-T de 2,9-4,3 kbar y 630-750 °C, mientras que la geotermometría basada en cloritas da temperaturas en torno a 300 °C.
- Estos datos parecen sugerir una evolución metamórfica en dos etapas, una de alta temperatura (tardimagmática o metamórfica de contacto) con aporte de agua desde el CEG, que daría lugar al anfíbol, y otra de menor temperatura, formando minerales como clorita y clinozoisita.
- La geotermometría en las cloritas de la vena plagioclásica da resultados similares a las cloritas de las ortoanfibolitas encajantes, por lo que puede suponerse el origen de esta roca simultáneo a la segunda etapa metamórfica.
- No existe un metamorfismo regional importante en la zona de estudio, por lo que puede descartarse su influencia en el metamorfismo de las ortoanfibolitas.

10. REFERENCIAS

- Antunes, I.M.H.R. (2006). Mineralogía, petrología e geoquímica de rochas granitóides da área de Castelo Branco-Idanha-a-Nova. Tesis doctoral, Universidade de Coimbra, 453 pp.
- Armbruster, T., Bonazzi, P., Akaska, M., Bermanec, V., Chopin, C., Gieré, R., Heuss-Assbichler, S., Liebscher, A., Menchetti, S, Pan, Y. y Pasero, M. (2006). Recommended nomenclature of epidote-group minerals. *European Journal of Mineralogy*, 18 (5), 551-567.
- Bandrés, A., Eguíluz, L., Menéndez, M., Ortega, L.A. y Gil Iburguchi, J.I. (2000). El macizo precámbrico de Mérida (suroeste de España): petrografía, geoquímica, geocronología y significado geodinámico. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 25, 159-163.
- Bascones Alvira, L., Corretgé Castañón, L.G. y Martín Herrero, D. (1982). Mapa Geológico de España 1:50000, hoja nº 620 (Zarza la Mayor). IGME.
- Bascones Alvira, L., Martín Herrero, D. y Corretgé Castañón, L.G. (1982). Mapa Geológico de España 1:50000, hoja nº 621 (Coria). IGME.
- Bau, M. (1991). Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance of the oxidation of Europium. *Chemical Geology*, 93, 219-230.
- Bau, M. (1996). Controls on the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aqueous systems: evidence from Y/Ho, Zr/Hf, and lanthanide tetrad effect. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123, 323-333.
- Bea, F., Montero, P. y Zinger, T. (2003). The Nature and Origin of the Granite Source Layer in Central Iberia: Evidence from Trace Element, Sr and Nd isotopes, and Zircon Age Patterns. *Journal of Geology*, 111, 579-595.
- Beccaluva, L., Macciotta, G., Piccardo, G.B. y Zeda, O. (1989). Clinopyroxene composition of ophiolite basalts as petrogenetic indicator. *Chemical Geology*, 77, 165-182.
- Bishop, F.C. (1980). The distribution of Fe³⁺ and Mg between coexisting ilmenite and pyroxene with applications to geothermometry. *American Journal of Science*, 280, 46-77.
- Boynton, W.V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. En: Henderson (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- Brown, G.C. (1982). Calk-alkaline intrusive rocks: Their diversity, evolution and relation to volcanic rocks. En: Thorpe, R.S. (Ed.), Andesites: Orogenic andesites and related rocks. John Wiley & Sons, New York., 437-461.
- Bruyn, D.E. (1983). Estimation of Iron (II) oxide, fluorine and water-plus by regression in micro-probe analysis of natural biotite. *Journal of Trace Microprobe Technology*, 1 (4), 399-414.

- Capdevila, R., Corretgé, L.G. y Floor, P. (1973). Les granitoïdes varisques de la Meseta Ibérique. *Bulletin de la Societé Geologique de France*, 15, 209-228.
- Carrington da Costa, J. (1950). Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco de Nery Delgado. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 28 pp.
- Castorina, F., Masi, U., Padalino, G. y Palomba, M. (2006). Constraints from geochemistry and Sr-Nd isotopes for the origin of albitite deposits from Central Sardinia (Italy). *Mineralium Deposita*, 41, 323-338.
- Castro, A., Corretgé, L. G., Rosa, J., Enrique, P., Martínez, F. J., Pascual, E., Lago, M., Arranz, E., Galé, C., Fernández, C., Donaire, T. y López, S. (2002). Palaeozoic Magmatism. *En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.). Geology of Spain, The Geological Society of London, London*, 117-153.
- Cathelineau, M. (1988). Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, 23, 471-485.
- Cebriá, J.M., López-Ruiz, J., Doblas, M., Martins, L.T. y Munha, J. (2003). Geochemistry of the Early Jurassic Messejana-Plasencia dyke: Implications on the Origin of the Central-Atlantic Magmatic Province. *Journal of Petrology*, 44(3), 547-568.
- Corretgé Castañón, L.G. (1969). Las diferenciaciones aplíticas cupuliformes en la tonalita de Zarza la Mayor-Ceclavín (Cáceres) y su interpretación petrogenética. *Acta Geológica Hispánica*, IV (5), 119-123.
- Corretgé, L.G. (1971). Estudio petrológico del batolito de Cabeza de Araya. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 453 pp.
- Corretgé, L.G., Castro, A. y García-Moreno, O. (2004). Macizo Ibérico: Granitoides de la Serie Mixta. *En: Vera, J.A. (Ed.), Geología de España. IGME-SGE, Madrid*, 115-116.
- Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J. (1979). The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin, London, 450 pp.
- Deer, W.A., Howie, R.A. y Zussman, J. (1962). Rock-forming minerals. Vol. 3, sheet silicates. Longman, London, 270pp.
- Díaz-Alvarado, J., Castro, A., Fernández, C. y Moreno-Ventas, I. (2011). Assessing bulk assimilation in cordierite-bearing granitoids from the Central System Batholith, Spain; experimental, geochemical and geochronological constraints. *Journal of Petrology*, 52 (2), 223-256.
- Díez-Balda, M.A., García Casquero, J.L., Monteserín López, V., Nozal Martín, F., Pardo Alonso, M.V. y Robles Casas, R. (1990b). Cizallamientos subverticales posteriores a la segunda fase de deformación Hercínica al Sur de Salamanca (Zona Centro-Ibérica), *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3, 117-125.

- Douville, E., Bienvenu, P., Charlou, J.L., Donval, J.P., Fouquet, Y., Appriou, P. y Gamo, T. (1999). Yttrium and rare earth elements in fluids from various deep-sea hydrothermal systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63 (5), 627-643.
- Dunn, A.M., Reynolds, P.H., Clarke, D.B. y Ugidos, J.M. (1998). A comparison of the age and composition of the Shelbourne dyke, Nova Scotia, and the Messejana dike, Spain. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35, 1110-1115.
- Dymek, R.F., Brothers, S.C. y Schiffries, C.M. (1988). Petrogenesis of ultramafic metamorphic rocks from the 3800 Ma Isua Supracrustal Belt, West Greenland. *Journal of Petrology*, 29 (6), 1353-1397.
- Egozcue, J. y Mallada, L. (1876). Memoria geológico-minera de la provincia de Cáceres. *Memoria de la Comisión del Mapa Geológico de España*. Madrid, 368 pp.
- Escuder Viruete, J. y Navidad, M. (1999). Magmatismo prehercínico relacionado con extensión cortical en el Domo Gneísico del Tormes (Macizo Ibérico): evidencias geoquímicas en ortogneises y ortoanfibolitas. *XV Reunión de Geología del Oeste Peninsular*. Badajoz, Resúmenes, 115-124.
- Fershtater, G.B. (1990). An empirical plagioclase-hornblende barometer. *Geochemistry international*, 27 (3), 20-27.
- Fettes, D. y Desmons, J. (2007). *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press, Cambridge, 256 pp.
- García de Figuerola, L.C., Corretgé, L.G. y Suárez, O. (1971). Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor. *Boletín Geológico y Minero*, 82-83-84, 217-233.
- Grapes, R.H. y Hoskin, P.W.O. (2004). Epidote group minerals in low-medium pressure metamorphic terranes. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 56, 301-345.
- Hammarstrom, J.M. y Zen, E.-A. (1986). Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist*, 71, 1297-1313.
- Hawkesworth, C.J., y Kemp, A.I.S. (2006). Evolution of the continental crust. *Nature*, 443, 811-817.
- Heming, R.F. y Rankin, P.C. (1979). Ce-anomalous lavas from Rabaul Caldera, Papua New Guinea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43 (8), 1351-1355.
- Hey, M.H. (1954). A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine*, 30, 277-292.
- Hole, M.J., Saunders, A.D., Marriner, G.F. y Tarney, J. (1984). Subduction of pelagic sediments: implications for the origin of Ce-anomalous basalts from the Mariana Islands. *Journal of the Geological Society*, 141, 453-472.
- Holland, T. y Blundy, J. (1994). Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 116, 433-447.

- Hutchison, C.S. (1974). *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*. John Wiley & Sons, New York, 1-527.
- Hutchison, C.S. (1975). The norm, its variations, their calculation and relationships. *Schweiz Mineral Petrogr. Mitt.*, 55, 243-256.
- Janoušek, V., Farrow, C.M. y Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47 (6), 1255-1259.
- Jian, G., Liangshu, S., Jacques, C., Sebastien, L.C. y Shuwen, S. (2002). Geochemical features of two early Paleozoic ophiolitic zones and volcanic rocks in the central-southern Tianshan region, Xingiang. *Chinese Journal of Geochemistry*, 21 (4), 308-321.
- Julivert, M., Fontboté, J., Ribeiro, A. y Conde, L. (1974). Memoria explicativa del mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1:1000000. Inst. Geol. Min. España, Madrid, 133 pp.
- Kuepouo, G., Tchouankoue, J.P., Nagao, T. y Sato, H. (2006). Transitional tholeiitic basalts in the Tertiary Bana volcano-plutonic complex, Cameroon Line. *Journal of African Earth Sciences*, 45, 318-332.
- Kurat, G., Palme, H., Embey-Isztin, A., Touret, J., Ntaflos, T., Spettel, B., Brandstätter, F., Palme, C., Dreibus, G. y Prinz, M. (1993). Petrology and geochemistry of peridotites and associated vein rocks of Zabargad Island, Red Sea, Egypt. *Mineralogy and Petrology*, 48, 309-341.
- Laird, J. y Albee, A.L. (1981). Pressure, temperature and time indicators in mafic schist: their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. *American Journal of Science*, 281, 127-165.
- Leake, B.E. (1968). The relationship between composition of calciferous amphibole and grade of metamorphism. En: Oliver y Boyd (Eds), *Controls of Metamorphism*. London, 299-318.
- Leake, B.E. (1978). Nomenclature of amphiboles. *American Mineralogist*, 63, 1023-1052.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Birch, W.D., Burke, E.A.J., Ferraris, G., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Schumacher, J.C., Stephenson, N.C.N. y Whittaker, E.J.W. (2004). Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *Mineralogical Magazine*, 68 (1), 209-215.
- Le Bas, M.J. (1962). The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. *American Journal of Science*, 260, 267-288.
- Leterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girard, D y Marchel, M. (1982). Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 139-154.

- Madinabeitia, S.G.D., Lorda, M.E.S. y Ibarguchi, J.I.G. (2008). Simultaneous determination of major to ultratrace elements in geological samples by fusion-dissolution and inductively coupled plasma mass spectrometry techniques. *Analytica Chimica Acta*, 625 (2), 117-130.
- Martínez-Catalán, J.R., Martínez-Poyatos, D. y Bea, F. (2004). Zona Centroibérica. Introducción. En: Vera, J.A. (Ed.). *Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España (SGE-IGME), Madrid. 68-69.
- Masuda, A. y Nagasawa, S. (1975). Rocks with negative Cerium anomalies, dredged from Shatsky Rise. *Geochemical Journal*, 9, 227-233.
- Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Middlemost, E.A.K. (1975). The basalt clan. *Earth Science Reviews*, 11, 337-364.
- Mills, R.A. y Elderfield, H. (1995). Rare earth element geochemistry of hydrothermal deposits from the active TAG mound, 26°N Mid-Atlantic Ridge. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59 (17), 3511-3524.
- Miyashiro, A. (1974). Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, 274, 321-355.
- Morimoto, N. (1989). Nomenclature of pyroxenes. *Canadian Mineralogist*, 27, 143-156.
- Moundi, A., Wandji, P., Bardintzeff, J.-M., Ménard, J.-J., Atouba, L.C.O, Mouncherou, O.F., Reusser, E., Bellon, H. y Tchoua, F.M. (2007). Les basaltes éocènes à affinité transitionnelle du plateau Bamoun, témoins d'un réservoir mantellique enrichi sous la ligne volcanique du Cameroun. *Comptes Rendus Geoscience*, 339, 396-406.
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.M. y Carron, J.P. (1985). Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 301 (11), 813-818.
- Neal, C.R. y Taylor, L.A. (1989). A negative Ce anomaly in a peridotite xenolith: Evidence for crustal recycling into the mantle or mantle metasomatism? *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 1035-1040.
- Nisbet, E.G. y Pearce, J.A. (1977). Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 63, 149-160.
- Orejana, D., Villaseca, C., Pérez-Soba, C., López-García, J.A. y Billström, K. (2009). The Variscan gabbros from the Spanish Central System: A case for crustal recycling in the sub-continental lithospheric mantle? *Lithos*, 110, 262-276.

- Osipenko, A.B. y Ledneva, G.V. (2001). Geochemistry and origin of leucocratic rocks of the Eplichik zoned mafic-ultramafic massif (Southeastern Koryakia). *Geochemistry International*, 39 (5), 467-478.
- Pearce, J. (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. En: Thorpe, R. (Ed.), *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*. John Wiley & Sons, New York., 525-548.
- Pereira, E., Ribeiro, A. y Meireles, C. (1993). Cisalhamentos hercínicos e controlo das mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona Centro-Ibérica, em Portugal. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 18, 89-119.
- Rodríguez Alonso, M.D. y Alonso Gavilán, G. (1995). Neoproterozoic-Lower Cambrian in the Central-Western part of the Iberian Peninsula. Spain-Portugal. Post-Conference Field Guide, *XIII Geol. Meet. West of the Iberian Peninsula*. 120 pp.
- Rodríguez Alonso, M.D., Díez Balda, M.A., Perejón, A., Pieren, A., Liñán, E., López Díaz, F., Moreno, J.A., Gámez Vintaned, J.A., González Lodeiro, F., Martínez Poyatos, D. y Vegas, R. (2004). Dominio del Complejo Esquisto-grauváquico. En: Vera, J.A. (Ed.). *Geología de España*. IGME-SGE, Madrid, 78-81.
- Rubio, J.I. (1982). Nota sobre las dioritas del NW de Zarza la Mayor. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 3, 75-81.
- Rubio-Ordóñez, A., Corretgé, L.G. y Cuesta, A. (2007). Morfología de los circones como indicadores petrogenéticos de la asociación tonalita-leucogranito: El caso del plutón de Zarza la Mayor (Cáceres-España). *Geogaceta*, 41, 187-190.
- Rudnik, R.L. (1995). Making continental crust. *Nature*, 378, 571-578.
- Selbekk, R.S., Skjerlie, K.P. y Pedersen, R.B. (2000). Generation of anorthositic magma by H₂O-fluxed anatexis of silica-undersaturated gabbro: an example from the north Norwegian Caledonides. *Geological Magazine*, 609-621.
- Shervais, J.W. (1982). Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 101-118.
- Silva, S.I.P.F.D. (2007). Estudo geoquímico de metabasitos da ZOM e da ZCI aflorantes na região Centro-Norte de Portugal. Tesis de Máster, Univ. de Aveiro. 217p.
- Sun, S.S. y McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: Saunders, A.D. y Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publication 42, 313-345.
- Teixeira, C. (1955). Notas sobre a Geología de Portugal: o Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordoviciano. Empresa Literária Fluminense, Lisboa, 50 pp.

- Thompson, R.N. (1982). Magmatism of the British Tertiary Volcanic Province. *Scottish Journal of Geology*, 18, 49-107.
- Ugidos, J.M., Sánchez-Santos, J.M., Barba, P. y Valladares, M.I. (2010). Upper Neoproterozoic series in the Central Iberian, Cantabrian and West Asturian Leonese Zones (Spain): Geochemical data and statistical results as evidence for a shared homogenised source area. *Precambrian Research*, 178, 51-58.
- Valladares, M.I., Barba, P., Colmenero, J.R., Armenteros, I. y Ugidos, J.M. (1998). La sucesión sedimentaria del Precámbrico superior-Cámbrico inferior en el sector central de la Zona Centro Ibérica: litoestratigrafía, geoquímica y facies sedimentarias. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11 (3-4), 271-283.
- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis: a Global Tectonic Approach*. Harper Collins, London, 466 pp.
- Winchester, J.A. y Floyd, P.A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Wood, D.A. (1980). The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50 (1), 11-30.

