

Caracterización Petrográfica de la Formación Tubará, en el Departamento del Atlántico

Victoria Sofía Barrios Amado

Trabajo de Grado para Optar el título de Geóloga

Directora

Ana Milena Cardozo Ortiz

Geóloga

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2019

Dedicatoria,

A mis dos madres, Lilia y Miriam, que construyeron lo que soy, y a las que pertenece por siempre, mi amor.

A mi hermana Laura, por su ejemplo, dedicación y generosidad.

A los que partieron, Valentina, Santos y Ana, porque los pienso cada día y los llevo en cada una de mis oraciones.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander

Al Servicio Geológico Colombiano.

A la docente Ana Milena Cardozo Ortiz.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Objetivos	20
1.1. Objetivo General.....	20
1.2. Objetivos Específicos	20
2. Metodología	20
2.1. Recopilación y análisis de la bibliografía	21
2.2. Conteo textural y composicional de las secciones delgadas	21
2.3. Clasificación textural y composicional de las secciones delgadas	22
2.4. Descripción petrográfica.....	22
2.5. Identificación de microfacies.....	23
2.6. Elaboración del libro.....	23
3. Generalidades.....	24
3.1. Localización.....	24
3.2. Antecedentes	30
3.3. Marco Geológico	35
4. Resultados	39
4.1. Sección 827416.....	43
4.1.1. Breve resumen.....	43
4.1.2. Textura.	43

4.1.3. Composición	44
4.2. Sección ANM-153-P 5064422	59
4.2.1. Breve resumen.....	59
4.2.2. Textura.	59
4.2.3. Composición:	61
4.3. Sección: FGR-145-P 5064428.....	73
4.3.1. Breve resumen:	73
4.3.2. Textura.	73
4.3.3. Composición:	75
4.4. Sección delgada: 827395	86
4.4.1. Breve resumen.....	86
4.4.2. Textura.	86
4.4.3. Composición:	87
4.5. Sección delgada: 827396	97
4.5.1. Breve resumen:	97
4.5.2. Textura.	97
4.5.3. Composición:	99
4.6. Sección delgada: 827406	110
4.6.1. Breve resumen.....	110
4.6.2. Textura.	110
4.6.3. Composición:	111
4.7. Sección delgada: 827407	122
4.7.1. Breve resumen:	122

4.7.2. Textura.	122
4.7.3. Composición:	124
4.8. Sección delgada: ANM-048P-a 5064086	134
4.8.1. Breve resumen.	134
4.8.2. Textura.	134
4.8.3. Composición.	136
4.9. Sección delgada: 827392	145
4.9.1. Breve resumen.	145
4.9.2. Textura.	145
4.9.3. Composición:	147
4.10. Sección delgada: 827393	157
4.10.1. Breve resumen.	157
4.10.2. Textura.	157
4.10.3. Composición:.....	159
4.11. Sección delgada: 827409	168
4.11.1. Breve resumen.	168
4.11.2. Textura.	168
4.11.3. Composición.	170
4.12. Sección: ANM-152-P 5064408	180
4.12.1. Breve resumen.	180
4.12.2. Textura.	180
4.12.3. Composición:.....	181
4.13. Sección delgada: 827399	193

4.13.1.	Breve resumen.	193
4.13.2.	Textura.	193
4.13.3.	Fábrica.	193
4.13.4.	Composición.	194
5.	Discusión.	198
6.	Recomendaciones.	200
7.	Conclusiones.	201
	Referencias bibliográficas.	203

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Coordenadas planas de cada sección delgada y número de la plancha correspondiente</i>	24
Tabla 2. <i>Antecedentes relacionados con la edad de la Formación Tubará.</i>	34
Tabla 3. <i>Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía composicional de este trabajo</i>	39
Tabla 4. <i>Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía textural</i>	40
Tabla 5. <i>Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía composicional.</i>	40
Tabla 6. <i>Breve descripción de las microfacies reconocidas para cada sección delgada de este estudio</i>	42

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Esquema de las diferentes etapas que conforman la metodología de este trabajo de investigación.	23
<i>Figura 2.</i> Ubicación de las planchas geológicas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena y 24 Sabanalarga.	26
<i>Figura 3.</i> Ubicación de las secciones delgadas que pertenecen a la plancha geológica 16-17 Galerazamba-Barranquilla. Modificado de Barrera (1998).	27
<i>Figura 4.</i> Ubicación de las secciones delgadas que pertenecen a la plancha 24 Sabanalarga. Modificado de Reyes y Zapata (1998).	28
<i>Figura 5.</i> Ubicación de las secciones delgadas pertenecientes a la plancha 23 Cartagena. Modificado de Guzmán et al. (2003).	29
<i>Figura 6.</i> Traducción hecha por este autor, de la descripción del Grupo Tuberá (sic) registrada en Anderson (1927 b).	31
<i>Figura 7.</i> Se indica la ubicación de los cinturones del Sinú y San Jacinto con sus principales estructuras. Tomado de Guzmán et al. (2004).	36
<i>Figura 8.</i> Columna estratigráfica de la Formación Tubará en la sección Arroyo Morrotillo. Tomado de Barrera (2001).	38
<i>Figura 9.</i> Gráfica de la ubicación de las secciones delgadas de composición terrígena en el triángulo de Folk, 1974.	41

Figura 10. Cuarzos policristalinos con extinción ondulante, bordes suturados y bandeamiento, B: cuarzo policristalino con extinción ondulante, C: cuarzo policristalino con bordes suturados y recristalización. 53

Figura 11. A: chert subangular, B: fragmento de arenisca con granos subangulares a subredondeados, C: feldespatos potásicos con textura peritética en venas. 54

Figura 12. A: grano de glauconita fresca, B: cuarzo policristalino con extinción ondulante, bordes suturados y bandeamiento, C: grano subhedral de titanita. 55

Figura 13. A: partícula anhedral de epidota, B: restos de materia orgánica oxidada, C: fragmento plutónico compuesto por cuarzo policristalino, plagioclasa y clorita. 56

Figura 14. A: chert fracturado y con espículas de esponjas, B: posible foraminífero recristalizado Bc: bioclasto, C: zonas con cemento de yeso y cristales de fluorita. 57

Figura 15. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico. 58

Figura 16. A: fragmento sedimentario de una arenisca con granos de cuarzo, con un fragmento de roca volcánica (en el centro) y chert. B: zona con cemento de yeso. C: fragmento de roca volcánica con fenocristales prismáticos largos en una matriz afanítica. 68

Figura 17. A: grano de cuarzo recristalizado. B: fragmento metamórfico de un esquisto cuarzoso. C: arenisca con granos de cuarzo subredondeados a subangulares. 69

Figura 18. A: grano de glauconita oxidada. B: cuarzo policristalino con extinción recta y bordes ligeramente poligonales. C: grano de plagioclasa con zonación oscilatoria. 70