APÉNDICES

APÉNDICE I: Listado de Muestras

MUESTRA	Localidad	Localización UTM			Tipo	Láminas delgadas	Análisis		
		Huso	X	Y			EPMA	XRF	ICP-MS
10670	Ceclavín	-	-	-	Gb	1	-	Sí	
13038	NW Zarza	29S	680710	4420264	Gb	2	-	-	-
13039	NW Zarza	29S	680710	4420264	Gb	2	-	-	-
13040	NW Zarza	29S	680710	4420264	Gb	2	-	-	-
13041	NW Zarza	29S	680710	4420264	Gb	2	-	-	-
13042	NW Zarza	29S	680710	4420264	Gb	2	-	Sí	-
14042	EX-117	29S	688839	4421822	Mlg	1	-	Sí	Sí
14043	Ceclavín	29S	689554	4411133	Po	4	Sí	Sí	Sí
14043-PLAG	Ceclavín	29S	689554	4411133	Plag	2	Sí	Sí	Sí
14263	Ceclavín	29S	689960	4411118	Gb	1	Sí	-	-
14285	NW Zarza	29S	681079	4417441	Di	2	Sí	-	-
14286	NW Zarza	29S	681079	4417441	Di	3	Sí	-	-
14288	Ceclavín	29S	690776	4411701	Po	1	Sí	-	-
14290	Ceclavín	29S	690776	4411701	Po	1	-	-	-
14293	Ceclavín	29S	690480	4411519	Po	1	Sí	-	-
14303	Ceclavín	29S	689660	4411379	Po	-	-	-	-
14576	Ceclavín	29S	689828	4410964	Gb	-	-	-	-
14824	Cerro Colorado	29S	682238	4422555	Mlg	3	-	Sí	Sí
14825	Cerro Colorado	29S	682765	4422802	Mlg	1	-	-	-
14827	Ceclavín	29S	690015	4411127	Gb	2	-	Sí	Sí
14828	Ceclavín	29S	690015	4411127	Gb	1	-	Sí	Sí
14829	Cerro Colorado	29S	683615	4421982	Mlg	1	-	Sí	Sí
14831	Ceclavín	29S	689825	4410789	Gb	1	-	-	-
14832	Ceclavín	29S	689592	4411111	Po	1	-	-	-
14833	Ceclavín	29S	689532	4411149	CXG	1	-	-	-
14834	Ceclavín	29S	689519	4411154	Po	1	-	-	-
14835	Ceclavín	29S	689517	4411160	Po	1	-	-	-

Tipo de roca: Gb = Ortoanfibolita gabroica, Po = Ortoanfibolita porfídica, Di = Ortoanfibolita dioritoide, Mlg = Metaleucogabro, Plag = vena plagioclásica; CXG = Complejo esquistos-grauváquico.

APÉNDICE II: Determinación mineralógica modal

Localidad Muestra Tipo	Ceclavín					NW Zarza la Mayor					EX-117	Cerro Colorado				
	14043 Po	14043-PLAG Plag	14263 Gb	14288 Po	14293 Po	14827 Gb	14828 Gb	14832 Po	13042 Gb	13039 Gb	13040 Gb	14285 Di	14286 Di	14042 Lg	14824 Lg	14829 Lg
Clinopiroxeno rel.	2,4		2,4													
Anfibol T1	42,7		58,8	1,6		44,7	51,8	0,5	40,8	33,6	47,7	37,4	28,5			
Anfibol T2	15,0		8,9	40,5	53,0	20,4	18,6	45,6	20,0	20,5		25,3				
Anfibol T3					0,6						13,2	1,4	21,1			
Plagioclasa Fenocrist.	12,5			29,6	4,8			17,7					40,8	13,8	3,7	10,7
Plagioclasa Sauss.	5,1		13,0	0,6	1,3	0,1	1,3		2,0	4,3			0,4			
Plagioclasa	16,7	96,0	11,9	20,2	26,8	27,4	24,3	27,6	30,1	24,0	27,1	27,5		39,4	49,4	27,2
Sericita														6,7		27,1
Opacos	3,9		0,5	3,2	4,1	5,0	3,9	5,6	5,7	3,0	6,1	4,3	3,1	3,7	7,5	4,9
Leucoxeno	1,5		4,6	0,4	2,0	1,2	0,3			0,9		2,0		0,3		1,0
Plagioclasa (Venas)								0,3								
Epidota/Clinozoisita	0,1	0,6		3,9	2,6	0,4		0,4		12,1	0,8	0,3	4,5			
Ep/Czo (Venas)						0,7					4,3	1,9				
Clorita		0,7			4,9			2,3	0,2	1,6	0,7			18,2	20,8	14,0
Apatito													0,4	0,2	1,7	1,3
Biotita									1,1				0,8			
Cuarzo														0,4		1,4
Carbonatos		2,6												17,1	13,6	12,5
Hematites													0,4		3,3	
TOTALES																
Anfibol (T1+T2+T3)	57,8		67,7	42,1	53,6	65,1	70,4	46,1	60,8	54,1	60,9	64,1	49,6			
Plagioclasa total	34,2	96,0	24,8	50,4	32,8	27,5	25,5	45,2	32,1	28,3	27,1	27,5	41,2	60,0	53,0	65,0
Opacos (Op+Leucoxeno)	5,5		5,1	3,6	6,1	6,2	4,1	5,6	5,7	3,9	6,1	6,3	3,1	4,0	7,5	5,8
TOTAL	97,5	96,0	97,6	96,1	92,5	98,9	100,0	97,0	98,6	86,2	94,2	97,8	94,0	64,0	60,6	70,8
Fenocristales	17,6			30,2	6,0		1,3	17,7					41,2	20,6	3,7	37,8

Tipo de roca: Gb = Ortoanfibolita gabroica, Po = Ortoanfibolita porfídica, Di = Ortoanfibolita dioritoide, Mlg = Metaleucogabro, Plag = vena plagioclásica. Valores en % modal.

APÉNDICE III: Geoquímica mineral

ANFÍBOLES

Zona	1D	1D	1D	1E	1E	1E	4	4	3B	3B	2	2	3A	1J	3C	3C
Punto	6 / 1	7 / 1	9 / 1	13 / 1	14 / 1	15 / 1	32 / 1	33 / 1	37 / 1	38 / 1	12 / 1	13 / 1	22 / 1	23 / 1	34 / 1	35 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043
Grupo	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2	anf 1	anf 1	anf 2	anf 1	anf 2	anf 2
SiO ₂	52,41	51,13	52,23	51,89	51,67	53,11	50,83	49,87	51,22	49,37	53,46	49,77	44,63	48,10	49,56	43,20
TiO ₂	0,33	0,51	0,42	0,61	0,49	0,25	0,38	0,50	0,55	0,68	0,34	0,78	0,71	0,68	0,57	0,86
Al ₂ O ₃	4,26	5,04	4,19	4,01	4,10	3,56	5,65	6,56	5,08	7,51	3,23	6,58	12,50	8,69	7,14	13,93
Cr ₂ O ₃	0,08	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,08	0,16	0,02	0,00	0,02	0,00
FeO	12,58	13,59	12,48	12,91	13,35	10,38	14,08	13,82	14,08	14,17	12,70	13,64	15,90	14,71	14,40	16,43
MgO	14,97	14,11	15,24	14,74	14,60	16,59	14,24	13,63	14,35	13,23	15,71	13,74	10,52	12,24	12,88	9,18
MnO	0,39	0,38	0,31	0,23	0,24	0,17	0,32	0,36	0,34	0,28	0,31	0,24	0,33	0,29	0,29	0,25
NiO	0,06	0,01	0,01	0,09	0,01	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,04	0,00	0,01	0,00
CaO	12,54	11,97	12,25	12,22	12,39	12,84	11,79	11,71	11,55	12,02	11,96	11,69	11,63	12,18	12,10	11,81
Na ₂ O	0,46	0,67	0,51	0,57	0,55	0,45	0,76	0,97	0,68	0,92	0,46	0,77	1,59	1,05	0,83	1,55
K ₂ O	0,07	0,11	0,10	0,09	0,12	0,07	0,10	0,14	0,11	0,14	0,06	0,31	0,26	0,18	0,14	0,38
P ₂ O ₅	0,13	0,09	0,07	0,10	0,03	0,08	0,05	0,10	0,11	0,07	0,10	0,09	0,07	0,12	0,13	0,09
F																
Cl																
Total	98,28	97,60	97,86	97,49	97,55	97,55	98,29	97,67	98,07	98,39	98,41	97,81	98,20	98,24	98,05	97,67
Si	7,49	7,37	7,47	7,48	7,46	7,58	7,25	7,19	7,31	7,09	7,56	7,16	6,50	6,98	7,17	6,39
Si(Ti)	3,49	3,37	3,47	3,48	3,46	3,58	3,25	3,19	3,31	3,09	3,56	3,16	2,50	2,98	3,17	2,39
Ti	0,04	0,06	0,04	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08	0,08	0,07	0,06	0,10
Al	0,72	0,86	0,71	0,68	0,70	0,60	0,95	1,11	0,86	1,27	0,54	1,12	2,15	1,49	1,22	2,43
Al ^{IV}	0,51	0,63	0,53	0,52	0,54	0,42	0,75	0,81	0,69	0,91	0,44	0,84	1,50	1,02	0,83	1,61
Al ^{VI}	0,21	0,23	0,17	0,17	0,16	0,18	0,20	0,30	0,17	0,36	0,10	0,28	0,65	0,46	0,38	0,82
Cr	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,24	0,38	0,35	0,26	0,26	0,12	0,63	0,48	0,66	0,42	0,49	0,50	0,56	0,30	0,32	0,34
Fe ²⁺	1,27	1,25	1,14	1,29	1,35	1,12	1,05	1,19	1,02	1,28	1,01	1,14	1,38	1,48	1,43	1,69
Mg	3,19	3,03	3,25	3,17	3,14	3,53	3,03	2,93	3,05	2,83	3,31	2,95	2,28	2,64	2,78	2,02
Ni	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Mn	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
Ca	1,92	1,85	1,88	1,89	1,92	1,96	1,80	1,81	1,77	1,85	1,81	1,80	1,82	1,89	1,87	1,87
Na	0,13	0,19	0,14	0,16	0,15	0,13	0,21	0,27	0,19	0,26	0,13	0,21	0,45	0,30	0,23	0,44
K	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,06	0,05	0,03	0,03	0,07
Na _{M4}	0,08	0,15	0,12	0,11	0,08	0,04	0,20	0,19	0,19	0,15	0,13	0,20	0,18	0,11	0,13	0,13
Na _A	0,05	0,04	0,02	0,05	0,07	0,09	0,01	0,08	0,00	0,11	0,00	0,02	0,26	0,19	0,11	0,32
Vac _A	0,94	0,94	0,96	0,94	0,91	0,90	0,97	0,90	0,98	0,87	0,99	0,93	0,69	0,78	0,87	0,61

Zona	3C	4B	4B	4B	4B	4B	1A	7	7	2A	2A	2A	3A	3C	1H	1H
Punto	39 / 1	40 / 1	41 / 1	42 / 1	43 / 1	44 / 1	142 / 1	152 / 1	153 / 1	164 / 1	165 / 1	166 / 1	170 / 1	172 / 1	176 / 1	177 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043B									
Grupo	anf 2	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2	anf 1	anf 1					
SiO ₂	44,29	47,66	50,42	49,19	46,66	43,02	50,10	43,22	42,86	48,43	48,91	48,72	41,87	40,54	40,64	48,83
TiO ₂	0,65	0,68	0,63	0,32	0,74	0,81	0,70	0,76	0,74	0,62	0,64	0,67	0,17	0,22	0,66	0,84
Al ₂ O ₃	12,59	8,51	6,43	7,28	9,89	13,34	6,55	13,91	14,19	7,89	7,51	7,46	16,61	17,54	17,60	8,11
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,22	0,03	0,02	0,23	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
FeO	16,17	15,10	13,95	14,80	15,63	16,69	12,60	15,85	15,94	14,66	14,25	15,13	14,38	16,19	15,88	13,86
MgO	9,86	12,32	13,65	13,16	11,40	9,33	14,14	9,95	9,88	12,74	13,02	13,05	9,62	8,61	8,69	12,90
MnO	0,30	0,32	0,29	0,33	0,22	0,26	0,23	0,25	0,32	0,30	0,29	0,37	0,25	0,28	0,29	0,31
NiO	0,04	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01
CaO	12,09	11,57	11,99	11,52	12,17	11,86	12,50	11,57	11,35	11,68	12,06	11,44	11,22	10,96	11,46	12,04
Na ₂ O	1,36	1,19	0,83	1,03	1,16	1,49	0,77	1,87	2,01	1,04	1,00	1,11	1,90	2,31	2,13	1,02
K ₂ O	0,31	0,22	0,13	0,18	0,19	0,42	0,19	0,29	0,27	0,16	0,13	0,14	0,25	0,21	0,29	0,16
P ₂ O ₅	0,09	0,11	0,10	0,06	0,13	0,12	0,12	0,10	0,08	0,09	0,11	0,08	0,50	0,11	0,06	0,04
F																
Cl																
Total	97,76	97,68	98,49	97,89	98,22	97,37	98,17	97,79	97,66	97,84	98,05	98,20	96,78	96,99	97,70	98,15
Si	6,53	6,93	7,22	7,08	6,80	6,39	7,21	6,35	6,30	7,01	7,07	7,00	6,17	5,99	5,98	7,04
Si(Ti)	2,53	2,93	3,22	3,08	2,80	2,39	3,21	2,35	2,30	3,01	3,07	3,00	2,17	1,99	1,98	3,04
Ti	0,07	0,07	0,07	0,03	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,02	0,02	0,07	0,09
Al	2,19	1,46	1,09	1,24	1,70	2,34	1,11	2,41	2,46	1,35	1,28	1,26	2,89	3,05	3,05	1,38
Al ^{IV}	1,47	1,07	0,78	0,92	1,20	1,61	0,79	1,65	1,70	0,99	0,93	1,00	1,83	2,01	2,02	0,96
Al ^{VI}	0,72	0,38	0,31	0,32	0,50	0,73	0,32	0,76	0,75	0,35	0,35	0,27	1,06	1,04	1,03	0,42
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,33	0,56	0,40	0,65	0,36	0,40	0,19	0,50	0,59	0,54	0,38	0,73	0,59	0,75	0,57	0,31
Fe ²⁺	1,67	1,27	1,27	1,13	1,55	1,67	1,32	1,45	1,37	1,23	1,34	1,09	1,19	1,25	1,39	1,36
Mg	2,17	2,67	2,91	2,82	2,48	2,07	3,03	2,18	2,16	2,75	2,81	2,79	2,11	1,90	1,90	2,77
Ni	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
Ca	1,91	1,80	1,84	1,78	1,90	1,89	1,93	1,82	1,79	1,81	1,87	1,76	1,77	1,73	1,81	1,86
Na	0,39	0,34	0,23	0,29	0,33	0,43	0,22	0,53	0,57	0,29	0,28	0,31				

Zona	3D	1F	1F	1F	1F	1A	1A	1A	1A	1M	1M	1M	1M	1L	1D1K	1D1K
Punto	189 / 1	3 / 1	4 / 1	13 / 1	14 / 1	27 / 1	29 / 1	32 / 1	33 / 1	38 / 1	43 / 1	44 / 1	47 / 1	50 / 1	59 / 1	60 / 1
Muestra	14043B	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263
Grupo	anf 2	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1
SiO ₂	43,63	51,09	49,51	52,59	50,55	49,44	51,63	47,62	43,59	49,05	49,85	47,51	46,29	54,90	51,05	51,98
TiO ₂	0,88	0,43	0,49	0,25	0,39	0,33	0,15	0,69	0,67	0,35	0,19	0,21	0,81	0,03	0,16	0,22
Al ₂ O ₃	13,46	5,80	7,06	3,82	5,92	6,67	4,88	8,74	13,15	7,24	6,25	8,33	10,45	2,74	6,29	4,53
Cr ₂ O ₃	0,02	0,05	0,10	0,11	0,16	0,43	0,22	0,05	0,04	0,33	0,34	0,21	0,05	0,22	0,44	0,43
FeO	15,97	12,58	13,48	11,76	12,50	12,64	12,17	13,35	14,97	12,02	12,96	14,75	14,02	9,17	11,75	12,46
MgO	10,29	14,23	13,65	15,50	14,20	13,44	14,45	12,36	10,25	13,87	13,40	11,74	11,77	17,31	14,06	14,61
MnO	0,33	0,24	0,23	0,27	0,22	0,22	0,26	0,24	0,26	0,21	0,26	0,21	0,28	0,21	0,27	0,32
NiO	0,03	0,01	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,05	0,01
CaO	10,53	12,13	11,62	12,12	11,94	12,34	12,70	12,24	11,74	12,37	12,66	12,26	12,22	13,06	12,67	12,62
Na ₂ O	2,01	0,88	0,85	0,61	0,91	0,90	0,63	1,23	1,86	0,98	0,83	1,05	1,43	0,34	0,85	0,55
K ₂ O	0,27	0,11	0,16	0,09	0,14	0,26	0,12	0,20	0,22	0,24	0,17	0,27	0,16	0,02	0,15	0,13
P ₂ O ₅	0,05	0,08	0,10	0,07	0,06	0,11	0,10	0,07	0,09	0,06	0,07	0,07	0,10	0,09	0,08	0,07
F		0,03	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02
Cl		0,00	0,13	0,02	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Total	97,48	97,65	97,47	97,27	97,06	96,85	97,33	96,80	96,86	96,77	97,05	96,63	97,59	98,16	97,82	98,01

Si	6,36	7,36	7,14	7,55	7,32	7,25	7,49	7,01	6,46	7,16	7,31	7,04	6,78	7,76	7,38	7,48
Si(Tl)	2,36	3,36	3,14	3,55	3,32	3,25	3,49	3,01	2,46	3,16	3,31	3,04	2,78	3,76	3,38	3,48
Ti	0,10	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,04	0,02	0,02	0,09	0,00	0,02	0,02
Al	2,31	0,99	1,20	0,65	1,01	1,15	0,84	1,52	2,30	1,25	1,08	1,46	1,80	0,46	1,07	0,77
Al ^{IV}	1,64	0,64	0,86	0,45	0,68	0,75	0,51	0,99	1,54	0,84	0,69	0,96	1,22	0,24	0,62	0,52
Al ^{VI}	0,67	0,35	0,34	0,20	0,33	0,40	0,32	0,53	0,76	0,41	0,39	0,50	0,58	0,22	0,45	0,25
Cr	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03	0,01	0,00	0,04	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,05
Fe ³⁺	0,86	0,18	0,54	0,27	0,26	0,06	0,00	0,05	0,31	0,12	0,00	0,13	0,18	0,00	0,00	0,10
Fe ²⁺	1,09	1,34	1,09	1,14	1,26	1,49	1,48	1,60	1,55	1,35	1,59	1,69	1,54	1,08	1,42	1,40
Mg	2,24	3,06	2,93	3,32	3,06	2,94	3,12	2,71	2,27	3,02	2,93	2,59	2,57	3,65	3,03	3,13
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
Ca	1,65	1,87	1,80	1,86	1,85	1,94	1,97	1,93	1,87	1,94	1,99	1,95	1,92	1,98	1,96	1,95
Na	0,57	0,25	0,24	0,17	0,26	0,26	0,18	0,35	0,53	0,28	0,24	0,30	0,41	0,09	0,24	0,15
K	0,05	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,00	0,03	0,02	0,02
Na _{M4}	0,35	0,13	0,20	0,14	0,15	0,06	0,03	0,07	0,13	0,06	0,01	0,05	0,08	0,02	0,04	0,05
Na _A	0,21	0,12	0,03	0,04	0,11	0,19	0,15	0,28	0,40	0,21	0,22	0,25	0,32	0,07	0,20	0,10
Vac _A	0,74	0,86	0,94	0,95	0,87	0,76	0,83	0,68	0,56	0,74	0,74	0,70	0,65	0,92	0,77	0,88

Zona	1D1K	1D1K	1D1K	1D1K	1D1K	1D1K	1G	1G	1G	1C	6B	4	4	4	4	1
Punto	68 / 1	69 / 1	70 / 1	72 / 1	74 / 1	80 / 1	86 / 1	92 / 1	93 / 1	96 / 1	105 / 1	115 / 1	116 / 1	123 / 1	124 / 1	208 / 1
Muestra	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14285a
Grupo	anf 1	anf 2	anf 2	anf 2	anf 2	anf 1										
SiO ₂	52,16	52,00	51,04	46,58	53,26	52,42	48,50	52,44	52,19	47,80	51,28	47,24	44,97	45,54	53,70	53,17
TiO ₂	0,25	0,01	0,46	0,55	0,26	0,30	0,70	0,43	0,40	0,35	0,44	0,69	0,87	0,74	0,40	0,22
Al ₂ O ₃	4,93	5,02	5,52	10,51	3,56	5,05	8,35	4,40	4,51	10,27	5,44	10,10	11,93	11,42	3,84	3,54
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,26	0,48	0,05	0,15	0,29	0,05	0,00	0,07	0,03	0,00	0,06
FeO	12,50	13,54	13,15	13,97	12,62	10,73	12,73	12,12	11,86	8,47	12,76	13,64	14,85	14,33	11,31	13,07
MgO	14,14	13,83	13,88	11,75	14,95	15,37	12,86	15,07	15,05	15,30	14,19	11,85	10,71	11,30	15,92	14,61
MnO	0,23	0,27	0,22	0,12	0,29	0,30	0,19	0,25	0,23	0,18	0,26	0,21	0,24	0,27	0,19	0,22
NiO	0,03	0,01	0,06	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00
CaO	12,42	12,89	12,36	12,07	12,71	12,98	12,28	12,72	12,74	12,89	12,54	12,03	12,16	11,94	12,48	12,81
Na ₂ O	0,59	0,50	0,73	1,40	0,44	0,64	1,09	0,60	0,60	1,52	0,69	1,48	1,58	1,69	0,45	0,66
K ₂ O	0,13	0,18	0,13	0,18	0,08	0,09	0,14	0,07	0,07	0,19	0,14	0,15	0,24	0,22	0,00	0,08
P ₂ O ₅	0,10	0,06	0,07	0,13	0,09	0,04	0,07	0,05	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08	0,09	0,09	0,06
F	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,03	0,05	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
Total	97,56	98,32	97,67	97,34	98,28	98,22	97,43	98,25	97,89	97,43	97,90	97,56	97,75	97,64	98,44	98,50

Si	7,54	7,50	7,39	6,83	7,63	7,49	7,06	7,51	7,50	6,87	7,40	6,91	6,62	6,68	7,60	7,64
Si(Tl)	3,54	3,50	3,39	2,83	3,63	3,49	3,06	3,51	3,50	2,87	3,40	2,91	2,62	2,68	3,60	3,64
Ti	0,03	0,00	0,05	0,06	0,03	0,03	0,08	0,05	0,04	0,04	0,05	0,08	0,10	0,08	0,04	0,02
Al	0,84	0,85	0,94	1,82	0,60	0,85	1,43	0,74	0,76	1,74	0,93	1,74	2,07	1,97	0,64	0,60
Al ^{IV}	0,46	0,50	0,61	1,17	0,37	0,51	0,94	0,49	0,50	1,13	0,60	1,09	1,38	1,32	0,40	0,36
Al ^{VI}	0,38	0,36	0,33	0,65	0,23	0,34	0,50	0,25	0,26	0,61	0,32	0,65	0,69	0,65	0,24	0,24
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,12	0,18	0,05	0,00	0,06	0,06	0,03	0,00	0,08	0,08	0,16	0,23	0,18	0,00
Fe ²⁺	1,51	1,63	1,47	1,53	1,46	1,28	1,49	1,39	1,39	1,02	1,46	1,59	1,67	1,53	1,16	1,57
Mg	3,05	2,97	2,99	2,57	3,19	3,27	2,79	3,21	3,22	3,28	3,05	2,58	2,35	2,47	3,36	3,13
Ni	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03					

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Punto	220 / 1	225 / 1	233 / 1	237 / 1	243 / 1	244 / 1	6 / 1	11 / 1	14 / 1	19 / 1	20 / 1	22 / 1	23 / 1	24 / 1	26 / 1	28 / 1
Muestra	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a
Grupo	anf 1	anf 2	anf 2	anf 2	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2	anf 3	anf 1	anf 2					
SiO ₂	52,33	42,66	43,66	41,44	54,26	52,19	39,73	53,62	43,23	48,84	53,76	53,07	53,18	50,09	50,71	43,73
TiO ₂	0,11	0,68	0,76	0,64	0,10	0,22	1,33	0,10	0,75	0,35	0,07	0,29	0,34	0,28	0,52	0,81
Al ₂ O ₃	4,48	14,07	12,97	15,85	2,30	4,75	16,40	3,13	13,20	7,68	2,80	3,60	3,24	6,12	6,27	13,29
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02
FeO	13,37	16,98	15,63	15,52	12,52	13,61	15,75	12,53	15,19	13,64	13,00	13,10	13,12	13,64	13,62	16,18
MgO	14,34	8,85	10,23	8,76	15,79	14,11	8,88	15,42	10,05	12,86	15,18	14,66	14,84	13,45	13,56	9,54
MnO	0,27	0,29	0,27	0,22	0,22	0,26	0,27	0,24	0,24	0,25	0,23	0,22	0,23	0,21	0,30	0,28
NiO	0,05	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
CaO	12,28	11,84	11,61	11,78	12,49	12,16	11,55	12,50	11,60	12,23	12,62	12,05	12,23	12,13	12,18	11,74
Na ₂ O	0,83	2,35	2,45	2,53	0,43	0,91	2,79	0,61	2,31	1,32	0,52	0,74	0,61	1,11	1,08	2,24
K ₂ O	0,12	0,17	0,12	0,19	0,04	0,10	0,22	0,07	0,13	0,19	0,06	0,07	0,01	0,13	0,07	0,12
P ₂ O ₅	0,11	0,09	0,09	0,11	0,11	0,07	0,09	0,08	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,07	0,08
F	0,06	0,12	0,03	0,05	0,04	0,00	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,00	0,06
Cl	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01
Total	98,45	98,10	97,89	97,12	98,33	98,44	97,05	98,39	96,87	97,53	98,41	97,92	97,98	97,31	98,45	98,08
Si	7,51	6,35	6,44	6,20	7,73	7,49	5,96	7,66	6,44	7,14	7,69	7,62	7,63	7,30	7,29	6,46
Si(Tl)	3,51	2,35	2,44	2,20	3,73	3,49	1,96	3,66	2,44	3,14	3,69	3,62	3,63	3,30	3,29	2,46
Ti	0,01	0,08	0,08	0,07	0,01	0,02	0,15	0,01	0,08	0,04	0,01	0,03	0,04	0,03	0,06	0,09
Al	0,76	2,47	2,26	2,80	0,39	0,80	2,90	0,53	2,32	1,32	0,47	0,61	0,55	1,05	1,06	2,31
Al ^{IV}	0,49	1,65	1,56	1,80	0,27	0,51	2,04	0,34	1,56	0,86	0,31	0,38	0,37	0,70	0,71	1,54
Al ^{VI}	0,27	0,81	0,70	1,00	0,11	0,29	0,86	0,18	0,76	0,46	0,17	0,23	0,18	0,35	0,35	0,77
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,15	0,20	0,30	0,10	0,19	0,16	0,32	0,13	0,24	0,08	0,10	0,16	0,17	0,15	0,17	0,21
Fe ²⁺	1,45	1,91	1,63	1,84	1,30	1,47	1,65	1,37	1,66	1,58	1,46	1,42	1,40	1,51	1,47	1,79
Mg	3,07	1,96	2,25	1,95	3,35	3,02	1,98	3,28	2,23	2,80	3,24	3,14	3,17	2,92	2,91	2,10
Ni	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Ca	1,89	1,89	1,84	1,89	1,91	1,87	1,86	1,91	1,85	1,92	1,94	1,86	1,88	1,90	1,88	1,86
Na	0,23	0,68	0,70	0,73	0,12	0,25	0,81	0,17	0,67	0,38	0,14	0,21	0,17	0,31	0,30	0,64
K	0,02	0,03	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02
Na _{M4}	0,11	0,11	0,16	0,11	0,09	0,13	0,14	0,09	0,15	0,08	0,06	0,14	0,12	0,10	0,12	0,14
Na _A	0,12	0,57	0,54	0,62	0,03	0,12	0,67	0,08	0,52	0,29	0,08	0,06	0,05	0,21	0,18	0,50
Vac _A	0,86	0,40	0,44	0,34	0,97	0,86	0,29	0,90	0,46	0,67	0,91	0,93	0,95	0,77	0,81	0,48

Zona	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	1
Punto	29 / 1	130 / 1	138 / 1	139 / 1	146 / 1	147 / 1	148 / 1	149 / 1	150 / 1	151 / 1	153 / 1	154 / 1	155 / 1	156 / 1	167 / 1	168 / 1
Muestra	14285a	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286
Grupo	anf 2	anf 3	anf 3	anf 3	anf 1	anf 3	anf 3									
SiO ₂	43,61	43,60	39,60	40,60	53,36	46,00	45,11	47,89	49,97	52,02	50,43	54,63	53,56	54,85	40,32	41,80
TiO ₂	0,73	0,34	0,07	0,00	0,23	0,74	0,82	0,59	0,48	0,31	0,42	0,10	0,06	0,15	0,05	0,14
Al ₂ O ₃	12,71	18,36	16,76	16,15	3,64	11,79	12,04	9,14	7,74	5,53	6,59	2,87	3,03	2,48	17,28	16,22
Cr ₂ O ₃	0,02	0,03	0,01	0,05	0,03	0,01	0,11	0,01	0,10	0,00	0,08	0,26	0,26	0,01	0,00	0,00
FeO	15,41	13,40	15,18	16,22	11,04	12,84	13,32	12,22	11,60	10,69	11,28	10,08	10,22	10,18	13,45	13,46
MgO	10,27	7,57	8,47	8,71	16,06	11,89	11,59	13,36	14,19	15,40	14,76	16,89	16,47	16,80	10,08	10,54
MnO	0,28	0,21	0,18	0,25	0,16	0,18	0,20	0,23	0,18	0,21	0,15	0,15	0,13	0,16	0,23	0,23
NiO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,03	0,05	0,01	0,00	0,01	0,01
CaO	11,95	11,53	11,97	11,67	12,64	12,35	12,19	12,39	12,48	12,60	12,53	12,67	12,58	12,63	11,62	11,49
Na ₂ O	2,39	2,95	2,42	2,51	0,68	1,74	1,86	1,44	1,39	0,93	1,17	0,54	0,55	0,44	2,53	2,76
K ₂ O	0,05	0,33	0,39	0,34	0,08	0,22	0,19	0,21	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,03	0,23	0,19
P ₂ O ₅	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10	0,12	0,11	0,10	0,11	0,08	0,10	0,08	0,10	0,09
F	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,00	0,05	0,02	0,00	0,01	0,04	0,06	0,03	0,03	0,02	0,01
Cl	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,04	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	97,56	98,50	95,20	96,59	98,13	97,89	97,57	97,71	98,39	97,97	97,68	98,48	97,08	97,85	95,93	96,92
Si	6,47	6,42	6,06	6,11	7,61	6,71	6,62	6,96	7,18	7,44	7,27	7,71	7,69	7,79	6,01	6,16
Si(Tl)	2,47	2,42	2,06	2,11	3,61	2,71	2,62	2,96	3,18	3,44	3,27	3,71	3,69	3,79	2,01	2,16
Ti	0,08	0,04	0,01	0,00	0,02	0,08	0,09	0,06	0,05	0,03	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Al	2,22	3,19	3,03	2,86	0,61	2,03	2,08	1,57	1,31	0,93	1,12	0,48	0,51	0,42	3,04	2,82
Al ^{IV}	1,53	1,58	1,94	1,89	0,39	1,29	1,38	1,04	0,82	0,56	0,73	0,29	0,31	0,21	1,99	1,84
Al ^{VI}	0,70	1,61	1,09	0,97	0,22	0,74	0,70	0,52	0,49	0,37	0,39	0,19	0,20	0,20	1,05	0,98
Cr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,17	0,00	0,11	0,36	0,06	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00	0,02	0,05	0,04	0,01	0,44	0,37
Fe ²⁺	1,74	1,65	1,84	1,68	1,26	1,57	1,55	1,40	1,39	1,28	1,34	1,14	1,19	1,20	1,24	1,29
Mg	2,27	1,66	1,93	1,95	3,41	2,59	2,53	2,89	3,04	3,28	3,17	3,56	3,52	3,55	2,24	2,32
Ni	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Ca	1,90	1,82	1,96	1,88	1,93	1,93										

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	6	
Punto	174 / 1	176 / 1	178 / 1	179 / 1	180 / 1	189 / 1	198 / 1	199 / 1	1 / 1	2 / 1	3 / 1	4 / 1	6 / 1	11 / 1	14 / 1	18 / 1
Muestra	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288
Grupo	anf 3	anf 3	anf 1	anf 1	anf 1	anf 3	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2
SiO ₂	41,42	40,94	54,98	54,47	44,56	41,27	53,53	53,05	43,40	45,25	44,33	44,67	44,21	44,50	46,48	45,51
TiO ₂	0,52	0,54	0,08	0,07	0,88	0,56	0,26	0,23	1,64	1,23	1,36	1,18	1,89	1,52	1,56	1,72
Al ₂ O ₃	16,54	17,71	2,27	2,79	12,47	17,03	3,66	4,12	11,38	9,73	10,78	10,80	10,22	10,29	9,07	10,28
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,29	0,10	0,15	0,02	0,02	0,00	1,13	1,15	1,49	1,12	0,80	1,19	0,05	0,02
FeO	13,28	13,24	10,10	10,60	13,04	13,78	9,84	9,93	14,47	14,31	14,89	14,30	14,93	14,45	14,14	14,73
MgO	10,33	9,81	16,77	16,56	11,93	9,63	16,67	16,35	10,87	11,76	10,95	11,29	11,19	11,49	12,16	11,65
MnO	0,25	0,22	0,17	0,14	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,25	0,21	0,20	0,25	0,30	0,25	0,24
NiO	0,06	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
CaO	12,00	11,90	12,70	12,99	12,03	11,92	12,66	12,60	11,79	12,15	12,05	11,68	11,66	11,86	12,12	12,08
Na ₂ O	2,58	2,62	0,36	0,44	2,03	2,38	0,65	0,75	1,55	1,37	1,42	1,20	1,82	1,80	1,22	1,19
K ₂ O	0,29	0,29	0,05	0,07	0,20	0,37	0,05	0,09	0,41	0,34	0,41	0,72	0,38	0,32	0,31	0,38
P ₂ O ₅	0,08	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05	0,07	0,13	0,16	0,15	0,14	0,06	0,13	0,10
F	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02								
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,00								
Total	97,34	97,42	97,90	98,31	97,64	97,34	97,68	97,43	96,92	97,67	98,04	97,29	97,48	97,78	97,51	97,90
Si	6,11	6,04	7,81	7,73	6,52	6,11	7,62	7,58	6,45	6,67	6,53	6,59	6,55	6,56	6,82	6,66
Si(Ti)	2,11	2,04	3,81	3,73	2,52	2,11	3,62	3,58	2,45	2,67	2,53	2,59	2,55	2,56	2,82	2,66
Ti	0,06	0,06	0,01	0,01	0,10	0,06	0,03	0,02	0,18	0,14	0,15	0,13	0,21	0,17	0,17	0,19
Al	2,88	3,08	0,38	0,47	2,15	2,97	0,61	0,69	2,00	1,69	1,87	1,88	1,79	1,79	1,57	1,77
Al ^{IV}	1,89	1,96	0,19	0,27	1,48	1,89	0,38	0,42	1,55	1,33	1,47	1,41	1,45	1,44	1,18	1,34
Al ^{VI}	0,99	1,12	0,19	0,20	0,66	1,08	0,23	0,28	0,45	0,35	0,41	0,47	0,34	0,35	0,39	0,43
Cr	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,17	0,13	0,09	0,14	0,01	0,00
Fe ³⁺	0,19	0,16	0,00	0,00	0,23	0,15	0,04	0,01	0,32	0,28	0,29	0,38	0,29	0,29	0,22	0,33
Fe ²⁺	1,45	1,48	1,20	1,26	1,37	1,55	1,13	1,18	1,48	1,48	1,54	1,38	1,56	1,49	1,52	1,48
Mg	2,27	2,16	3,55	3,50	2,60	2,12	3,54	3,48	2,41	2,58	2,41	2,48	2,47	2,52	2,66	2,54
Ni	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03
Ca	1,90	1,88	1,93	1,98	1,89	1,89	1,93	1,93	1,88	1,92	1,90	1,85	1,85	1,87	1,91	1,89
Na	0,74	0,75	0,10	0,12	0,58	0,68	0,18	0,21	0,45	0,39	0,41	0,34	0,52	0,51	0,35	0,34
K	0,05	0,05	0,01	0,01	0,04	0,07	0,01	0,02	0,08	0,06	0,08	0,13	0,07	0,06	0,06	0,07
Na _{M4}	0,10	0,12	0,07	0,02	0,11	0,11	0,07	0,07	0,12	0,08	0,10	0,15	0,15	0,13	0,09	0,11
Na _A	0,64	0,63	0,03	0,10	0,46	0,57	0,11	0,14	0,32	0,31	0,31	0,19	0,37	0,39	0,25	0,23
Vac _A	0,31	0,32	0,96	0,89	0,50	0,36	0,88	0,85	0,60	0,63	0,61	0,68	0,55	0,55	0,69	0,70