Figura 19. A: fragmento metamórfico subredondeado de una pizarra. B: franja compuesta por fragmentos metamórficos de pizarra. C: detalle de la imagen anterior (B), se observa la ligera orientación que caracteriza a los fragmentos metamórficos de bajo grado. 71

Figura 20. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico. 72

Figura 21. A: franja ovalada que contiene partículas de tamaño de grano mayor que las de su alrededor, posiblemente debido a bioperturbación. B: franja ovalada rellena de partículas de tamaño de grano menor que los de su alrededor, posiblemente como respuesta a la bioperturbación. C: textura general de la roca, con granos subangulares a subredondeados. 82

Figura 22. A: grano redondeado de glauconita. B: fragmento metamórfico de esquisto cuarzo. C: fragmento de roca volcánica con fenocristales de plagioclasa prismática larga en matriz afanítica. 83

Figura 23. A: grano de plagioclasa con zonación oscilatoria. B: feldespato potásico con textura peritítica en venas. 84

Figura 24. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico. 85

Figura 25. A: textura general de la roca, se observan laminaciones discontinuas y onduladas de las micas y restos de materia orgánica oxidada. B: textura general de la roca con un objetivo de mayor aumento, se observan granos subangulares de cuarzo y un fragmento metamórfico de esquisto cuarzo. C: restos de materia orgánica oxidada. 94

Figura 26. A: micas con inclusiones de opacos. B: fragmento metamórfico de una pizarra. C: plagioclasa alterada a epidota de tipo clinozoisita. 95

Figura 27. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico. 96

Figura 28. A: partícula de chert subangular. B: fragmento de arenisca. C: fragmento metamórfico subredondeado de una pizarra. 106

Figura 29. A: partícula anhedral de titanita. B: fragmento metamórfico de un esquisto cuarzo. C: fragmento volcánico con fenocristal de plagioclasa en matriz microcristalina. 107

Figura 30. A: grano de plagioclasa alterando a saussurita. B: franja rellena de granos de menor tamaño, posible bioperturbación. 108

<i>Figura 31.</i> Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.	
.....	109
<i>Figura 32.</i> A: fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos. B: fragmentos de conchas gruesas y delgadas, cuarzo policristalino con extinción ondulante y una franja recrystalizada (abajo) y fragmento de arenisca (arriba). Bc: bioclasto.	119
<i>Figura 33.</i> A: en la zona central de la imagen se observa una franja con acumulación de óxidos. B: fragmento redondeado de una arenisca. C: cuarzo policristalino con clorita vermicular. Bc: bioclasto.	120
<i>Figura 34.</i> Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.	
.....	121
<i>Figura 35.</i> A: fragmento de una concha gruesa con bioerosión. B: fragmentos de conchas gruesas y delgadas recrystalizadas a calcita. C: fragmento redondeado que corresponde posiblemente a un alga roja. Bc: bioclasto.	132
<i>Figura 36.</i> Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico	
.....	133
<i>Figura 37.</i> A: Fragmento de una concha gruesa de molusco. B: fragmentos de conchas gruesas de moluscos. C: Textura general de la roca en sección delgada, con granos subangulares a subredondeados. Bc: bioclasto.	143
<i>Figura 38.</i> Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.	144
<i>Figura 39.</i> A y B: fragmentos de conchas gruesas con evidencias de disolución. C: molde vacío por disolución de un aloquímico. Bc: bioclasto.	153

Figura 40. A: textura general de la roca, con granos subredondeados a subangulares. B: cuarzo policristalino con extinción ondulante y bordes ligeramente suturados. C: fragmento de una concha de braquiópodo. Bc: bioclasto. 154

Figura 41. A: granos de anfíbol tipo hornblenda. B: fragmento de roca plutónica con cuarzo, feldespato, clorita y titanita. C: fragmento de roca plutónica compuesta por cuarzo y feldespatos. 155

Figura 42. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico. 156

Figura 43. A: fragmento de una concha gruesa de molusco. B: franja ovalada rellena de granos con un tamaño de grano menor que los de su alrededor, posiblemente refleja bioperturbación en la roca. C: cuarzo policristalino con extinción ondulada, cristales elongados y bordes suturados. 165

Figura 44. A: cuarzo con extinción ondulante. B: fragmento de roca volcánica con fenocristales de plagioclasa en una matriz microcristalina. C: fragmento redondeado de roca plutónica compuesto por cuarzo, feldespato y epidota. 166

Figura 45. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico. 167

Figura 46. A: contacto entre las zonas rellenas de micrita (derecha) y el cemento de dolomita (izquierda), B: cemento de dolomita con textura drusy, se evidencia un aumento en el tamaño del cristal al acercarse a los poros de la roca, C: área circular rellena de micrita. 176

Figura 47. A: textura general de la roca, con granos subredondeados a subangulares, B: fragmento de una concha gruesa de molusco (abajo) y un fragmento de caliza, C: fragmento plutónico de cuarzo, plagioclasa y anfíbol. 177

Figura 48. A: feldespato potásico con textura peritética en venas, B: fragmento de caliza fosilífera, C: foraminífero relleno de calcita y minerales opacos. 178

<i>Figura 49.</i> Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.	179
<i>Figura 50.</i> A: fragmento sedimentario de arenisca con matriz oxidada. B: Partícula fracturada de chert. C: cuarzo con extinción recta y bordes poligonales.	188
<i>Figura 51.</i> A: cuarzo con inclusiones de apatito. B: fragmento volcánico con fenocristal de plagioclasa con sobrecrecimiento en una matriz microcristalina. C: fragmento metamórfico de esquisto cuarzoso.	189
<i>Figura 52.</i> A: grano de plagioclasa con zonación oscilatoria. B: fragmento volcánico con fenocristales de plagioclasa en una matriz microcristalina. C: fragmento redondeado de una caliza fosilífera (no se observa completo).	190
<i>Figura 53.</i> A: fragmento sedimentario de caliza micrita B: fragmento sedimentario de caliza micrita con los bordes muy oxidados. C: cuarzo policristalino con extinción recta y bordes suturados.	191
<i>Figura 54.</i> Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.	192
<i>Figura 55.</i> A: foraminíferos planctónicos y conchas muy recristalizadas (se encuentran dentro de una zona rellena de espar). B: foraminíferos planctónicos (se encuentran dentro de una zona rellena de espar). C: partículas terrígenas formando franjas sinuosas en la matriz de micrita. ..	196
<i>Figura 56.</i> A: partículas terrígenas formando franjas ovaladas, posiblemente debido a bioperturbación B: parches irregulares rellenos de espar. C: foraminíferos recristalizados a calcita dentro de zonas rellenas de espar.	197

Resumen

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LA FORMACIÓN TUBARÁ, EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO¹

AUTOR: VICTORIA SOFÍA BARRIOS AMADO²

PALABRAS CLAVE: FORMACIÓN TUBARÁ, CARIBE, ARENISCAS, PETROGRAFÍA

DESCRIPCIÓN:

Se describió la petrografía de 13 secciones delgadas de la Formación Tubará ubicadas en las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena y 24 Sabanalarga, mediante un conteo textural y composicional de 300 puntos bajo el microscopio petrográfico.