Zona	6	8	4B	4B	4B	1	1	3	4D	6B	6B	4C	4C	4C	1B	2
Punto	19 / 1	22 / 1	26 / 1	27 / 1	30 / 1	37 / 1	38 / 1	43 / 1	53 / 1	61 / 1	62 / 1	64 / 1	65 / 1	66 / 1	45 / 1	60 / 1
Muestra	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14293	14293
Grupo	anf 2	anf 2	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2	anf 2	anf 2	anf 1	anf 2	anf 2	anf 1	anf 1	anf 1	anf 2	anf 2
SiO ₂	45,88	45,60	45,09	44,06	44,71	46,01	47,33	45,46	43,37	49,35	46,56	44,11	51,18	45,57	49,16	52,30
TiO ₂	1,57	1,46	1,28	1,49	2,16	1,22	0,68	1,79	1,37	0,43	0,87	1,19	0,33	0,80	0,61	0,39
Al ₂ O ₃	9,94	9,98	10,22	10,38	10,63	10,01	8,22	10,12	11,90	7,52	9,64	11,91	5,22	10,76	7,85	4,62
Cr ₂ O ₃	0,07	0,00	0,87	0,82	0,00	0,04	0,06	0,06	1,58	0,03	0,09	0,86	0,26	0,54	0,09	0,00
FeO	14,58	14,28	14,46	14,91	14,78	14,85	13,70	14,46	14,71	12,36	13,95	14,95	12,00	14,76	13,78	12,27
MgO	11,68	11,62	11,37	11,36	11,12	11,76	12,10	11,73	10,44	13,71	12,02	10,57	14,46	11,12	13,38	15,38
MnO	0,30	0,21	0,25	0,23	0,25	0,23	0,17	0,28	0,26	0,22	0,18	0,28	0,24	0,28	0,35	0,32
NiO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	12,20	12,24	12,29	11,83	11,81	12,45	12,23	11,81	12,32	12,64	12,41	12,21	12,59	12,33	11,28	11,10
Na ₂ O	1,31	1,19	1,22	1,78	1,71	1,14	0,75	1,38	1,47	0,64	1,02	1,39	0,57	1,21	1,08	0,70
K ₂ O	0,35	0,36	0,39	0,33	0,36	0,30	0,27	0,33	0,42	0,23	0,32	0,42	0,11	0,36	0,09	0,07
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,09	0,08	0,12	0,07	0,12	0,15	0,09	0,15	0,06	0,10	0,10	0,12	0,03	0,08
F															0,00	0,04
Cl															0,00	0,02
Total	97,99	97,07	97,54	97,26	97,66	98,09	95,64	97,58	97,94	97,28	97,17	97,98	97,08	97,86	97,71	97,29
Si	6,73	6,74	6,66	6,53	6,60	6,73	7,05	6,67	6,42	7,17	6,85	6,50	7,43	6,70	7,05	7,43
Si(Ti)	2,73	2,74	2,66	2,53	2,60	2,73	3,05	2,67	2,42	3,17	2,85	2,50	3,43	2,70	3,05	3,43
Ti	0,17	0,16	0,14	0,17	0,24	0,13	0,08	0,20	0,15	0,05	0,10	0,13	0,04	0,09	0,07	0,04
Al	1,72	1,74	1,78	1,81	1,85	1,73	1,44	1,75	2,08	1,29	1,67	2,07	0,89	1,86	1,33	0,77
Al ^{IV}	1,27	1,26	1,34	1,47	1,40	1,27	0,95	1,33	1,58	0,83	1,15	1,50	0,57	1,30	0,95	0,57
Al ^{VI}	0,44	0,48	0,44	0,35	0,45	0,45	0,50	0,42	0,50	0,45	0,52	0,57	0,32	0,56	0,37	0,21
Cr	0,01	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,01	0,01	0,19	0,00	0,01	0,10	0,03	0,06	0,01	0,00
Fe ³⁺	0,21	0,16	0,21	0,36	0,17	0,26	0,11	0,34	0,17	0,12	0,17	0,23	0,06	0,20	0,66	0,69
Fe ²⁺	1,58	1,61	1,57	1,49	1,66	1,55	1,60	1,43	1,65	1,38	1,54	1,61	1,40	1,61	0,99	0,77
Mg	2,55	2,56	2,50	2,51	2,45	2,56	2,69	2,57	2,31	2,97	2,63	2,32	3,13	2,44	2,86	3,26
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Ca	1,92	1,94	1,94	1,88	1,87	1,95	1,95	1,86	1,96	1,97	1,96	1,93	1,96	1,94	1,73	1,69
Na	0,37	0,34	0,35	0,51	0,49	0,32	0,22	0,39	0,42	0,18	0,29	0,40	0,16	0,34	0,30	0,19
K	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,02	0,07	0,02	0,01
Na _{M4}	0,08	0,06	0,06	0,12	0,13	0,05	0,05	0,14	0,04	0,03	0,04	0,07	0,04	0,06	0,27	0,19
Na _A	0,29	0,28	0,29	0,39	0,36	0,27	0,17	0,25	0,38	0,15	0,25	0,32	0,12	0,29	0,03	0,00
Vac _A	0,65	0,65	0,63	0,55	0,57	0,67	0,78	0,69	0,54	0,81	0,69	0,60	0,86	0,64	0,95	0,99

Zona	2	2	2	2	2	2	2
Punto	61 / 1	62 / 1	64 / 1	67 / 1	68 / .	70 / 1	71 / 1
Muestra	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293
Grupo	anf 2						
SiO ₂	48,03	46,02	47,29	50,51	50,37	45,97	47,33
TiO ₂	0,56	0,79	0,64	0,44	0,54	0,76	0,57
Al ₂ O ₃	8,92	11,28	9,47	6,46	6,44	11,10	9,22
Cr ₂ O ₃	0,13	0,15	0,06	0,13	0,12	0,10	0,08
FeO	13,62	13,80	13,43	13,50	13,27	13,72	14,20
MgO	12,85	11,30	13,27	14,38	14,35	11,62	11,82
MnO	0,27	0,20	0,28	0,35	0,31	0,21	0,26
NiO	0,08	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,02
CaO	11,32	12,08	10,56	10,69	10,90	11,86	12,03
Na ₂ O	1,18	1,38	1,12	0,93	0,98	1,47	1,15
K ₂ O	0,13	0,21	0,21	0,08	0,13	0,17	0,20
P ₂ O ₅	0,08	0,10	0,06	0,08	0,09	0,08	0,12
F	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Total	97,20	97,30	96,40	97,57	97,49	97,16	97,05
Si	6,94	6,75	6,81	7,17	7,18	6,74	6,96
Si(Tl)	2,94	2,75	2,81	3,17	3,18	2,74	2,96
Ti	0,06	0,09	0,07	0,05	0,06	0,08	0,06
Al	1,52	1,95	1,61	1,08	1,08	1,92	1,60
Al ^{IV}	1,06	1,25	1,19	0,83	0,82	1,26	1,04
Al ^{VI}	0,47	0,71	0,42	0,25	0,26	0,65	0,56
Cr	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,59	0,12	1,01	0,95	0,81	0,26	0,19
Fe ²⁺	1,05	1,58	0,61	0,65	0,77	1,42	1,55
Mg	2,77	2,47	2,85	3,04	3,05	2,54	2,59
Ni	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
Ca	1,75	1,90	1,63	1,63	1,66	1,86	1,90
Na	0,33	0,39	0,31	0,26	0,27	0,42	0,33
K	0,02	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04
Na _{M4}	0,25	0,10	0,31	0,26	0,27	0,14	0,10
Na _A	0,08	0,29	0,00	0,00	0,00	0,28	0,22
Vac _A	0,89	0,67	0,96	0,99	0,98	0,69	0,74

APATITOS

Zona	2	2	2	2
Punto	190 / 1	191 / 1	192 / 1	193 / 1
Muestra	14286	14286	14286	14286
SiO ₂	0,20	0,22	0,35	0,21
TiO ₂	0,02	0,02	0,05	0,03
Al ₂ O ₃	0,01	0,01	0,04	0,02
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,02
FeO	0,19	0,13	0,09	0,03
MgO	0,00	0,01	0,01	0,01
MgO	0,00	0,01	0,01	0,01
MnO	0,02	0,03	0,00	0,01
NiO	0,01	0,00	0,00	0,01
CaO	55,81	55,50	55,01	55,58
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,01	0,03	0,01	0,02
P ₂ O ₅	43,41	43,08	43,02	43,54
F	1,03	1,51	1,50	1,53
Cl	0,00	0,00	0,02	0,00
Total	100,73	100,54	100,09	101,01
P	6,12	6,05	6,06	6,07
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,03	0,02	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	9,97	9,87	9,80	9,81
F	0,54	0,79	0,79	0,80
Cl	0,14	0,21	0,21	0,21

BIOTITAS

Zona	3B	3B	1	1	1	2	2	2
Punto	162 / 1	163 / 1	171 / 1	172 / 1	173 / 1	186 / 1	187 / 1	188 / 1
Muestra	14043B	14043B	14286	14286	14286	14286	14286	14286
SiO ₂	36,13	35,87	34,92	36,25	35,58	35,75	35,20	36,85
TiO ₂	0,89	0,77	1,19	0,95	1,30	1,19	1,34	1,06
Al ₂ O ₃	17,51	17,73	19,44	19,27	18,77	18,24	18,83	19,07
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,01	0,04
FeO	17,41	17,88	14,34	14,02	14,23	15,10	15,33	12,92
MgO	12,80	13,00	13,73	13,57	13,52	12,66	12,84	11,14
MnO	0,08	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,09
NiO	0,00	0,05	0,08	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02
CaO	0,01	0,06	0,08	0,00	0,05	0,27	0,05	3,78
Na ₂ O	0,18	0,25	0,18	0,09	0,16	0,10	0,09	0,12
K ₂ O	8,75	8,25	7,82	8,84	8,27	8,39	8,52	6,55
P ₂ O ₅	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
F			0,03	0,09	0,07	0,00	0,04	0,00
Cl			0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Total	93,76	94,04	91,98	93,25	92,11	91,92	92,38	91,68
Si	2,74	2,71	2,66	2,73	2,71	2,74	2,69	2,78
Al ^{IV}	1,26	1,29	1,34	1,27	1,29	1,26	1,31	1,22
Al ^{VI}	0,31	0,29	0,40	0,43	0,39	0,38	0,39	0,48
Ti	0,05	0,04	0,07	0,05	0,07	0,07	0,08	0,06
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,15	0,17	0,11	0,07	0,10	0,11	0,10	0,13
Fe ²⁺	0,95	0,96	0,80	0,81	0,80	0,85	0,88	0,68
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	1,45	1,47	1,56	1,52	1,53	1,44	1,46	1,25
Ni	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,31
Na	0,03	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
K	0,85	0,80	0,76	0,85	0,80	0,82	0,83	0,63
X _{Fe}	0,40	0,39	0,34	0,35	0,34	0,37	0,38	0,35
X _{Mg}	0,60	0,61	0,66	0,65	0,66	0,63	0,62	0,65

CARBONATOS

Zona	3	7	7	7	7	7	6	1B	1B	1C	1C	1C	1E	1E
Punto	3 / 1	24 / 1	25 / 1	27 / 1	28 / 1	29 / 1	33 / 1	39 / 1	40 / 1	45 / 1	48 / 1	60 / 1	68 / 1	69 / 1
Muestra	14043-PLAG													
SiO ₂	0,05	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,07	0,02	0,03	6,46
TiO ₂	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	2,22
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02
FeO	0,62	0,24	0,64	0,72	0,57	0,07	0,14	0,17	0,04	0,48	0,46	0,13	0,11	0,07
MgO	0,13	0,16	0,45	0,46	0,33	0,05	0,03	0,11	0,01	0,19	0,10	0,04	0,05	0,04
MnO	0,26	0,32	0,56	0,53	0,50	0,11	0,10	0,38	0,02	0,31	0,23	0,17	0,14	0,09
NiO	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00
CaO	61,27	59,97	59,72	59,12	59,25	60,61	60,87	60,49	60,38	63,55	62,74	60,05	62,31	52,75
Na ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,68
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,37	0,34	0,36	0,30	0,34	0,41	0,38	0,38	0,39	0,40	0,44	0,29	0,38	0,36
F														
Cl														
Total	62,76	61,06	61,84	61,22	61,08	61,39	61,55	61,57	60,89	65,05	64,11	60,72	63,07	62,69
C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,98	0,99	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	0,99	0,84
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

CLORITAS

Zona	6B	6B	6B	6B	3	3	3	3	3	3	1C	1C	1C	1C	1B	1B
Punto	1 / 1	2 / 1	3 / 1	7 / 1	4 / 1	5 / 1	6 / 1	7 / 1	8 / 1	17 / 1	41 / 1	42 / 1	43 / 1	44 / 1	47 / 1	52 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043D	14293	14293									
SiO ₂	27,20	26,92	27,29	27,03	27,09	27,08	26,56	26,38	26,43	26,90	27,53	27,22	26,97	27,52	27,30	27,74
TiO ₂	0,03	0,02	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,01	0,07	0,05	0,07
Al ₂ O ₃	21,16	21,12	20,40	20,94	19,62	20,62	20,21	20,75	20,10	19,65	19,58	19,69	20,11	20,07	19,83	19,58
Cr ₂ O ₃	0,01	0,06	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00
FeO	22,41	23,01	22,37	22,40	23,97	23,82	24,69	24,57	26,01	23,60	22,91	23,54	23,50	23,19	22,22	20,94
MgO	16,79	16,15	16,59	16,91	16,20	16,41	15,79	15,22	14,95	16,28	16,90	16,46	16,30	16,44	16,35	18,13
MnO	0,17	0,21	0,19	0,26	0,31	0,27	0,32	0,35	0,30	0,37	0,25	0,21	0,33	0,27	0,22	0,18
NiO	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,01	0,08	0,01
CaO	0,04	0,04	0,24	0,05	0,05	0,04	0,04	0,09	0,05	0,09	0,14	0,06	0,06	0,09	0,13	0,09
Na ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04
P ₂ O ₅	0,01	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04
F															0,06	0,00
Cl															0,02	0,00
Total	87,88	87,60	87,26	87,68	87,31	88,34	87,72	87,48	87,88	86,99	87,44	87,31	87,32	87,69	86,29	86,86
Si	2,83	2,82	2,87	2,82	2,86	2,82	2,80	2,79	2,80	2,85	2,89	2,87	2,84	2,886	2,91	2,90
Al ^{IV}	1,17	1,18	1,13	1,18	1,14	1,18	1,20	1,21	1,20	1,15	1,11	1,13	1,16	1,114	1,09	1,10
Al ^{VI}	1,42	1,43	1,40	1,39	1,30	1,35	1,31	1,39	1,31	1,30	1,31	1,32	1,34	1,367	1,40	1,32
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,00	0,01
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
Fe ²⁺	1,95	2,02	1,97	1,95	2,12	2,07	2,18	2,18	2,30	2,09	2,01	2,07	2,07	2,034	1,98	1,83
Mg	2,60	2,52	2,60	2,63	2,55	2,55	2,48	2,40	2,36	2,57	2,64	2,58	2,56	2,569	2,59	2,83
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,01	0,00
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,024	0,02	0,02
Ca	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,010	0,01	0,01
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,00	0,01

Zona	3	3	3	3	3	3	3
Punto	73 / 1	75 / 1	76 / 1	79 / 1	82 / 1	86 / 1	91 / 1
Muestra	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293
SiO ₂	27,18	27,65	27,50	27,61	27,21	27,68	27,50
TiO ₂	0,07	0,00	0,01	0,05	0,04	0,04	0,03
Al ₂ O ₃	19,47	19,42	19,72	19,61	19,73	19,44	20,20
Cr ₂ O ₃	0,03	0,09	0,03	0,01	0,00	0,09	0,03
FeO	20,67	20,94	20,90	20,92	21,38	20,57	19,10
MgO	18,11	18,42	18,23	18,12	18,01	18,58	19,77
MnO	0,18	0,20	0,22	0,16	0,19	0,12	0,18
NiO	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02
CaO	0,09	0,07	0,02	0,07	0,04	0,04	0,01
Na ₂ O	0,08	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00
K ₂ O	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
P ₂ O ₅	0,02	0,08	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
F	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Cl	0,07	0,05	0,04	0,02	0,00	0,03	0,00
Total	86,05	86,96	86,68	86,61	86,71	86,59	86,87
Si	2,87	2,89	2,88	2,89	2,85	2,89	2,84
Al ^{IV}	1,13	1,11	1,12	1,11	1,15	1,11	1,16
Al ^{VI}	1,30	1,28	1,31	1,32	1,29	1,29	1,29
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	1,83	1,83	1,83	1,83	1,87	1,80	1,65
Mg	2,85	2,87	2,84	2,83	2,81	2,89	3,04
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Ca	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
K	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

EPIDOTAS

Zona	6B	6B	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Punto	4 / 1	6 / 1	10 / 1	11 / 1	12 / 1	15 / 1	16 / 1	204 / 1	205 / 1	206 / 1	207 / 1	217 / 1	218 / 1	219 / 1	239 / 1	240 / 1
Muestra	14043	14043	14043-PLAG	14043-PLAG	14043-PLAG	14043-PLAG	14043-PLAG	14285A								
Grupo	Vena							Vena							Vena	
SiO ₂	38,87	39,39	38,43	38,52	38,99	38,58	38,49	39,11	38,98	38,84	39,32	39,00	39,00	39,32	39,18	39,00
TiO ₂	0,02	0,07	0,05	0,03	0,05	0,00	0,00	0,06	0,07	0,29	0,08	0,19	0,08	0,09	0,07	0,20
Al ₂ O ₃	28,75	30,33	29,24	28,76	29,04	28,20	28,25	28,49	28,08	26,90	28,58	27,57	28,04	28,61	27,82	27,76
Cr ₂ O ₃	0,01	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01
FeO	6,37	3,82	4,87	5,32	5,31	6,20	5,92	6,03	5,72	6,88	5,35	6,51	5,64	5,57	6,41	6,03
MgO	0,02	0,01	0,04	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,04	0,07	0,04	0,08	0,03	0,02	0,03	0,06
MnO	0,11	0,02	0,12	0,12	0,14	0,17	0,08	0,14	0,09	0,04	0,10	0,09	0,06	0,09	0,06	0,05
NiO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,06	0,01	0,01	0,00	0,02
CaO	24,28	23,99	24,12	24,34	24,27	24,00	24,16	24,03	23,95	24,56	24,84	24,57	24,59	24,61	24,52	24,82
Na ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,22	0,18	0,16	0,18	0,18	0,17	0,18	0,23	0,20	0,17	0,19	0,20	0,17	0,19	0,19	0,21
F								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00
Cl								0,02	0,01	0,02	0,01	0,09	0,06	0,00	0,00	0,01
Total	98,68	97,88	97,08	97,36	98,07	97,42	97,19	98,19	97,20	97,80	98,55	98,42	97,74	98,53	98,28	98,17

Si	2,98	3,02	2,98	2,99	3,00	3,00	2,99	3,02	3,03	3,02	3,01	3,01	3,02	3,02	3,02	3,01
Al ^{IV}	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ^{VI}	2,58	2,75	2,66	2,61	2,64	2,58	2,58	2,59	2,58	2,46	2,58	2,51	2,56	2,59	2,53	2,53
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,41	0,25	0,32	0,34	0,34	0,40	0,38	0,39	0,37	0,45	0,34	0,42	0,37	0,36	0,41	0,39
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Ca	2,00	1,97	2,01	2,02	2,00	2,00	2,01	1,99	2,00	2,04	2,04	2,03	2,04	2,02	2,03	2,05
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1B	1B	3	3	3
Punto	241 / 1	242 / 1	134 / 1	140 / 1	159 / 1	161 / 1	162 / 1	67 / 1	68 / 1	69 / 1	72 / 1	37 / 1	48 / 1	74 / 1	77 / 1	78 / 1	
Muestra	14285a	14285a	14286	14286	14286	14286	14286	14288	14288	14288	14288	14293	14293	14293	14293	14293	
Grupo	Vena							Vena							Vena		
SiO ₂	39,28	38,98	38,81	38,70	37,46	39,47	40,02	39,40	38,37	38,64	38,71	38,02	38,88	39,32	38,89	38,61	
TiO ₂	0,08	0,09	0,03	0,13	0,00	0,03	0,03	0,13	0,11	0,12	0,08	0,13	0,07	0,07	0,06	0,10	
Al ₂ O ₃	29,03	27,16	28,57	28,46	28,16	29,97	28,52	29,72	29,38	29,36	28,99	26,01	27,48	28,37	27,99	27,16	
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02	0,04	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,02	
FeO	5,05	7,15	5,40	4,85	3,89	3,58	4,31	4,52	4,76	4,79	5,14	1,86	6,39	5,60	6,15	7,19	
MgO	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,01	3,00	0,09	0,26	0,03	0,54	
MnO	0,10	0,06	0,09	0,03	0,04	0,00	0,05	0,10	0,14	0,04	0,11	0,01	0,06	0,02	0,05	0,14	
NiO	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CaO	24,67	24,23	24,42	24,63	24,82	24,86	23,85	24,53	23,64	24,03	24,40	23,83	24,28	24,04	24,57	23,59	
Na ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,32	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
K ₂ O	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	
P ₂ O ₅	0,18	0,22	0,18	0,13	0,21	0,23	0,20	0,21	0,15	0,19	0,17	0,17	0,17	0,16	0,19	0,13	
F	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	
Cl	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00					0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	
Total	98,45	98,03	97,61	97,06	94,66	98,22	97,33	98,74	96,60	97,28	97,61	93,10	97,46	97,88	97,98	97,50	

Si	3,01	3,02	3,00	3,01	2,98	3,02	3,09	3,01	2,99	2,99	2,99	3,03	3,02	3,03	3,00	3,00
Al ^{IV}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ^{VI}	2,62	2,48	2,61	2,61	2,62	2,70	2,60	2,67	2,69	2,68	2,63	2,44	2,52	2,58	2,55	2,49
Ti	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,32	0,46	0,35	0,31	0,26	0,23	0,28	0,29	0,30	0,31	0,33	0,12	0,42	0,36	0,40	0,47
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,01	0,03	0,00	0,06
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	2,03	2,01	2,02	2,05	2,12	2,04	1,98	2,01	1,97	1,99	2,02	2,04	2,02	1,99	2,03	1,96
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FELDESPATOS

Zona	1E	3B	3B	2	2	3C	3C	3C	3C	3C						
Punto	16 / 1	17 / 1	18 / 1	19 / 1	20 / 1	21 / 1	22 / 1	39 / 1	40 / 1	14 / 1	15 / 1	31 / 1	32 / 1	33 / 1	36 / 1	37 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043
Grupo	Micr															
SiO ₂	55,52	54,39	54,22	64,52	64,99	64,49	64,89	51,39	51,59	56,90	54,33	55,36	55,25	54,50	54,14	55,14
TiO ₂	0,09	0,08	0,12	0,01	0,02	0,01	0,04	0,08	0,04	0,05	0,13	0,12	0,11	0,07	0,07	0,14
Al ₂ O ₃	28,56	29,08	29,49	22,80	22,69	22,62	22,51	31,19	31,84	28,15	29,48	28,75	28,52	29,49	29,60	28,95
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00
FeO	0,24	0,36	0,24	0,15	0,06	0,10	0,07	0,16	0,15	0,21	0,19	0,31	0,30	0,10	0,27	0,18
MgO	0,02	0,10	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,08	0,11	0,00	0,04	0,02
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00
CaO	10,33	11,19	10,96	3,48	3,40	3,37	3,32	13,76	13,59	9,65	11,19	10,37	10,70	11,35	11,11	10,90
Na ₂ O	5,31	4,86	4,87	9,10	9,27	9,20	9,40	3,58	3,69	5,88	4,97	5,28	5,07	4,77	5,07	5,11
K ₂ O	0,06	0,12	0,08	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05	0,02	0,03	0,09	0,09	0,02	0,07	0,02
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,11	0,00	0,00	0,02	0,04	0,14	0,06	0,09	0,10	0,10	0,15	0,11	0,10	0,14
F																
Cl																
Total	100,24	100,31	100,19	100,11	100,48	99,89	100,37	100,39	101,09	100,99	100,43	100,51	100,31	100,41	100,54	100,61
Na	0,46	0,42	0,43	0,78	0,79	0,79	0,80	0,32	0,32	0,51	0,43	0,46	0,44	0,42	0,44	0,44
Mg	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Ca	0,50	0,54	0,53	0,16	0,16	0,16	0,16	0,67	0,65	0,46	0,54	0,50	0,52	0,55	0,54	0,52
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,50	2,46	2,45	2,84	2,84	2,84	2,85	2,33	2,32	2,53	2,44	2,49	2,49	2,45	2,44	2,47
Al	1,51	1,55	1,57	1,18	1,17	1,17	1,16	1,67	1,69	1,48	1,56	1,52	1,51	1,56	1,57	1,53
X _{An}	51,62	55,62	55,14	17,41	16,80	16,78	16,27	67,87	66,87	47,50	55,33	51,77	53,57	56,75	54,54	54,04
X _{Ab}	48,01	43,66	44,38	82,36	82,94	82,94	83,45	31,97	32,82	52,37	44,50	47,69	45,90	43,15	45,07	45,82
X _{Or}	0,37	0,72	0,48	0,23	0,26	0,28	0,27	0,16	0,31	0,13	0,18	0,54	0,53	0,10	0,39	0,14

Zona	4B	4B	4B	4A	3B	3B	3B	2A	2A	3A	3C	1H	3D	3D	3	3
Punto	45 / 1	46 / 1	47 / 1	155 / 1	158 / 1	159 / 1	160 / 1	167 / 1	168 / 1	169 / 1	171 / 1	175 / .	188 / 1	190 / 1	1 / 1	2 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043B	14043D	14043D										
Grupo	Micr	Micr	Micr	Micr	Fen	Fen	Fen	Micr	Micr	Fen	Fen	Micr	Fen	Fen	Vena	Vena
SiO ₂	55,32	55,54	55,73	52,69	53,32	51,66	50,82	61,17	57,56	48,30	51,07	51,25	53,11	57,69	65,86	68,27
TiO ₂	0,12	0,11	0,11	0,10	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,08	0,15	0,00	0,02	0,00
Al ₂ O ₃	29,10	29,13	29,22	30,79	30,53	31,51	31,52	24,94	27,58	33,83	31,70	31,76	30,63	27,25	21,90	20,52
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,08	0,00
FeO	0,37	0,29	0,16	0,15	0,08	0,01	0,69	0,31	0,18	0,09	0,09	0,27	0,21	0,14	0,06	0,20
MgO	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,54	0,06	0,01	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,01
MnO	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,06	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
NiO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,01
CaO	10,52	10,59	10,58	12,83	12,07	13,32	13,31	5,80	9,00	16,14	14,15	13,77	12,30	8,77	1,88	0,70
Na ₂ O	5,27	5,10	5,28	4,06	4,51	3,74	3,39	7,65	6,06	2,36	3,50	3,57	4,25	6,26	9,56	10,60
K ₂ O	0,06	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,29	0,03	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,02	0,06	0,05
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,13	0,05	0,12	0,13	0,17	0,12	0,09	0,13	0,01	0,00
F																
Cl																
Total	100,85	100,97	101,19	100,80	100,69	100,49	100,73	100,04	100,59	100,91	100,71	100,95	100,81	100,33	99,47	100,38
Na	0,46	0,44	0,46	0,35	0,39	0,33	0,30	0,66	0,52	0,21	0,31	0,31	0,37	0,54	0,82	0,89
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,50	0,51	0,50	0,62	0,58	0,64	0,65	0,28	0,43	0,79	0,69	0,67	0,59	0,42	0,09	0,03
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,48	2,48	2,48	2,37	2,40	2,33	2,31	2,72	2,57	2,19	2,31	2,32	2,39	2,58	2,90	2,97
Al	1,53	1,53	1,53	1,63	1,62	1,68	1,69	1,30	1,45	1,81	1,69	1,69	1,62	1,43	1,14	1,05
X _{An}	52,30	53,23	52,44	63,51	59,62	66,20	67,26	29,49	45,04	79,04	69,01	67,86	61,42	43,57	9,75	3,51
X _{Ab}	47,37	46,36	47,41	36,36	40,34	33,65	30,98	70,34	54,87	20,87	30,85	31,84	38,40	56,31	89,88	96,22
X _{Or}	0,33	0,42	0,16	0,12	0,04	0,15	1,77	0,16	0,09	0,09	0,14	0,31	0,18	0,12	0,38	0,27

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6	1C	1C	1C	1C	1C
Punto	13 / 1	14 / 1	21 / 1	22 / 1	30 / 1	32 / 1	34 / 1	35 / 1	36 / 1	37 / 1	38 / 1	50 / 1	51 / .	52 / 1	53 / 1	54 / 1
Muestra	14043D															
Grupo	Vena															
SiO ₂	68,58	67,25	67,19	68,32	68,05	67,53	67,73	66,42	67,10	68,78	68,71	67,13	67,96	68,23	67,91	68,82
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
Al ₂ O ₃	20,76	21,18	21,30	21,11	21,68	21,49	21,24	21,40	21,70	20,45	20,55	21,10	21,01	20,60	20,77	20,63
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00
FeO	0,20	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01
MgO	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
MnO	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01
NiO	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,97	1,00	1,19	0,42	1,88	1,79	1,58	1,15	1,76	0,44	0,45	1,58	1,45	0,71	1,11	0,65
Na ₂ O	10,40	10,48	10,24	10,75	9,84	9,93	10,06	10,40	10,00	10,68	10,78	10,03	10,11	10,62	10,38	10,62
K ₂ O	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,03	0,31	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,29	0,35	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00
F																
Cl																
Total	101,01	100,06	100,06	101,07	101,60	100,83	100,73	99,50	100,62	100,73	101,00	100,05	100,60	100,34	100,31	100,78
Na	0,87	0,89	0,87	0,90	0,82	0,83	0,85	0,89	0,84	0,90	0,91	0,85	0,85	0,90	0,88	0,89
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,05	0,05	0,06	0,02	0,09	0,08	0,07	0,05	0,08	0,02	0,02	0,07	0,07	0,03	0,05	0,03
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,96	2,94	2,93	2,96	2,93	2,93	2,94	2,92	2,91	2,98	2,97	2,93	2,95	2,97	2,95	2,97
Al	1,06	1,09	1,10	1,08	1,10	1,10	1,08	1,11	1,11	1,04	1,05	1,09	1,07	1,06	1,06	1,05
X _{Ab}	4,90	4,97	6,00	2,11	9,50	9,05	7,96	5,75	8,84	2,21	2,25	7,99	7,33	3,57	5,57	3,28
X _{Ab}	94,80	94,62	93,69	97,55	90,15	90,69	91,67	93,90	90,94	97,48	97,50	91,71	92,39	96,12	94,13	96,51
X _{Or}	0,30	0,42	0,31	0,34	0,35	0,26	0,37	0,36	0,22	0,31	0,25	0,29	0,28	0,31	0,30	0,21