Cada sección delgada fue clasificada textural y composicionalmente según la metodología de Folk (1974), siguiendo el formato para la descripción de rocas terrígenas de Folk (1974, p. 147) y se identificaron microfacies teniendo en cuenta las características sedimentológicas y paleontológicas observadas con el microscopio.

Se determinaron rocas terrígenas, aloquímicas impuras y una ortoquímica. Las rocas terrígenas abarcan areniscas ligeramente conglomeráticas, conglomeráticas, gruesas a medias, muy finas, y limosa, todas poseen cemento calcáreo y composicionalmente clasifican como arcosas líticas, arcosas y una litoarenita feldespática. Las rocas aloquímicas impuras corresponden a bioesparitas arenosas y la roca ortoquímica consiste en una micrita fosilífera.

Se observaron las siguientes características petrográficas: cuarzo monocrystalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino con bordes suturados y poligonales, en ocasiones recrystalizado, chert con espículas de esponja, feldespatos potásicos con textura peritítica y plagioclasas zonadas. Se evidenció abundancia de líticos (hasta 20%), entre plutónicos, volcánicos, metamórficos y sedimentarios, de minerales pesados (hasta 5,2%), que comprenden hornblenda, epidota, titanita y opacos, y una gran cantidad de fósiles en las rocas aloquímicas (hasta un 40,4%), principalmente de fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos.

Se reconocieron las microfacies: Mf, Alc1, AlcD, Agm, Ba1, Ba2, Ba3, Ba4, AmfL, Amf, Alc2, Afm y Alc3.

Principalmente, en este trabajo se identificaron areniscas de composición arcósica con cemento calcáreo y bioesparitas con fragmentos de moluscos, que posiblemente correspondan al tope de la Formación. Además, se reportan novedades litológicas como micritas fosilíferas en la plancha 16-17, areniscas con cemento calcáreo y bioesparitas en las planchas 23 y 24, que no han sido registradas en la literatura geológica del área.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Directora: Ana Milena Cardozo Ortiz, Geóloga.

Abstract

TITLE: PETROGRAPHIC CHARACTERIZATION OF THE TUBARÁ FORMATION, IN THE DEPARTMENT OF ATLANTICO.³

AUTHOR: VICTORIA SOFÍA BARRIOS AMADO⁴

KEYWORDS: TUBARÁ FORMATION, CARIBBEAN, SANDSTONES, PETROGRAPHY

DESCRIPTION:

Petrographic description of 13 thin sections of the Tubará Formation, located at geological maps 16-17 Galerazambá-Barranquilla, 23 Cartagena and 24 Sabanalarga, by means of a textural and compositional counting of 300 points under the petrographic microscope.

Every thin section was texturally and compositionally classified using the methodology of Folk (1974), following the format for description of terrigenous rocks in Folk (1974, p.147) and microfacies were identified considering the sedimentological and paleontological characteristics observed with the microscope.

Terrigenous rocks, impure allochemical and orthochemical rock were determined. The terrigenous rocks include slightly conglomeratic sandstones, conglomeratic, coarse to medium, very fine, and silty, all of them are carbonate-cemented, and are compositionally classified as lithic arkoses, arkoses and one feldspathic lithoarenite. The allochemical impure rocks correspond to sandy biosparites and the orthochemical rock is a fossiliferous micrite.

These characteristics were observed: monocrystalline quartz with straight and undulose extinction, polycrystalline quartz with polygonal and sutured borders, sometimes recrystallized, chert with sponge spicules, fresh and oxidized micas, potassic feldspar with perititic texture and zoned plagioclases. Also, an abundance of rock fragments (up to 20%), among plutonic, volcanic, metamorphic and sedimentary, of heavy minerals (up to 5,2%), including hornblende, epidote, titanite and opaque were observed, together with a great quantity of fossils in the allochemical rocks (up to 40,4%), mainly fragments of coarse and thin shells of molluscs.

The following microfacies were recognized: Mf, Alc1, AlcD, Agm, Ba1, Ba2, Ba3, Ba4, AmfL, Amf, Alc2, Afm y Alc3.

Mainly, in this study were identified arkosic sandstones with calcareous cement and biosparites with fragments of mollusks, which possibly correspond to the top of the Formation. Additionally, some new lithologies as fossiliferous sandstones in the 16-17 geological map, sandstones with calcareous cement and biosparites in the 23 and 24 geological maps were reported for the first time in this study.

³ Bachelor Thesis

⁴ Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Directora: Ana Milena Cardozo Ortiz, Geóloga.

Introducción

La Formación Tubará fue definida por Anderson (1929), quien le asignó una edad del Mioceno sin mayor precisión y la dividió en 7 horizontes denominados con letras desde la M hasta la S. Posteriormente, Royo y Gómez (1942) proponen una edad del Langhiano-Tortoniano, Bürgl et al. (1955) ubica los horizontes M,N,O en el período Burdigaliano y los horizontes P y Q en el Helveciano, por su parte, Redmond (1953) define dos zonas informales de foraminíferos, Zona I y Zona II, que corresponden a la parte superior del Mioceno medio y el Mioceno Superior, respectivamente. Recientemente, Duque-Caro (1975) en De Porta (2003) asigna una edad del Mioceno Superior al Plioceno Inferior.

En cuanto a su litología, Anderson (1926 p. 399) la describe como “shale arcilloso, shale arenoso y areniscas” y en trabajos más recientes, Barrera (1998) afirma que está constituida por areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas, algunas calcáreas y niveles bioclásticos, con intercalaciones de lodolitas grises a negras.

En este proyecto, se estudian las características petrográficas de la Formación Tubará, mediante el análisis de 13 secciones delgadas recolectadas por el Servicio Geológico Colombiano en la cartografía a escala 1:100.000 de la plancha geológica 16-17 Galerazamba-Barranquilla, y a escala 1:50.000 en las planchas 23-IV-B Cartagena y 24-III-C Sabanalarga, entre los municipios de Tubará y Repelón en el departamento del Atlántico. Con esto se busca identificar microfacies de la Formación Tubará y aportar una caracterización litológica de la unidad en mención.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Describir las características petrográficas de la Formación Tubará

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar la descripción y clasificación petrográfica de 13 secciones delgadas de la Formación Tubará, ubicadas en las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena y 24 Sabanalarga a escala 1:100.000
- Determinar microfacies de la Formación Tubará.

2. Metodología

La metodología empleada en este trabajo de investigación se compone de seis (6) etapas, explicadas a continuación:

2.1. Recopilación y análisis de la bibliografía

Esta etapa comprende, en primera instancia, la búsqueda y recopilación de los trabajos científicos que se relacionen con la Formación Tubará, y posteriormente, el análisis de toda la información encontrada, mediante una lectura más cuidadosa.

Para la búsqueda de la información se usó como base el Léxico Estratigráfico Internacional de De Porta (1974), donde se mencionan los autores más importantes que han contribuido al conocimiento de la Formación Tubará hasta poco antes del año 1974. Para encontrar los trabajos más recientes y los trabajos originales de los autores mencionados en De Porta (1974), se usaron las bases de datos disponibles en la Universidad Industrial de Santander (Science Direct, AAPG Journals, Georef) y en el Servicio Geológico Colombiano, disponibles en la página web de la entidad mediante el MIIG (Motor de Integración de Información Geocientífica).

Para el análisis de la bibliografía, se procedió a una lectura detallada de los trabajos, realizando una síntesis de cada uno de ellos.

2.2. Conteo textural y composicional de las secciones delgadas

Para cada una de las placas, se realizó un conteo textural y composicional de 300 puntos, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Tamaño de grano, según la tabla de Wentworth en Folk (1974),
- Redondez y esfericidad, según Powers (1953) en Folk (1974),
- Tipo de contacto, según Cruz y Caballero (2007)

- Composición, siguiendo como guía los atlas de Ulmer-Scholle et al. (2014), Scholle y Ulmer-Scholle (2003), Adams et al. (1997) y Adams y McKenzie (1998).

2.3. Clasificación textural y composicional de las secciones delgadas

Se procedió a realizar la clasificación textural y composicional, siguiendo la metodología y los triángulos de clasificación de Folk (1974).

Cabe aclarar que, al seguir la metodología para la clasificación de rocas terrígenas propuesta por Folk (1974), los fragmentos de roca plutónica y los fragmentos de roca metamórfica tipo neis se cuentan como Feldespatos en el triángulo de clasificación. A continuación, se citan textualmente los componentes que integran cada polo del triángulo de clasificación de Folk (1974).

“Polo-Q: todos los tipos de cuarzo incluyendo metacuarcita (pero no chert).

Polo-F: todos los feldespatos individuales (K o Na-Ca), más fragmentos de granito y neis (rocas de la corteza profunda, plutónicas y de tamaño de grano grueso).

Polo-FR: todos los otros fragmentos de roca de tamaño de grano fino (supracorticales): chert, pizarra, esquisto, volcánicos, caliza, arenisca, shale, etc.” (Folk, 1974, p. 127).

2.4. Descripción petrográfica

Para la descripción petrográfica, se tomó como base el formato para la descripción de rocas terrígenas de Folk (1974, p. 147).

2.5. Identificación de microfacies

Con base en la descripción petrográfica realizada en la etapa anterior y siguiendo la definición de microfacies dada por Flügel (1982, p.1): “Microfacies es el total de todos los criterios paleontológicos y sedimentológicos que pueden ser clasificados en secciones delgadas, pellejos y secciones pulidas”, se identificaron microfacies para cada sección delgada teniendo en cuenta las características sedimentológicas y paleontológicas observadas en el microscopio petrográfico.

2.6. Elaboración del libro

Por último, se procedió a organizar la información que contendría el libro final, redactando los diferentes apartados y resumiendo algunos datos en tablas y/o figuras.

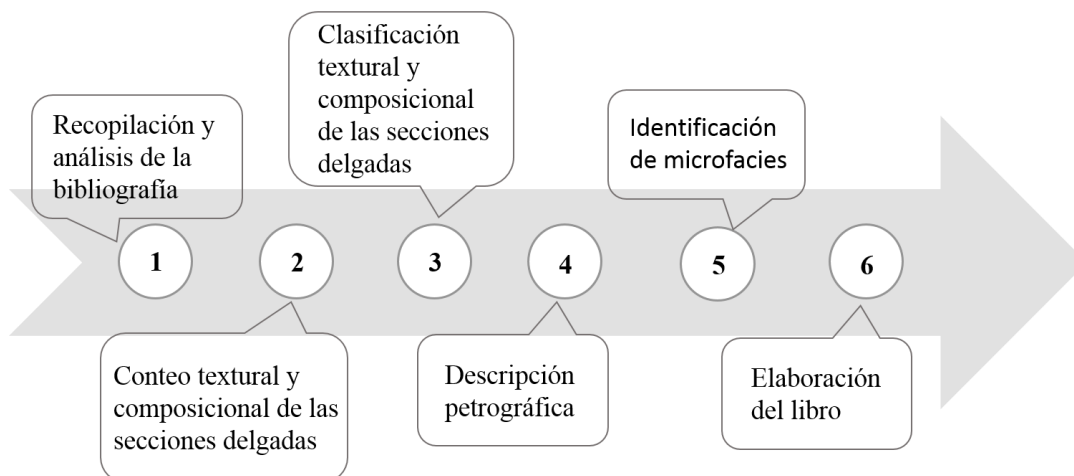


Figura 1. Esquema de las diferentes etapas que conforman la metodología de este trabajo de investigación.

3. Generalidades

3.1. Localización

Las secciones delgadas de la Formación Tubará, que serán el objeto de este estudio, se encuentran ubicadas en las planchas geológicas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 24 Sabanalarga y 23 Cartagena a escala 1: 100.000 publicadas por el Servicio Geológico Colombiano (antiguo Ingeominas). Las coordenadas y la plancha correspondiente de cada sección delgada se indican a continuación:

Tabla 1. *Coordenadas planas de cada sección delgada y número de la plancha correspondiente*

Sección delgada	Coordenadas		Datum	Origen	Plancha Geológica
	N	E			
827409	1.688.800	899.540	Bogotá	Central	16-17
827407	1.691.750	899.150	Bogotá	Central	16-17
827396	1.687.300	889.300	Bogotá	Central	16-17
827416	1.684.100	889.450	Bogotá	Central	16-17
827392	1.687.420	903.850	Bogotá	Central	16-17
827406	1.691.700	898.800	Bogotá	Central	16-17
827399	1.685.250	895.000	Bogotá	Central	16-17
827395	1.687.450	890.550	Bogotá	Central	16-17
827393	1.686.600	900.310	Bogotá	Central	16-17
FGR-145-P 5064428	1.652.306	880.343	Magna Sirgas	Central	24
ANM-048P-a 506408	1.645.692	882.570	Magna Sirgas	Central	24
ANM-152-P 5064408	1.650.721	879.007	Magna Sirgas	Central	23
ANM-153-P 5064422	1.651.138	878.609	Magna Sirgas	Central	23

Los siguientes mapas ilustran la ubicación de las planchas geológicas y de cada una de las secciones delgadas (fig. 2, fig. 3 y fig. 4).