Zona	1C	1C	1C	1C	1C	1C	5A	5A	5A	5A	5A	1E	1E	1E	1E	1E
Punto	55 / 1	56 / 1	57 / 1	58 / 1	61 / 1	62 / 1	63 / 1	64 / 1	65 / 1	66 / 1	67 / 1	70 / 1	71 / 1	72 / 1	73 / 1	74 / 1
Muestra	14043D															
Grupo	Vena															
SiO ₂	66,88	66,75	67,54	69,09	67,59	68,17	68,18	68,85	68,68	68,34	68,26	68,05	68,54	67,08	67,48	67,51
TiO ₂	0,04	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00
Al ₂ O ₃	20,76	20,37	21,52	21,07	21,48	20,81	20,54	20,41	20,62	20,71	20,94	20,65	20,59	20,81	21,13	21,17
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01
FeO	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,02	0,00
NiO	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06
CaO	0,72	0,44	1,10	0,69	1,97	0,72	0,47	0,41	0,48	0,63	0,73	0,87	0,62	0,70	1,26	1,27
Na ₂ O	10,66	10,96	10,41	10,76	9,81	10,51	10,71	10,76	10,79	10,75	10,70	10,47	10,66	10,59	10,32	10,28
K ₂ O	0,04	0,06	0,08	0,05	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,03	0,05	0,07	0,03	0,04	0,04
P ₂ O ₅	0,32	0,00	0,05	0,01	0,00	0,24	0,36	0,30	0,33	0,26	0,32	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
F																
Cl																
Total	99,45	98,67	100,86	101,75	100,98	100,57	100,35	100,83	100,99	100,73	101,00	100,12	100,61	99,36	100,30	100,35
Na	0,91	0,94	0,88	0,89	0,82	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,88	0,90	0,90	0,87	0,87
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,03	0,02	0,05	0,03	0,09	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,95	2,96	2,93	2,96	2,92	2,96	2,97	2,98	2,97	2,96	2,96	2,96	2,97	2,95	2,94	2,94
Al	1,08	1,06	1,10	1,06	1,10	1,07	1,05	1,04	1,05	1,06	1,07	1,06	1,05	1,08	1,08	1,09
X _{Ab}	3,57	2,17	5,51	3,39	9,93	3,64	2,35	2,04	2,38	3,11	3,63	4,40	3,11	3,54	6,33	6,39
X _{Ab}	96,19	97,49	94,00	96,32	89,70	95,98	97,44	97,61	97,26	96,62	96,18	95,29	96,50	96,28	93,45	93,38
X _{Or}	0,24	0,34	0,50	0,29	0,36	0,39	0,21	0,35	0,36	0,28	0,19	0,31	0,39	0,18	0,23	0,23

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	1E	1E	5B	10	10	5A										
Punto	76 / 1	77 / 1	78 / 1	79 / 1	80 / 1	81 / 1	82 / 1	83 / 1	84 / 1	85 / 1	86 / 1	87 / 1	88 / 1	52 / 1	53 / 1	54 / 1
Muestra	14043D	14043	14043	14043												
Grupo	Vena															
SiO ₂	68,30	68,49	68,68	67,52	68,31	68,91	67,32	66,83	68,77	68,40	67,05	68,74	68,36	68,30	68,25	66,51
TiO ₂	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00
Al ₂ O ₃	20,85	20,55	20,58	20,82	20,29	20,43	20,67	20,92	20,61	20,48	20,68	20,44	20,22	20,74	20,62	21,50
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,02	0,00	0,02	0,04	0,07	0,00	0,03	0,01	0,00
FeO	0,03	0,02	0,00	0,06	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01
MgO	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
MnO	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04
NiO	0,02	0,05	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,05	0,00	0,02	0,00
CaO	0,76	0,60	0,54	0,42	0,53	0,45	0,47	0,51	0,52	0,44	0,54	0,42	0,47	0,73	0,78	1,97
Na ₂ O	10,60	10,55	10,58	10,75	10,67	10,75	10,68	10,76	10,48	10,74	10,65	10,71	10,61	10,64	10,74	9,81
K ₂ O	0,03	0,04	0,05	0,07	0,04	0,06	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04
P ₂ O ₅	0,27	0,33	0,30	0,39	0,33	0,33	0,23	0,30	0,32	0,32	0,36	0,27	0,25	0,22	0,20	0,04
F																
Cl																
Total	100,86	100,66	100,77	100,10	100,28	100,95	99,47	99,40	100,80	100,53	99,46	100,78	100,04	100,72	100,73	99,93
Na	0,89	0,89	0,89	0,91	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,83
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,09
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,96	2,97	2,98	2,95	2,98	2,98	2,96	2,94	2,98	2,97	2,95	2,98	2,98	2,96	2,96	2,91
Al	1,06	1,05	1,05	1,07	1,04	1,04	1,07	1,09	1,05	1,05	1,07	1,04	1,04	1,06	1,06	1,11
X _{An}	3,78	3,06	2,75	2,12	2,69	2,24	2,39	2,55	2,64	2,23	2,71	2,12	2,38	3,64	3,86	9,97
X _{Ab}	96,01	96,67	96,97	97,47	97,06	97,41	97,41	97,24	97,03	97,59	97,10	97,58	97,45	96,15	95,91	89,79
X _{Or}	0,21	0,27	0,27	0,40	0,25	0,36	0,20	0,21	0,33	0,18	0,19	0,30	0,17	0,21	0,23	0,24

Zona	5B	5B	11	1F	1F	1F	1F	1F	1F	3	1A	1D1K	1D1K	1D1K	1D1K
Punto	55 / 1	58 / 1	59 / 1	6 / 1	7 / 1	8 / 1	9 / 1	11 / 1	12 / 1	16 / 1	30 / 1	65 / 1	66 / 1	67 / 1	71 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263
Grupo	Vena	Vena	Vena	Micr	Micr	Micr	Micr	Micr	Micr	Micr	Micr	Vena	Vena	Micr	Vena
SiO ₂	68,35	66,56	67,12	59,85	63,73	61,89	61,99	60,97	65,20	60,93	59,61	59,76	60,18	60,79	57,95
TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,06	0,05	0,00	0,05	0,02	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	20,56	22,02	21,29	24,83	22,70	23,62	24,02	24,52	21,67	23,61	25,11	25,03	24,68	24,59	26,39
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01
FeO	0,02	0,02	0,04	0,09	0,05	0,01	0,08	0,13	0,04	0,13	0,09	0,17	0,16	0,19	0,11
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,45	1,94	1,71	7,28	4,47	5,60	5,96	6,55	3,31	5,89	7,20	7,43	7,04	6,85	8,89
Na ₂ O	10,72	9,90	10,13	7,12	8,66	7,84	7,82	7,46	9,22	7,64	6,95	6,99	7,24	7,20	6,15
K ₂ O	0,04	0,05	0,07	0,01	0,05	0,03	0,04	0,05	0,01	0,07	0,00	0,04	0,05	0,05	0,01
P ₂ O ₅	0,32	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,01	0,02	0,07	0,06	0,03	0,06	0,07
F				0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cl				0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
Total	100,48	100,55	100,42	99,30	99,76	99,12	100,03	99,81	99,56	98,42	99,07	99,56	99,44	99,78	99,58
Na	0,90	0,84	0,86	0,62	0,74	0,68	0,67	0,64	0,79	0,67	0,61	0,61	0,63	0,62	0,54
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,02	0,09	0,08	0,35	0,21	0,27	0,28	0,31	0,16	0,28	0,35	0,36	0,34	0,33	0,43
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,97	2,90	2,92	2,69	2,82	2,76	2,75	2,72	2,88	2,75	2,68	2,68	2,70	2,71	2,60
Al	1,05	1,13	1,09	1,31	1,18	1,24	1,25	1,29	1,13	1,25	1,33	1,32	1,30	1,29	1,40
X _{An}	2,26	9,73	8,51	36,05	22,11	28,24	29,58	32,56	16,55	29,74	36,43	36,92	34,84	34,36	44,39
X _{Ab}	97,47	89,96	91,09	63,87	77,59	71,58	70,21	67,17	83,39	69,87	63,57	62,86	64,85	65,34	55,58
X _{Or}	0,27	0,31	0,40	0,08	0,30	0,19	0,21	0,27	0,06	0,40	0,00	0,23	0,30	0,30	0,03

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	ID1K	ID1K	7	7	4	4	4	4	4	6B	6B	6B	6B	1	1	
Punto	75 / 1	76 / 1	82 / 1	83 / 1	113 / 1	114 / 1	117 / 1	122 / 1	125 / 1	100 / 1	101 / 1	102 / 1	103 / 1	104 / 1	209 / 1	210 / 1
Muestra	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14285a	14285a
Grupo					Micr	Micr		Micr	Micr	Vena	Vena	Vena	Vena	Vena	Micr	Micr
SiO ₂	61,01	59,85	60,51	57,39	59,89	60,58	61,04	60,47	60,70	56,33	57,67	57,48	56,09	58,78	61,16	61,46
TiO ₂	0,00	0,08	0,03	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,03	0,04	0,00	0,02	0,05	0,05	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,53	25,10	24,67	26,64	25,52	25,65	24,54	25,44	24,80	27,28	26,35	26,06	26,64	25,02	24,66	24,45
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00
FeO	0,04	0,09	0,03	0,02	0,14	0,01	0,09	0,09	0,11	0,13	0,12	0,48	0,11	0,08	0,12	0,11
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00
MnO	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00
NiO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
CaO	6,68	6,83	6,98	9,35	7,67	7,58	6,65	7,81	7,16	10,26	9,02	8,43	9,08	7,73	6,81	6,34
Na ₂ O	7,39	7,30	7,20	5,94	6,89	7,02	7,39	6,88	7,19	5,53	6,25	5,94	5,98	6,64	7,47	7,60
K ₂ O	0,01	0,05	0,06	0,00	0,04	0,05	0,03	0,06	0,03	0,01	0,05	0,10	0,02	0,03	0,00	0,03
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,09	0,07	0,05	0,10	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,02
F	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02
Cl	0,01	0,00	0,00	0,06	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00	0,04	0,01	0,00
Total	99,72	99,36	99,58	99,51	100,34	100,96	99,97	100,92	100,14	99,74	99,52	98,75	98,13	98,52	100,31	100,04
Na	0,64	0,63	0,62	0,52	0,59	0,60	0,64	0,59	0,62	0,48	0,55	0,52	0,53	0,58	0,64	0,65
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,32	0,33	0,33	0,45	0,37	0,36	0,32	0,37	0,34	0,50	0,43	0,41	0,44	0,38	0,32	0,30
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,72	2,68	2,70	2,58	2,66	2,67	2,71	2,67	2,70	2,54	2,60	2,61	2,57	2,66	2,71	2,73
Al	1,29	1,32	1,30	1,41	1,34	1,33	1,29	1,32	1,30	1,45	1,40	1,40	1,44	1,34	1,29	1,28
X _{An}	33,29	34,01	34,76	46,53	38,03	37,27	33,16	38,43	35,42	50,60	44,25	43,72	45,58	39,07	33,51	31,49
X _{Ab}	66,65	65,72	64,85	53,45	61,75	62,45	66,64	61,24	64,40	49,35	55,47	55,69	54,32	60,73	66,49	68,32
X _{Or}	0,06	0,27	0,38	0,03	0,22	0,28	0,20	0,33	0,18	0,05	0,28	0,60	0,10	0,19	0,00	0,20

Zona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Punto	214 / 1	215 / 1	216 / 1	222 / 1	223 / 1	229 / 1	230 / 1	236 / 1	238 / 1	4 / 1	7 / 1	8 / 1	9 / 1	10 / 1	12 / 1	13 / 1
Muestra	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a
Grupo								Micr	Micr							
SiO ₂	61,80	63,21	61,73	62,22	60,80	59,43	59,81	60,25	59,76	62,52	59,99	59,48	60,25	62,00	63,36	62,73
TiO ₂	0,03	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,55	23,48	24,33	24,22	25,12	24,85	25,93	25,37	25,75	23,92	25,00	25,59	25,00	23,98	23,56	23,61
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03
FeO	0,04	0,00	0,07	0,10	0,09	0,05	0,02	0,04	0,08	0,22	0,02	0,15	0,09	0,21	0,07	0,23
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
MnO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	6,25	5,30	6,38	6,20	7,36	7,42	8,17	7,47	8,11	5,76	7,41	7,89	7,18	6,04	5,41	5,43
Na ₂ O	7,63	8,25	7,63	7,80	7,34	6,82	6,79	7,27	6,72	7,93	7,01	6,88	7,19	7,65	8,42	8,18
K ₂ O	0,03	0,05	0,02	0,02	0,05	0,06	0,03	0,00	0,01	0,07	0,01	0,04	0,06	0,05	0,04	0,01
P ₂ O ₅	0,05	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,06	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05	0,02	0,03	0,04
F	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Cl	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	100,40	100,40	100,33	100,72	100,98	98,79	100,83	100,50	100,54	100,52	99,56	100,14	99,82	99,96	100,93	100,30
Na	0,65	0,70	0,65	0,67	0,63	0,60	0,58	0,62	0,58	0,68	0,61	0,60	0,62	0,66	0,72	0,70
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,30	0,25	0,30	0,29	0,35	0,36	0,39	0,35	0,39	0,27	0,36	0,38	0,34	0,29	0,25	0,26
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,73	2,78	2,73	2,74	2,69	2,68	2,65	2,67	2,65	2,76	2,68	2,65	2,69	2,75	2,78	2,77
Al	1,28	1,22	1,27	1,26	1,31	1,32	1,35	1,33	1,35	1,24	1,32	1,34	1,31	1,25	1,22	1,23
X _{An}	31,13	26,13	31,58	30,48	35,53	37,42	39,85	36,22	39,98	28,54	36,89	38,70	35,42	30,28	26,13	26,82
X _{Ab}	68,71	73,57	68,32	69,38	64,16	62,25	59,98	63,78	59,95	71,06	63,07	61,08	64,22	69,39	73,61	73,09
X _{Or}	0,16	0,30	0,10	0,15	0,31	0,33	0,17	0,00	0,07	0,40	0,04	0,21	0,35	0,32	0,25	0,10

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	2	2	2	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	1
Punto	15 / 1	16 / 1	25 / 1	27 / 1	129 / 1	131 / 1	132 / 1	133 / 1	136 / 1	141 / 1	144 / 1	145 / 1	157 / 1	158 / 1	165 / 1	166 / 1
Muestra	14285a	14285a	14285a	14285a	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286
Grupo																
SiO ₂	60,60	64,81	59,98	61,94	57,31	62,68	61,53	55,94	55,03	52,48	56,15	55,90	59,56	50,43	57,65	57,30
TiO ₂	0,02	0,03	0,00	0,02	0,03	0,07	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,04
Al ₂ O ₃	24,26	22,45	25,29	24,20	27,05	23,39	24,06	27,55	27,86	29,21	26,86	27,67	25,39	31,14	26,52	26,79
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,04	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
FeO	0,09	0,05	0,19	0,17	0,10	0,06	0,05	0,10	0,04	0,03	0,05	0,07	0,02	0,05	0,11	0,01
MgO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
MnO	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01
NiO	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00
CaO	6,60	4,00	7,65	5,95	9,67	5,45	6,42	10,63	10,83	12,81	9,92	10,45	7,69	14,80	9,10	9,46
Na ₂ O	7,30	8,82	7,00	7,84	5,84	8,05	7,70	5,34	4,91	4,05	5,54	5,43	6,79	3,02	6,12	5,87
K ₂ O	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,07	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,04	0,02
P ₂ O ₅	0,05	0,01	0,06	0,03	0,06	0,04	0,02	0,07	0,07	0,06	0,04	0,09	0,03	0,11	0,07	0,06
F	0,06	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,04
Cl	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00
Total	99,04	100,32	100,29	100,19	100,13	99,76	99,88	99,78	98,93	98,69	98,63	99,69	99,62	99,66	99,75	99,60
Na	0,63	0,75	0,60	0,67	0,51	0,69	0,66	0,47	0,43	0,36	0,49	0,48	0,59	0,27	0,53	0,51
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,32	0,19	0,36	0,28	0,46	0,26	0,31	0,51	0,53	0,63	0,48	0,51	0,37	0,73	0,44	0,46
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,72	2,85	2,67	2,74	2,57	2,78	2,74	2,52	2,50	2,41	2,56	2,52	2,66	2,31	2,59	2,58
Al	1,28	1,16	1,33	1,26	1,43	1,22	1,26	1,47	1,49	1,58	1,44	1,47	1,34	1,68	1,40	1,42
X _{An}	33,31	20,02	37,60	29,51	47,67	27,20	31,46	52,33	54,68	63,51	49,70	51,52	38,39	72,97	45,01	47,08
X _{Ab}	66,69	79,88	62,30	70,36	52,13	72,61	68,29	47,59	44,89	36,37	50,20	48,40	61,35	26,93	54,77	52,80
X _{Or}	0,00	0,10	0,09	0,13	0,20	0,19	0,24	0,08	0,44	0,12	0,10	0,08	0,26	0,10	0,22	0,13

Zona	1	1	1	1	2	2	2	4	4	4	4	6	6	8	8	8
Punto	169 / 1	170 / 1	175 / 1	177 / 1	195 / 1	196 / 1	197 / 1	8 / 1	9 / 1	12 / 1	13 / 1	15 / 1	16 / 1	20 / 1	21 / 1	23 / 1
Muestra	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14286	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288
Grupo																
SiO ₂	60,67	60,77	53,03	55,49	57,51	57,00	58,61	62,20	57,17	58,21	57,27	56,76	57,82	57,08	57,49	57,64
TiO ₂	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,11	0,01	0,06	0,04	0,03	0,00
Al ₂ O ₃	24,52	24,38	29,18	27,67	26,14	26,31	25,80	24,80	27,12	27,09	26,92	27,53	27,50	27,88	26,21	27,44
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,04	0,00	0,05	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
FeO	0,04	0,03	0,05	0,00	0,04	0,03	0,06	0,06	0,02	0,08	0,15	0,11	0,11	0,09	0,33	0,03
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
MnO	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
NiO	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
CaO	6,71	6,62	12,60	10,76	8,84	9,14	8,35	5,63	9,04	8,45	8,68	9,34	8,84	9,32	8,17	8,97
Na ₂ O	7,32	7,44	4,00	5,32	6,31	5,91	6,51	7,99	6,14	6,64	6,25	6,01	6,22	5,98	6,24	6,20
K ₂ O	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	0,06	0,03	0,08	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,07	0,05
P ₂ O ₅	0,00	0,07	0,10	0,09	0,05	0,04	0,04	0,03	0,11	0,13	0,05	0,13	0,10	0,12	0,09	0,06
F	0,00	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	0,05									
Cl	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00									
Total	99,34	99,41	99,11	99,35	99,05	98,53	99,48	100,86	99,66	100,70	99,52	99,96	100,73	100,57	98,68	100,39
Na	0,63	0,64	0,35	0,47	0,55	0,52	0,57	0,68	0,54	0,57	0,55	0,52	0,54	0,52	0,55	0,54
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,32	0,32	0,62	0,52	0,43	0,44	0,40	0,26	0,44	0,40	0,42	0,45	0,42	0,45	0,40	0,43
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,71	2,72	2,42	2,51	2,60	2,59	2,63	2,73	2,57	2,59	2,58	2,55	2,57	2,55	2,61	2,57
Al	1,29	1,28	1,57	1,48	1,39	1,41	1,37	1,28	1,44	1,42	1,43	1,46	1,44	1,47	1,40	1,44
X _{An}	33,52	32,92	63,38	52,76	43,58	45,93	41,41	27,90	44,72	41,17	43,27	46,06	43,91	46,10	41,77	44,30
X _{Ab}	66,25	66,89	36,44	47,18	56,27	53,72	58,40	71,64	54,98	58,58	56,41	53,64	55,84	53,56	57,80	55,42
X _{Or}	0,23	0,19	0,17	0,06	0,15	0,35	0,19	0,47	0,30	0,25	0,32	0,30	0,25	0,34	0,43	0,28