Las secciones delgadas FGR-145, ANM-048, ANM-152 y ANM-153, pertenecientes a las planchas 24 Sabanalarga y 23 Cartagena, fueron entregadas en abril del presente año por geólogos del Grupo de Trabajo de Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC), quienes se encuentran realizando la nueva cartografía del área a escala 1:50000.

Cabe aclarar que, según la plancha geológica 23 de Guzmán et al. (2003) y 24 de Reyes y Zapata (1998), estas secciones delgadas corresponderían a la Formación San Cayetano y a la Formación Hibácharo, respectivamente. Sin embargo, según la información proporcionada por los geólogos del Grupo de Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica del SGC, en los nuevos mapas geológicos de esta área se proponen algunas modificaciones, de tal forma que los sectores donde se recolectaron las secciones delgadas anteriormente mencionadas corresponderían a la Formación Tubará.

Los nuevos mapas geológicos con sus respectivas modificaciones se encuentran actualmente en gestión de oficialización en el SGC, por lo cual al ser material confidencial, no pueden ser mostrados en este trabajo.

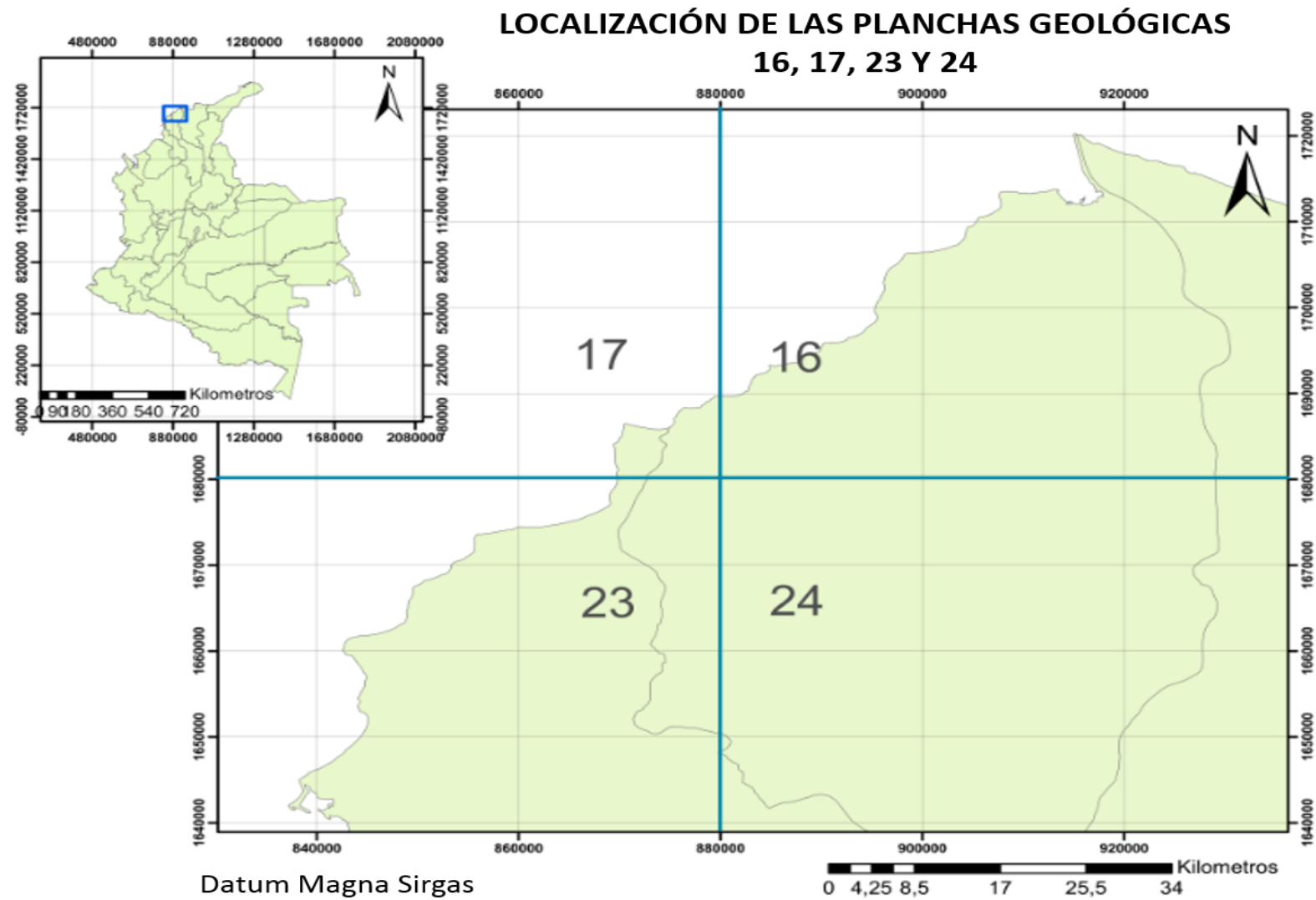


Figura 2. Ubicación de las planchas geológicas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena y 24 Sabanalarga.

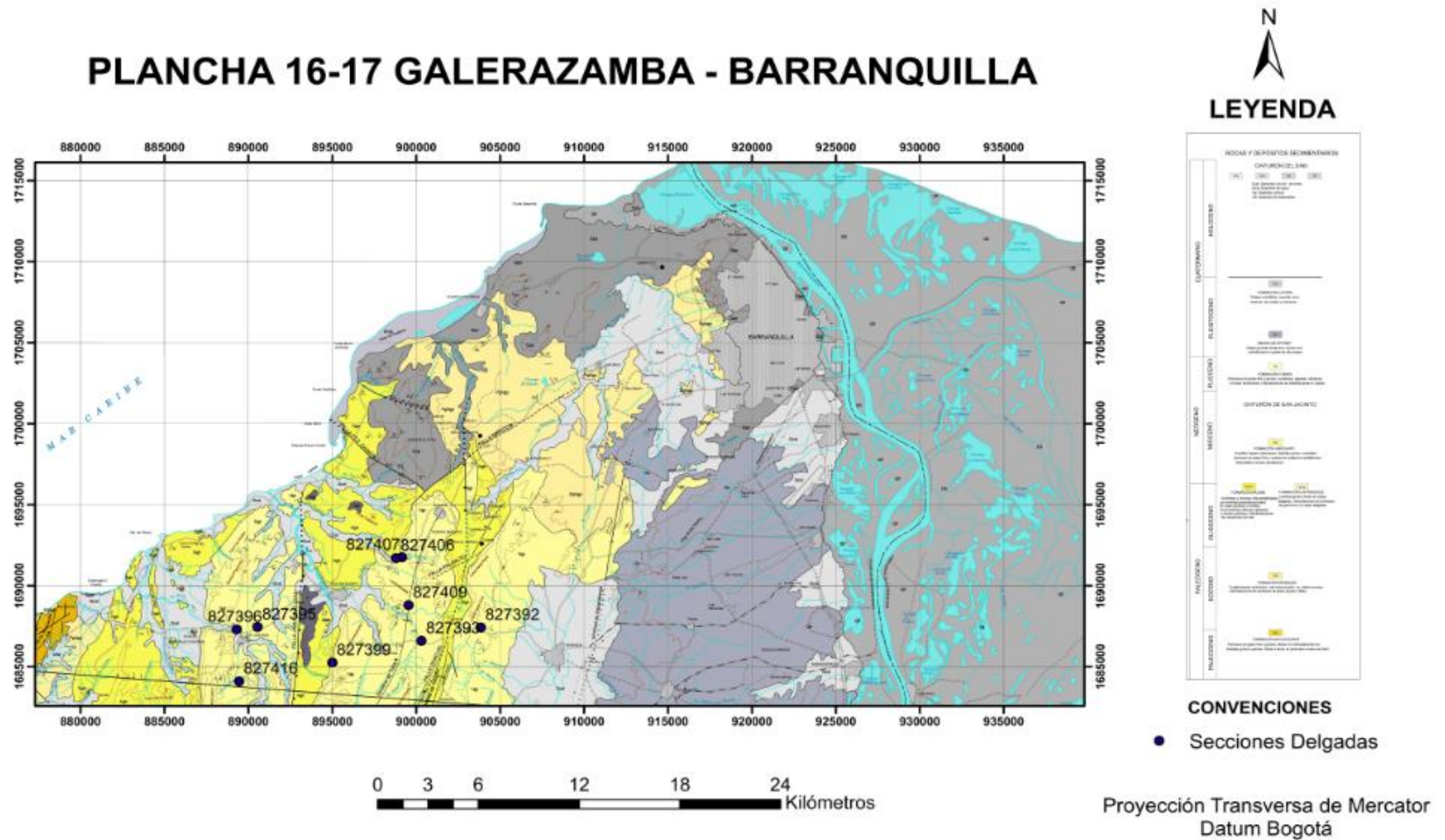
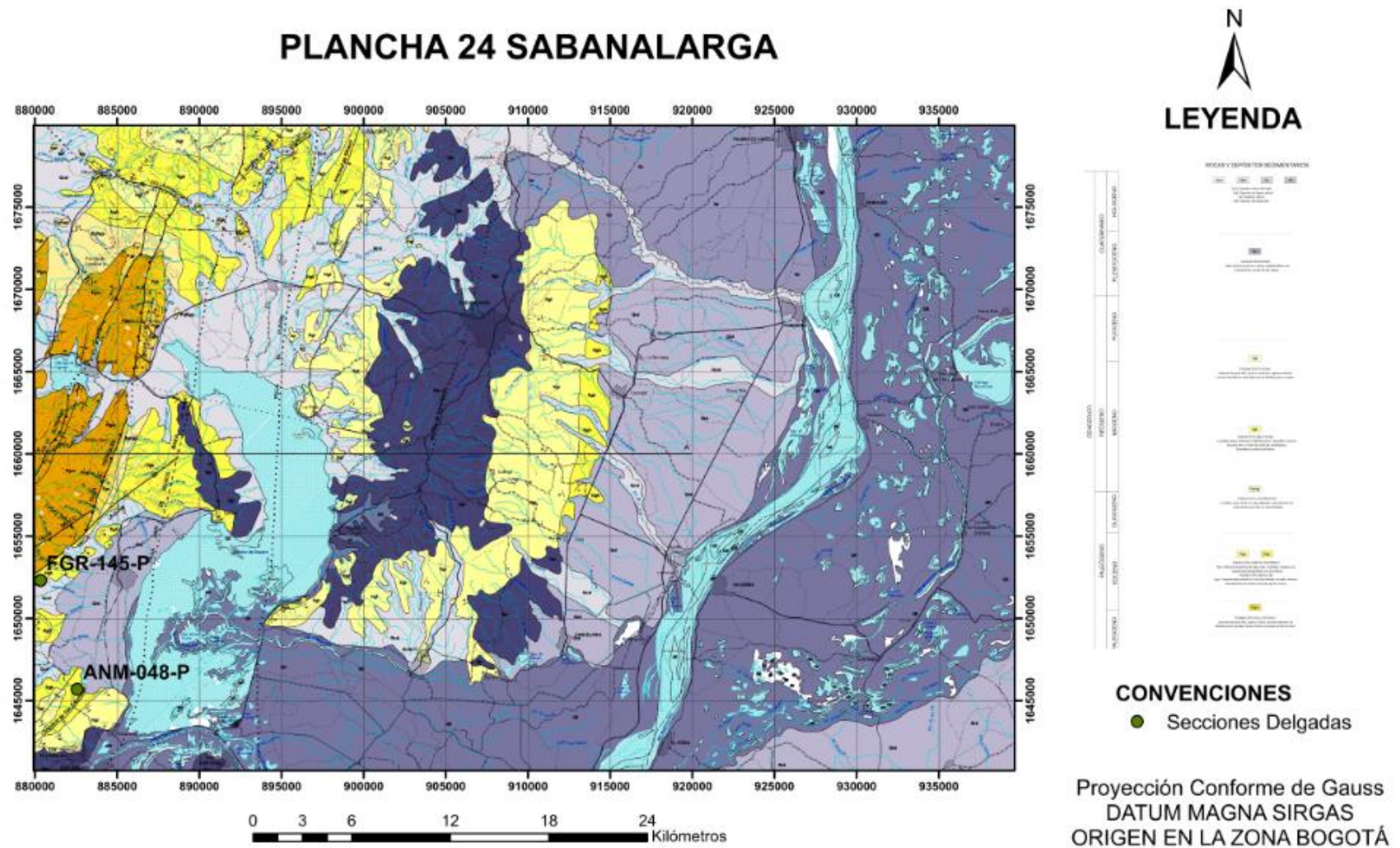


Figura 3. Ubicación de las secciones delgadas que pertenecen a la plancha geológica 16-17 Galerazamba-Barranquilla. Nota: Adaptado de Barrera (1998).