Petrología y geoquímica de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín

Zona	8	4B	4B	1	1	1	1	1	3	3	3	3	11	11	11	4D
Punto	24 / 1	28 / 1	29 / 1	31 / 1	32 / 1	33 / 1	34 / 1	35 / 1	39 / 1	40 / 1	41 / 1	42 / 1	46 / 1	47 / 1	49 / 1	54 / 1
Muestra	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288	14288
Grupo	Fen															
SiO ₂	56,40	57,53	57,41	57,83	57,62	64,00	56,93	58,18	56,29	56,11	56,70	47,15	57,46	57,05	56,73	57,09
TiO ₂	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,02	0,12	0,05	0,00	0,06	0,08	0,07	0,00
Al ₂ O ₃	28,06	27,70	27,67	27,46	27,55	23,52	28,29	27,10	28,68	28,01	28,31	29,43	27,46	27,77	27,72	27,88
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	0,11	0,04	0,11	0,11	0,04	0,02	0,04	0,41	0,06	0,01	0,02	3,27	0,07	0,03	0,06	0,11
MgO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,08	0,01	0,02	0,00	0,00
NiO	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
CaO	9,63	9,45	9,26	8,98	9,16	4,06	9,61	8,11	9,93	9,60	9,44	19,31	8,99	9,17	9,31	9,46
Na ₂ O	5,81	5,89	6,02	6,22	6,15	8,94	5,86	6,48	5,50	5,73	5,80	2,66	6,20	5,91	5,86	5,96
K ₂ O	0,04	0,03	0,05	0,06	0,04	0,08	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05
P ₂ O ₅	0,04	0,08	0,06	0,07	0,01	0,02	0,08	0,15	0,07	0,03	0,09	0,12	0,09	0,09	0,08	0,08
F																
Cl																
Total	100,18	100,72	100,62	100,72	100,65	100,72	101,01	100,56	100,61	99,70	100,50	102,06	100,38	100,19	99,89	100,64
Na	0,50	0,51	0,52	0,54	0,53	0,76	0,50	0,56	0,48	0,50	0,50	0,24	0,54	0,51	0,51	0,51
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,46	0,45	0,44	0,43	0,44	0,19	0,46	0,39	0,47	0,46	0,45	0,98	0,43	0,44	0,45	0,45
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,53	2,56	2,56	2,57	2,56	2,80	2,53	2,60	2,51	2,52	2,53	2,22	2,56	2,55	2,55	2,55
Al	1,48	1,45	1,45	1,44	1,44	1,21	1,48	1,43	1,51	1,49	1,49	1,63	1,44	1,46	1,47	1,46
X _{An}	47,69	46,91	45,81	44,22	45,05	19,96	47,41	40,73	49,76	47,90	47,21	79,97	44,36	46,06	46,56	46,63
X _{Ab}	52,06	52,93	53,89	55,44	54,72	79,58	52,32	58,92	49,85	51,74	52,47	19,90	55,36	53,69	53,08	53,10
X _{Or}	0,26	0,16	0,30	0,34	0,23	0,46	0,27	0,35	0,39	0,36	0,32	0,13	0,28	0,25	0,37	0,27

Zona	4D	4D	6B	6B	1B	1B	1B	1B	1B	2	2	2	2	2	2	2
Punto	55 / 1	56 / 1	59 / 1	60 / 1	32 / 1	41 / 1	49 / 1	50 / 1	51 / 1	55 / 1	56 / 1	57 / 1	58 / 1	59 / 1	63 / 1	65 / 1
Muestra	14288	14288	14288	14288	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293
Grupo	Fen	Fen	Micr	Micr	Fen	Fen	Fen	Fen	Fen	Micr						
SiO ₂	57,32	56,89	56,99	57,61	54,98	60,31	57,57	63,35	57,20	53,29	50,50	58,01	55,63	59,05	50,66	53,84
TiO ₂	0,00	0,01	0,14	0,05	0,00	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,12	0,13	0,14	0,00	0,14	0,08
Al ₂ O ₃	27,59	28,24	27,41	27,63	28,50	24,65	26,55	22,75	26,52	29,33	30,57	26,35	27,86	25,87	30,98	29,34
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02
FeO	0,00	0,07	0,09	0,09	0,16	0,14	0,05	0,06	0,07	0,23	0,51	0,11	0,16	0,09	0,31	0,21
MgO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,17	0,00	0,01	0,01	0,02	0,38	0,00	0,00	0,01	0,22	0,01
MnO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03
NiO	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00
CaO	9,01	9,55	9,07	8,72	11,37	7,22	9,12	4,44	9,43	12,46	14,05	8,84	10,78	8,25	14,37	12,55
Na ₂ O	6,19	5,95	5,99	6,25	4,93	7,16	6,13	8,45	5,94	4,24	3,06	6,20	5,10	6,62	3,11	4,23
K ₂ O	0,04	0,06	0,06	0,07	0,03	0,00	0,06	0,05	0,04	0,03	0,24	0,04	0,02	0,05	0,17	0,04
P ₂ O ₅	0,07	0,10	0,08	0,12	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,07	0,11	0,07	0,08	0,04	0,10	0,09
F					0,00	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,06	0,00	0,00
Cl					0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,00
Total	100,21	100,89	99,84	100,65	100,06	99,74	99,58	99,26	99,24	99,71	99,59	99,83	99,85	100,10	100,14	100,45
Na	0,54	0,51	0,52	0,54	0,43	0,62	0,53	0,73	0,52	0,37	0,27	0,54	0,45	0,57	0,28	0,37
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ca	0,43	0,46	0,44	0,42	0,55	0,35	0,44	0,21	0,46	0,61	0,69	0,42	0,52	0,39	0,70	0,61
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,56	2,53	2,56	2,57	2,48	2,69	2,59	2,82	2,58	2,42	2,32	2,60	2,51	2,64	2,31	2,43
Al	1,45	1,48	1,45	1,45	1,52	1,30	1,41	1,19	1,41	1,57	1,66	1,39	1,48	1,36	1,67	1,56
X _{An}	44,52	46,86	45,40	43,37	55,91	35,78	44,96	22,44	46,64	61,79	70,67	43,99	53,82	40,68	71,14	61,98
X _{Ab}	55,28	52,81	54,23	56,25	43,92	64,20	54,70	77,26	53,15	38,01	27,88	55,78	46,05	59,03	27,88	37,80
X _{Or}	0,21	0,33	0,36	0,39	0,17	0,02	0,33	0,30	0,21	0,20	1,45	0,22	0,13	0,29	0,98	0,21

Zona	2			3			3		
Punto	66 / 1	69 / 1	84 / 1	85 / 1	92 / 1	93 / 1	80 / 1	81 / 1	83 / 1
Muestra	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293	14293
Grupo	Micr	Micr	Fen	Fen	Fen	Fen	Micr	Micr	Micr
SiO ₂	50,97	51,95	57,84	58,89	56,12	58,60	57,19	52,60	56,37
TiO ₂	0,04	0,12	0,03	0,00	0,03	0,01	0,06	0,08	0,11
Al ₂ O ₃	30,60	29,97	26,66	26,10	27,47	26,39	26,91	29,84	26,86
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,06	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	0,30	0,20	0,04	0,04	0,05	0,12	0,26	0,38	0,48
MgO	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,25
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
NiO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,01
CaO	14,26	13,50	9,39	8,47	10,59	8,67	9,73	13,07	9,63
Na ₂ O	3,23	3,73	6,12	6,56	5,40	6,26	5,80	3,74	5,55
K ₂ O	0,08	0,06	0,02	0,00	0,06	0,03	0,05	0,34	0,19
P ₂ O ₅	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,04	0,08	0,11	0,04
F	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cl	0,05	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Total	99,81	99,69	100,21	100,14	99,85	100,18	100,09	100,28	99,51
Na	0,29	0,33	0,53	0,57	0,47	0,54	0,51	0,33	0,49
Mg	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Ca	0,70	0,66	0,45	0,40	0,51	0,41	0,47	0,64	0,47
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,33	2,37	2,59	2,63	2,53	2,61	2,57	2,39	2,55
Al	1,65	1,61	1,41	1,37	1,46	1,39	1,42	1,60	1,43
X _{An}	70,57	66,41	45,82	41,63	51,82	43,26	47,95	64,55	48,37
X _{Ab}	28,96	33,21	54,07	58,37	47,84	56,54	51,77	33,44	50,48
X _{Or}	0,47	0,38	0,11	0,00	0,34	0,20	0,28	2,01	1,15

ILMENTAS

Zona	7B	7B	6	6	1H	4	4	4	1	1	1	1	1	2	2	2
Punto	26 / 1	27 / 1	143 / 1	144 / 1	178 / 1	119 / 1	120 / 1	121 / 1	226 / 1	227 / 1	228 / 1	231 / 1	232 / 1	1 / 1	2 / 1	17 / 1
Muestra	14043	14043	14043B	14043B	14043B	14263	14263	14263	14285a	14285a	14285a	14285a	14285a	14285A	14285A	14285a
SiO ₂	0,19	0,32	0,05	1,90	0,11	0,08	0,05	8,33	0,05	0,08	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04
TiO ₂	52,65	52,23	52,76	51,52	52,27	53,56	54,09	49,44	54,13	54,33	54,71	54,96	55,00	53,47	53,45	54,66
Al ₂ O ₃	0,08	0,15	0,02	0,13	0,03	0,02	0,00	0,35	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	0,07	0,00	0,02	0,05	0,00
FeO	44,53	44,32	43,32	41,63	44,24	45,06	44,90	32,59	44,29	43,91	43,58	43,96	43,19	44,17	44,13	43,23
MgO	0,24	0,22	0,10	0,11	0,11	0,12	0,15	0,12	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,28	0,25
MnO	2,15	2,44	2,46	2,34	2,01	1,52	1,47	1,10	2,13	2,11	2,07	2,09	2,14	2,18	2,14	2,13
NiO	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,06
CaO	0,12	0,23	0,08	1,68	0,28	0,07	0,09	8,89	0,02	0,07	0,06	0,08	0,10	0,22	0,10	0,10
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
F						0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00
Cl						0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00
Total	99,97	99,96	98,82	99,33	99,06	100,54	100,79	100,94	100,87	100,81	100,86	101,46	100,78	100,40	100,27	100,49
Si	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	1,00	0,99	1,01	0,97	1,00	1,01	1,02	0,89	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,01	1,01	1,03
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,94	0,93	0,93	0,88	0,94	0,95	0,94	0,65	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,93	0,93	0,91
Mg	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Ca	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zone	2	7	1	1	1	4
DataSet/Point	18 / 1	152 / 1	181 / 1	182 / 1	183 / 1	184 / 1
Sample	14285a	14286	14286	14286	14286	14286
SiO ₂	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
TiO ₂	55,18	54,14	54,68	54,69	54,26	53,95
Al ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
FeO	42,99	43,81	43,71	43,83	43,56	43,17
MgO	0,22	0,24	0,26	0,32	0,31	0,31
MnO	2,19	2,01	2,07	1,99	2,06	1,90
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
CaO	0,00	0,00	0,04	0,07	0,04	0,27
Na ₂ O	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,03	0,00	0,09	0,04	0,00	0,06
Cl	0,00	0,03	0,06	0,01	0,00	0,00
Total	100,69	100,31	101,00	101,04	100,33	99,75
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	1,04	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,90	0,92	0,91	0,92	0,92	0,91
Mg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