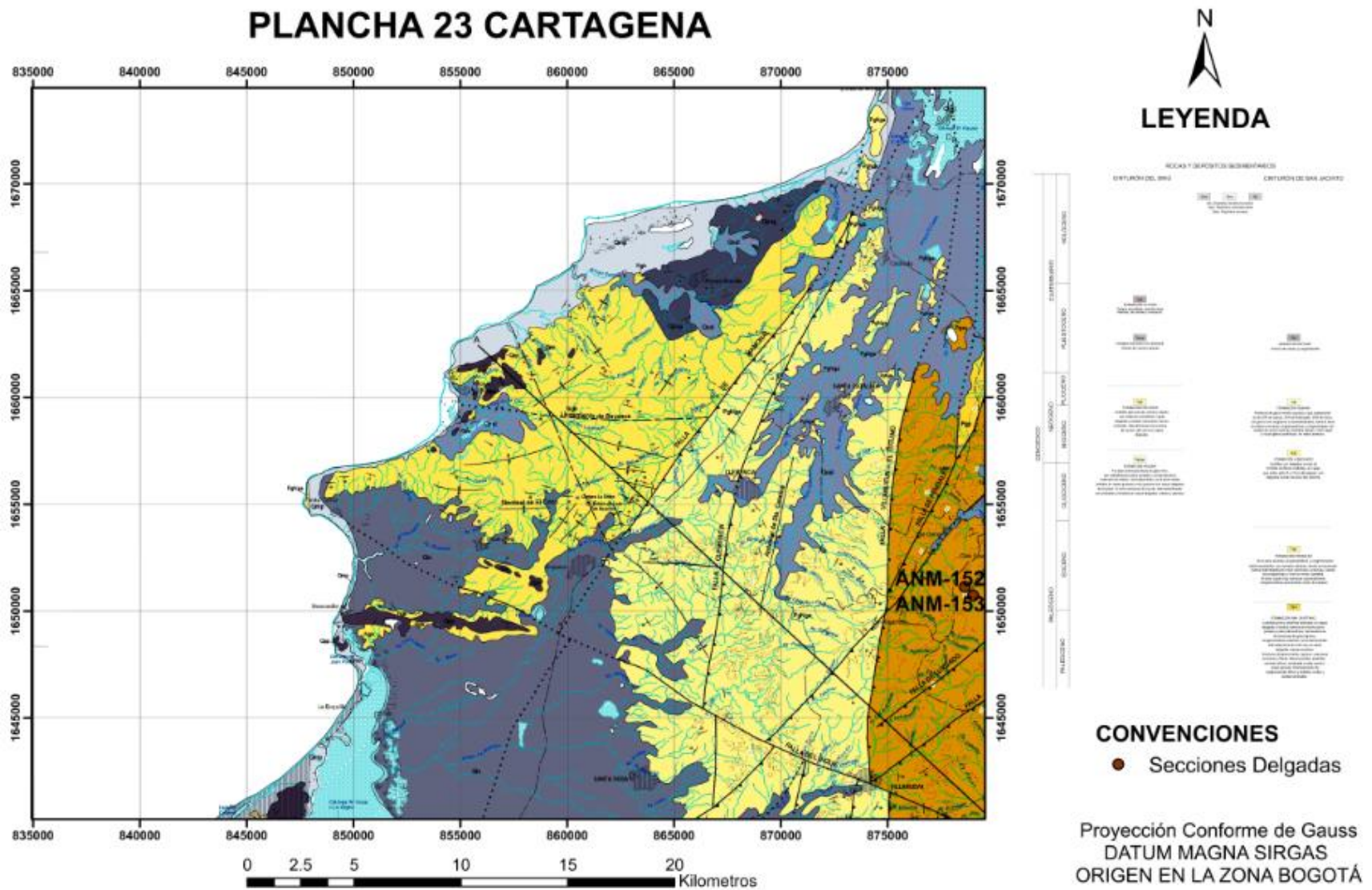


Figura 5. Ubicación de las secciones delgadas pertenecientes a la plancha 23 Cartagena. Nota: Adaptado de Guzmán et al. (2003).

3.2. Antecedentes

Formación Tubará

Autor: Anderson, F.M. (1926)

Referencia original: Anderson, F.M. (1926). Original source of oil in Colombia. Bulletin of American Association of Petroleum Geologist, (10), 387-399

Descripción original: Anderson (1926) realiza una breve descripción del Grupo Tuberá (sic), registrando lo siguiente:

“En los distritos costeros del norte, las series están bien representadas por los Grupos Tuberá-Usiacurí, que consisten en shale arcilloso, shale arenoso y areniscas, cada uno en cuerpos gruesos, agregando al total no menos de 3500 pies. El grupo inferior contiene numerosas especies de foraminíferos y las areniscas al tope, una abundante fauna de moluscos marinos de edad Mioceno medio o inferior. Estos son abundantes en todos los distritos a lo largo de toda la costa norte”

Redefinición: en Anderson (1929), se realiza la propuesta formal de la unidad como Grupo Tubará, redefiniendo los horizontes y espesores formulados en Anderson (1927 b).

Relaciones estratigráficas:

Anderson (1926), ubica al Grupo Tubará suprayaciendo al Grupo San Juan e infrayaciendo al Grupo Galapa. Describe su litología como shales arcillosos, arenosos y areniscas.

Anderson (1927 b), propone la sección tipo del Grupo Tubará en cercanías a Puerto Colombia en la montaña Tuberá (sic), Usiacurí y puntos cercanos. Divide la unidad en 8 horizontes, nombrados desde la M hasta la T, de base a tope.

T- Tope de la sección, no está localmente presente.....	2,650 pies
S- Arenisca blanda, de grano medio en el tope de la Montaña Tubera	450 pies
R- Arenisca amarillenta en la población de Tubera, que contiene numerosos fósiles de Mollusca.....	350 pies
Q- Areniscas y shales.....	350 pies
P- Shale gris arenoso fosilífero, en la pendiente noroeste de la Montaña Tubera	400 pies
O- Shales arenosos y areniscas poco consolidadas con capas ferruginosas	400 pies
N- Arenisca gravosa, dura en parte, con especies de Turritella, Spondylus y otras formas.....	550 pies
M- Shales grises o azulosos.....	50 pies
Arenisca blanda lodosa y capas guijosas, conglomerado, etc.....	250 pies 300 pies
Total.....	2,800 pies

Figura 6. Traducción hecha por este autor, de la descripción del Grupo Tubará (sic) registrada en Anderson (1927 b).

Adicionalmente, menciona que el horizonte M descansa sobre shales arcillosos, shales arenosos y capas duras de chert cerca a Las Perdices y en otros puntos.

Anderson (1929), ubica al Grupo Tubará suprayaciendo al Grupo Las Perdices e infrayaciendo al Grupo Galapa (La Popa). Realiza la proposición formal del Grupo Tubará, redefiniendo los horizontes y el espesor formulados en Anderson (1927 b). Excluye al horizonte T y reajusta los espesores de los horizontes, como sigue: M-N (550 pies), O (450 pies), P (400 pies), Q (450 pies), R (600 pies), S (200 pies).

Afirma que consiste en su mayor parte de areniscas poco consolidadas y shales arenosos, dividido en algunos miembros litológicos locales, aunque ninguno parece tener gran extensión areal.