PIROXENOS

Zona	ID	ID	ID	ID	1E	1E	1E	1C	1C	1F	1F	1G	1G	1A	1A	1A
Punto	1 / 1	3 / 1	4 / 1	5 / 1	10 / 1	11 / 1	12 / 1	24 / 1	25 / 1	30 / 1	31 / 1	34 / 1	36 / 1	41 / 1	42 / 1	43 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043
SiO ₂	52,64	50,58	50,30	50,12	50,45	50,02	50,04	50,57	50,59	50,91	50,47	51,73	52,08	50,42	49,85	49,53
TiO ₂	0,80	1,23	1,39	1,52	1,56	1,48	1,35	1,15	1,18	1,03	1,33	1,05	0,96	1,43	1,52	1,66
Al ₂ O ₃	2,35	4,10	4,11	4,09	4,11	4,02	3,99	3,89	3,65	3,49	4,15	2,49	2,40	4,37	4,41	4,50
Cr ₂ O ₃	0,06	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,16	0,08	0,04	0,01	0,03	0,02	0,10	0,03	0,00
FeO	6,23	7,08	7,43	7,74	8,54	8,35	7,66	6,83	6,74	6,99	7,18	7,83	7,74	7,28	7,74	8,22
MgO	15,38	14,57	14,30	13,93	13,62	13,79	14,26	14,89	14,78	14,13	14,54	14,61	15,14	14,05	14,27	14,10
MnO	0,27	0,17	0,17	0,18	0,20	0,13	0,22	0,16	0,18	0,24	0,19	0,29	0,15	0,20	0,14	0,17
NiO	0,02	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09
CaO	21,99	21,88	21,96	21,89	21,82	21,84	21,97	22,17	22,23	22,98	22,13	21,71	21,72	21,97	21,94	21,71
Na ₂ O	0,33	0,33	0,35	0,43	0,42	0,41	0,33	0,27	0,28	0,32	0,41	0,34	0,24	0,45	0,26	0,37
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,17	0,15	0,16	0,15	0,12	0,14	0,18	0,27	0,19	0,28	0,18	0,19	0,14	0,19	0,16	0,21
F																
Cl																
Total	100,25	100,22	100,22	100,08	100,84	100,18	100,00	100,38	99,91	100,44	100,63	100,28	100,59	100,48	100,33	100,55
Si	1,94	1,87	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,87	1,88	1,86	1,92	1,92	1,86	1,84	1,83
Al ^{IV}	0,06	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,12	0,14	0,08	0,08	0,14	0,16	0,17
Al ^{VI}	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03
Ti	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07
Fe ²⁺	0,19	0,18	0,18	0,19	0,23	0,20	0,18	0,16	0,16	0,17	0,16	0,22	0,22	0,19	0,19	0,18
Mg	0,84	0,80	0,79	0,77	0,75	0,76	0,79	0,82	0,82	0,78	0,80	0,81	0,83	0,77	0,79	0,78
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Ca	0,87	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,91	0,87	0,86	0,86	0,87	0,87	0,86
Na	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	1A	1A	II	IB	IB	IH	IA	IA	IA	IO	IO	IB	IB	IC	IC	IF
Punto	44 / 1	45 / 1	24 / 1	26 / 1	27 / 1	28 / 1	139 / 1	140 / 1	141 / 1	145 / 1	146 / 1	147 / 1	148 / 1	149 / 1	150 / 1	156 / 1
Muestra	14043	14043	14043	14043	14043	14043	14043B									
SiO ₂	48,92	48,87	51,12	49,20	51,22	52,13	50,69	50,65	50,33	51,38	51,35	51,65	52,34	50,06	49,70	51,59
TiO ₂	2,24	1,73	1,28	2,34	0,70	0,95	1,16	1,11	1,14	1,13	1,22	0,98	0,87	1,50	1,65	0,97
Al ₂ O ₃	4,80	4,63	4,02	4,61	4,15	2,48	3,90	3,92	4,02	2,57	2,44	2,71	2,42	4,23	4,35	2,66
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,08	0,00	0,02	0,04	0,11	0,11	0,12	0,00	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02
FeO	9,15	8,89	6,75	9,50	10,68	8,44	6,74	6,77	6,81	8,09	8,92	8,19	7,28	8,75	7,86	7,53
MgO	13,00	13,74	14,40	12,37	13,44	14,35	14,55	14,74	14,93	14,34	14,04	14,36	14,85	12,98	13,67	14,93
MnO	0,22	0,19	0,17	0,27	0,23	0,27	0,17	0,18	0,21	0,30	0,26	0,24	0,29	0,23	0,22	0,19
NiO	0,04	0,02	0,03	0,05	0,01	0,03	0,06	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
CaO	21,32	21,52	22,09	21,48	18,19	20,90	21,96	21,84	21,96	21,73	21,14	21,46	21,63	21,91	22,19	21,64
Na ₂ O	0,51	0,31	0,44	0,41	0,46	0,33	0,34	0,24	0,20	0,36	0,40	0,34	0,34	0,43	0,48	0,35
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,17	0,19	0,16	0,19	0,19	0,19	0,14	0,14	0,19	0,21	0,23	0,19	0,19	0,16	0,20	0,14
F																
Cl																
Total	100,37	100,12	100,54	100,41	99,33	100,12	99,82	99,71	99,93	100,14	100,04	100,15	100,26	100,26	100,32	100,08
Si	1,82	1,82	1,88	1,84	1,93	1,94	1,88	1,88	1,86	1,91	1,92	1,92	1,94	1,87	1,84	1,91
Al ^{IV}	0,18	0,18	0,12	0,16	0,07	0,06	0,12	0,12	0,14	0,09	0,08	0,08	0,06	0,13	0,16	0,09
Al ^{VI}	0,03	0,02	0,06	0,05	0,11	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03
Ti	0,06	0,05	0,04	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,06	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,03	0,07	0,04
Fe ²⁺	0,23	0,20	0,19	0,29	0,34	0,26	0,18	0,19	0,16	0,22	0,26	0,24	0,23	0,24	0,18	0,20
Mg	0,72	0,76	0,79	0,69	0,75	0,80	0,80	0,81	0,82	0,79	0,78	0,79	0,82	0,72	0,76	0,82
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	0,85	0,86	0,87	0,86	0,73	0,83	0,87	0,87	0,87	0,87	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,86
Na	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	IF	IH	IH	IL	IL	IK	IK	II	II	IG	IG	IF	IF	IA	IA	IA
Punto	157 / 1	173 / 1	174 / 1	180 / 1	181 / 1	182 / 1	183 / 1	184 / 1	185 / 1	186 / 1	187 / 1	1 / 1	2 / 1	17 / 1	18 / 1	19 / 1
Muestra	14043B	14263	14263	14263	14263	14263										
SiO ₂	52,38	49,81	50,32	50,27	50,66	50,21	50,22	49,54	49,67	50,90	50,28	49,49	49,55	48,82	49,18	49,09
TiO ₂	0,79	1,66	1,51	1,45	1,39	1,59	1,50	1,72	1,62	1,19	1,42	1,75	1,72	1,93	1,85	1,84
Al ₂ O ₃	2,20	4,60	4,38	4,13	4,19	4,10	3,93	4,42	4,22	3,89	4,30	4,74	4,50	4,79	4,62	4,61
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,02	0,08	0,06	0,33	0,22	0,32	0,32	0,24
FeO	7,82	7,78	7,27	7,95	7,07	8,31	8,34	9,28	8,58	6,40	6,63	7,12	7,19	7,10	7,05	7,13
MgO	14,14	13,69	14,10	14,12	14,40	13,33	13,68	12,52	13,47	14,52	14,41	13,81	13,78	13,68	13,64	13,70
MnO	0,22	0,20	0,21	0,20	0,20	0,23	0,19	0,21	0,19	0,20	0,13	0,16	0,14	0,15	0,18	0,17
NiO	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
CaO	22,13	21,84	22,06	22,00	22,22	22,18	21,87	21,75	21,75	22,24	21,98	21,98	22,40	21,93	22,24	22,32
Na ₂ O	0,25	0,48	0,49	0,36	0,42	0,46	0,41	0,45	0,42	0,41	0,43	0,37	0,37	0,36	0,34	0,37
K ₂ O	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
P ₂ O ₅	0,15	0,17	0,22	0,14	0,20	0,22	0,16	0,13	0,15	0,18	0,19	0,18	0,14	0,16	0,19	0,15
F												0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl												0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
Total	100,12	100,30	100,63	100,62	100,77	100,69	100,35	100,04	100,07	100,02	99,85	99,98	100,06	99,23	99,66	99,64
Si	1,95	1,85	1,85	1,86	1,86	1,86	1,86	1,85	1,85	1,88	1,86	1,84	1,84	1,83	1,84	1,83
Al ^{IV}	0,05	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,12	0,14	0,16	0,16	0,17	0,16	0,17
Al ^{VI}	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
Ti	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05
Fe ²⁺	0,24	0,19	0,17	0,19	0,17	0,21	0,21	0,26	0,21	0,17	0,17	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17
Mg	0,78	0,76	0,77	0,78	0,79	0,74	0,76	0,70	0,75	0,80	0,80	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Ca	0,88	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89
Na	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	1A	1A	1A	1A	1A	1M	1D1K	1D1K	1D1K	1D1K						
Punto	22 / 1	23 / 1	24 / 1	26 / 1	34 / 1	35 / 1	36 / 1	37 / 1	39 / 1	40 / 1	41 / 1	42 / 1	54 / 1	55 / 1	56 / 1	57 / 1
Muestra	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263
SiO ₂	48,02	48,70	49,28	49,17	49,41	49,00	49,03	49,11	48,55	48,94	51,40	51,23	48,97	49,00	48,18	48,57
TiO ₂	2,27	2,19	1,92	1,86	2,16	1,78	1,95	1,85	1,91	1,90	1,22	1,19	1,83	2,63	2,11	2,10
Al ₂ O ₃	5,39	5,24	4,74	4,91	3,75	4,55	4,57	4,83	4,88	4,52	2,73	2,59	4,84	4,25	5,33	5,02
Cr ₂ O ₃	0,37	0,29	0,32	0,34	0,02	0,12	0,16	0,22	0,37	0,25	0,19	0,17	0,19	0,30	0,39	0,34
FeO	7,40	7,09	7,12	7,07	8,69	7,28	7,06	7,21	7,37	7,13	6,72	6,88	7,12	6,61	7,43	7,11
MgO	13,39	13,23	13,33	13,69	12,87	13,62	13,68	12,60	13,66	13,67	14,31	14,57	13,83	13,29	13,38	13,13
MnO	0,11	0,21	0,24	0,14	0,28	0,15	0,15	0,28	0,11	0,12	0,29	0,17	0,13	0,19	0,13	0,22
NiO	0,03	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,01	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
CaO	21,54	21,96	21,97	22,48	21,97	22,56	22,31	22,62	22,04	22,22	22,08	21,80	21,77	22,62	21,81	22,45
Na ₂ O	0,36	0,48	0,51	0,37	0,42	0,39	0,34	0,43	0,36	0,29	0,35	0,34	0,33	0,31	0,32	0,56
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01
P ₂ O ₅	0,17	0,15	0,18	0,19	0,17	0,14	0,14	0,16	0,14	0,15	0,18	0,15	0,15	0,15	0,19	0,16
F	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,07	99,54	99,63	100,30	99,77	99,62	99,46	99,40	99,49	99,26	99,60	99,18	99,19	99,35	99,32	99,69
Si	1,81	1,82	1,84	1,82	1,86	1,83	1,83	1,84	1,81	1,83	1,92	1,92	1,83	1,84	1,81	1,81
Al ^{IV}	0,19	0,18	0,16	0,18	0,14	0,17	0,17	0,16	0,19	0,17	0,08	0,08	0,17	0,16	0,19	0,19
Al ^{VI}	0,04	0,05	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03
Ti	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,05	0,07	0,06	0,06
Cr	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,07	0,04	0,02	0,06	0,04	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04	0,07
Fe ²⁺	0,20	0,19	0,19	0,17	0,24	0,16	0,18	0,21	0,17	0,18	0,21	0,21	0,19	0,21	0,19	0,15
Mg	0,75	0,74	0,74	0,76	0,72	0,76	0,76	0,71	0,76	0,76	0,80	0,81	0,77	0,74	0,75	0,73
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Ca	0,87	0,88	0,88	0,89	0,88	0,90	0,89	0,91	0,88	0,89	0,88	0,87	0,87	0,91	0,88	0,90
Na	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	ID1K	ID1K	ID1K	ID1K	ID1K	IJ	IJ	IJ	IJ	IG	IG	IG	IG	IG	IC	IC
Punto	58 / 1	61 / 1	62 / 1	63 / 1	64 / 1	77 / 1	78 / 1	79 / 1	81 / 1	84 / 1	85 / 1	88 / 1	89 / 1	90 / 1	94 / 1	95 / 1
Muestra	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263	14263
SiO ₂	48,77	50,99	49,56	49,99	49,21	48,73	48,92	50,70	48,99	48,27	48,87	48,62	48,69	49,61	48,74	48,59
TiO ₂	1,84	1,26	1,72	1,68	1,90	2,21	2,10	1,66	2,06	2,24	2,19	2,33	2,25	1,91	2,14	2,28
Al ₂ O ₃	5,08	3,36	4,48	4,10	4,96	5,45	5,29	3,79	5,19	5,47	4,94	5,74	5,47	4,61	5,46	5,41
Cr ₂ O ₃	0,33	0,17	0,21	0,20	0,20	0,25	0,28	0,11	0,21	0,28	0,30	0,38	0,29	0,15	0,37	0,32
FeO	7,18	7,09	7,11	7,26	7,08	7,26	7,28	6,84	7,24	7,25	7,29	7,09	7,45	7,21	7,14	7,19
MgO	13,60	14,31	13,87	14,04	13,31	13,51	13,79	14,41	13,73	13,49	13,77	12,65	13,10	13,68	13,62	13,36
MnO	0,24	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,13	0,17	0,18	0,16	0,14	0,20	0,18	0,20	0,15	0,12
NiO	0,01	0,02	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	22,35	21,89	22,31	22,46	22,61	22,03	21,91	22,56	22,34	22,06	22,09	22,15	21,63	22,38	22,26	22,12
Na ₂ O	0,33	0,30	0,33	0,33	0,42	0,35	0,35	0,31	0,34	0,37	0,33	0,54	0,47	0,31	0,33	0,37
K ₂ O	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
P ₂ O ₅	0,17	0,15	0,18	0,20	0,16	0,11	0,18	0,16	0,16	0,19	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,14
F	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
Cl	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00
Total	99,93	99,74	100,01	100,49	100,03	100,04	100,24	100,75	100,48	99,77	100,07	99,89	99,73	100,20	100,47	99,92
Si	1,81	1,90	1,84	1,85	1,83	1,81	1,81	1,87	1,81	1,80	1,82	1,81	1,82	1,84	1,81	1,81
Al ^{IV}	0,19	0,10	0,16	0,15	0,17	0,19	0,19	0,13	0,19	0,20	0,18	0,19	0,18	0,16	0,19	0,19
Al ^{VI}	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05
Ti	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06
Cr	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,06	0,00	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03
Fe ²⁺	0,16	0,22	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,18	0,20	0,21	0,20	0,18	0,19
Mg	0,75	0,79	0,77	0,77	0,74	0,75	0,76	0,79	0,76	0,75	0,76	0,70	0,73	0,76	0,75	0,74
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Ca	0,89	0,87	0,89	0,89	0,90	0,88	0,87	0,89	0,89	0,88	0,88	0,89	0,87	0,89	0,88	0,88
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zona	1E	1E	1N	1N	1N	1N
Punto	98 / 1	99 / 1	108 / 1	109 / 1	110 / 1	111 / 1
Muestra	14263	14263	14263	14263	14263	14263
SiO ₂	50,28	49,96	48,68	51,46	48,79	49,16
TiO ₂	1,68	1,83	2,45	1,41	2,23	2,12
Al ₂ O ₃	4,43	4,59	5,59	3,78	5,52	5,33
Cr ₂ O ₃	0,09	0,14	0,34	0,12	0,37	0,28
FeO	7,06	6,86	7,53	6,65	7,39	7,18
MgO	14,07	13,81	13,35	14,04	13,39	13,67
MnO	0,13	0,12	0,16	0,27	0,17	0,11
NiO	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	22,86	22,69	22,13	22,35	22,15	22,11
Na ₂ O	0,33	0,33	0,32	0,49	0,39	0,35
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
P ₂ O ₅	0,17	0,18	0,18	0,19	0,18	0,18
F	0,00	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Total	101,14	100,60	100,84	100,77	100,58	100,50
Si	1,85	1,85	1,80	1,89	1,81	1,82
Al ^{IV}	0,15	0,15	0,20	0,11	0,19	0,18
Al ^{VI}	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Ti	0,05	0,05	0,07	0,04	0,06	0,06
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,05	0,03	0,03	0,00	0,04	0,03
Fe ²⁺	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19
Mg	0,77	0,76	0,74	0,77	0,74	0,75
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Ca	0,90	0,90	0,88	0,88	0,88	0,88
Na	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

APÉNDICE IV: Geoquímica de roca total

Muestra	13042	14042	10670	14043	14043-PLAG	14827	14828	14824	14829
Localidad	NW Zarza	EX-117	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Cerro Colorado	Cerro Colorado
Tipo	Gb	Mlg	Gb	Po	Plag	Gb	Gb	Mlg	Mlg
UTM X	680710	688839	-	689554	689554	690015	690015	682238	683615
UTM Y	4420264	4421822	-	4411133	4411133	4411127	4411127	4422555	4421982
SiO₂	46,87	43,51	46,88	47,13	66,05	45,76	47,33	42,20	43,74
TiO₂	1,51	1,32	2,60	1,71	0,03	2,13	1,79	2,20	1,14
Al₂O₃	18,00	17,62	16,13	17,42	20,07	17,32	15,66	14,31	20,08
FeOt	9,31	8,40	11,88	10,73	0,09	11,61	12,15	11,65	7,23
MgO	8,04	4,96	6,57	7,31	0,06	8,31	9,17	5,20	4,25
MnO	0,15	0,13	0,18	0,17	0,00	0,17	0,19	0,23	0,10
CaO	11,43	9,08	7,64	10,13	1,76	9,95	8,62	7,50	8,33
Na₂O	2,96	1,28	3,29	2,98	10,54	2,85	2,96	5,01	2,15
K₂O	0,24	1,28	1,62	0,72	0,07	0,46	0,30	0,22	2,39
P₂O₅	0,18	0,15	0,40	0,19	0,17	0,25	0,19	0,30	0,14
LOI	1,61	9,80	1,77	1,49	0,84	1,20	1,52	10,92	10,35
Total	100,30	100,01	98,94	99,98	99,68	100,01	99,88	99,74	99,91
As							4,6	43,2	
Ba	32,5	546,6	244	356,3	259,3	103,2	269,1	167,5	847,1
Co	55,7	24,5	32	52,7	37,7	52,1	57,1	30,4	24,5
Cr	307,5	125,0	235	86,4	7,8	280,1	82,4	143,8	128,1
Cs									7,8
Cu	69,0	26,7	45	28,8		88,4	75,3	33,5	31,8
Ga					18,0	20,1	17,6	19,4	16,8
Ge					1,1				
Hf		2,88		2,35	2,23	2,57	2,84	3,03	1,77
Mo						1,1	1,0	1,9	
Nb	10,3	9,1	11	10,7	0,50	13,5	9,7	19,7	7,1
Ni	122,9	14,7	133	39,6		126,2	98,1	64,1	27,1
Pb	6,9	5,7	4	5,6	4,6	4,0	6,20	6,5	4,30
Pm									
Rb	7,2	44,3	15	29,2	2,7	13,8	14,80	6,3	84,9
Sb								7,0	
Sc						29,7	29,3	22,4	20,6
Sr	282,1	298,1	405	374,7	151,2	350,3	272,7	203,5	277,0
Ta		0,73		0,59	0,46	0,89	0,98	1,18	0,55
Th	1,6	0,85	3	0,85	0,21	0,93	0,94	1,39	0,72
U	0,2	0,0	1	0,0	1,6	2,7	2,5	1,1	1,9
V	225,3	227,2	275	256,2	4,1	289,4	286,3	286,1	184,7
W					192,6	61,8	49,5	20,0	15,9
Y	17,7	16,6	27	21,6	1,05	25,0	21,8	28,9	15,2
Zn	67,3	59,1	79	75,4		78,9	77,7	85,7	47,6
Zr	98,6	108,0	150	128,4	26,7	147,7	112,7	187,8	78,8
La		7,76		9,13	0,67	12,26	9,55	14,93	6,39
Ce		18,32		21,81	1,31	26,33	18,12	31,55	10,22
Pr		2,64		3,04	0,17	4,11	3,82	4,85	2,42
Nd		12,73		14,25	0,64	17,77	17,18	20,15	10,86
Sm		3,16		3,76	0,22	4,21	4,29	4,60	2,66
Eu		1,21		1,33	0,17	1,34	1,50	1,41	1,14
Gd		3,31		3,79	0,18	3,61	3,84	4,02	2,40
Tb		0,58		0,67	0,04	0,67	0,75	0,74	0,46
Dy		3,47		4,20	0,21	4,01	4,37	4,48	2,74
Ho		0,68		0,84	0,04	0,80	0,89	0,89	0,56
Er		1,89		2,26	0,10	2,17	2,46	2,48	1,53
Tm		0,28		0,34		0,30	0,33	0,35	0,23
Yb		1,70		2,02	0,18	1,94	2,34	2,30	1,44
Lu		0,25		0,30	0,03	0,28	0,33	0,34	0,21

Elementos mayores en % en peso; elementos traza y REE en ppm. Letra regular, datos de XRF; cursiva, datos de ICP-MS. Tipo de roca: Gb = Ortoanfibolita gabroica, Po = Ortoanfibolita porfídica, Di = Ortoanfibolita dioritoide, Mlg = Metaleucogabro, Plag = vena plagioclásica.