Henao (1951), en el informe explicativo del Mapa Geológico Preliminar del Departamento del Atlántico, utiliza el término series Tubará y lo ubica por encima del Grupo Piojó y Gallinazo e infrayaciendo a las series de Usiacurí. Las describe como areniscas de granos gruesos y

medios, a veces conglomeráticas y de colores gris y ante; abundan las concreciones ferruginosas hacia la parte inferior. Toda la serie es muy fosilífera, mostrando sobre todo una gran cantidad de moluscos.

Afirma además, que estas series reposan directamente sobre la Formación Las Perdices en el área cercana al municipio de Tubará, pero que hacia el oeste reposan sobre el Grupo Piojó. El contacto entre las series Tubará y la Formación Las Perdices sería discordante y entre las series Tubará y el Grupo Piojó sería concordante.

Raasveldt (1953), realiza el mapa fotogeológico preliminar del departamento del Atlántico, sin apoyo de campo. Utiliza el término Formación Tubará y afirma que suprayace a la Formación Piojó e infrayace a la Formación Saco.

Bürgl et al (1955), presentan la litología, micropaleontología y estratigrafía de una sección de 1730 m de espesor en el Arroyo Saco, departamento del Atlántico. Reconoce 3 ciclos de sedimentación mayores: el primero pertenece al Mioceno Medio bajo, el segundo al Mioceno Inferior alto y el tercero al Mioceno Inferior bajo.

El ciclo de sedimentación del Mioceno inferior alto, queda subdividido en dos subciclos; el inferior, que corresponde al horizonte M-N, y el superior, que pertenece al horizonte O del Grupo Tubará de Anderson (1929).

Menciona también, que los ciclos de sedimentación se pueden relacionar con las Formaciones identificadas por Raasveldt (1953) en su mapa fotogeológico preliminar del departamento del Atlántico. Así, el subciclo inferior del Mioceno inferior alto de Bürgl et al, corresponde a la Formación Piojó, y el subciclo superior corresponde a la Formación Tubará de Raasveldt.

Bürgl et al, aclaran que el término “Formación Tubará” en el sentido de Raasveldt no es adecuada, ya que en la propuesta original de Anderson (1929) el Grupo Tubará incluye todo el

Mioceno encima del Mioceno inferior bajo (encima del Grupo Las Perdices), mientras que la “Formación Tubará” de Raasveldt abarca tan solo el horizonte O de Anderson. También añaden que este término no es aplicable a este horizonte por cuanto la población de Tubará no está situada en él.

Van den Bold (1966), usa el término Formación Tubará al estudiar los ostrácodos en la sección del Arroyo de Piedras al sur de la población de Tubará.

Gemmeraad et al (1968), utilizan el término Tubará en una sección en los alrededores de Bayunca, cerca de Cartagena, suprayaciendo a Las Perdices e infrayaciendo a Bayunca Clay.

Bueno (1970), reporta nuevas unidades para el área entre Cartagena y Barranquilla. Señalando las siguientes: Formación Gallinazo, Hibácharo, Piojó, Tubará, Saco, Juan de Acosta, Chorrera y Sabanalarga. Ubicando a la Formación Tubará por encima de la Formación Piojó e infrayaciendo a la Formación Saco.

Duque-Caro (1972a) y Duque-Caro (1972b), utiliza el término Tubará entendido como Ciclo de Tubará y Piso Tubará, asignándoles un carácter de unidad tiempo-roca para correlaciones regionales.

Por último, los trabajos del Ingeominas incluyen a Barrera (1999), Reyes et al (1999) y Reyes y Zapata (1999). Ubican a la Formación Tubará discordantemente sobre la Formación Perdices y en disconformidad con la Formación Hibácharo. El contacto superior es discordante con las gravas de Rotinet.

Espesor:

Anderson (1927 b): propone un espesor total de 2800 pies.

Anderson (1929): plantea un espesor total de 2650 pies.

Bordine (1974): mide un espesor de 250 m en el Arroyo Tubará y de 480 m en el Sinclinal de Tubará.

Barrera (1999): en la memoria explicativa de la plancha 16-17 Galerazamba- Barranquilla, reporta un espesor de 243,8 m en el Arroyo Saco.

Reyes y Zapata (1999): en la memoria explicativa de la plancha 24 Sabanalarga, miden un espesor de 160 m en el Arroyo Gallinazo.

Edad:

Tabla 2. *Antecedentes relacionados con la edad de la Formación Tubará.*

Edad		
Autor	Edad	Descripción
Anderson (1926), (1927a) y	Mioceno	Ubica al Grupo Tubará en las series del Mioceno, sin mayor precisión.
Anderson (1929)	Mioceno inferior a medio	Asigna esta edad al examinar fósiles de Moluscos.
Royo y Gómez (1942)	Mioceno, entre el Langhiano-Tortoniano	Realizan un estudio sistemático de los fósiles (foraminíferos, equínidos, briozoos, lamelibranquios, gasterópodos y crustáceos), recolectados por Raymond en 1941 en el departamento del Atlántico
Redmond (1953)	Zona I: Mioceno medio y Zona II: Mioceno superior	Realiza un estudio de 83 especies y variedades de foraminíferos de las capas del Tubará ("Tubará beds") en una sección en el Arroyo Hornos, que corresponde a los horizontes O-S de Anderson (1929). Reconoce dos zonas microfaunales: la inferior, Zona I y la superior, Zona II.
Bürgl et al (1955)	Burdigaliano europeo	En la sección del Arroyo Saco, reconocen el ciclo de sedimentación del Mioceno Inferior alto, que pertenece a los horizontes M-N y O de Anderson (1929). Advirtien que carecen de pruebas suficientes, ya que los foraminíferos y moluscos del Norte de Colombia son en su mayoría diferentes a los del margen septentrional de los Alpes.
Van den bold (1966)	Mioceno superior	Estudia los ostrácodos de las zonas I y II de Redmond, en la sección ubicada en el Arroyo Las Piedras (Arroyo Hornos de Redmond), al sur de la población de Tubará.
Gemmeraad et al (1968)	Mioceno superior	Estudian los datos palinológicos en una sección en Bayunca, cerca a Cartagena, en la que reportan la parte superior de la Zona de Pachydermites diderixi
Bordine (1974)	Sección Arroyo Tubará: Mioceno superior-Plioceno inferior. Sección del Sinclinal de Tubará: Plioceno medio	Estudia los foraminíferos planctónicos en las secciones del Arroyo Tubará y la sección del flanco oriental del sinclinal Tubará. La parte inferior de la sección del Arroyo Tubará contiene <i>G. nepenthes</i> . La sección del Sinclinal de Tubará, ocupa una posición estratigráfica más alta.
Duque-Caro (1975)	Mioceno Superior-Plioceno inferior	Afirma que la sección estudiada por Redmond (1953) contiene fauna planctónica situada en las Zonas N16-N18 de Blow (1969)
Molinares (2007)	Plioceno temprano	En la sección del Arroyo de Piedras reporta la presencia de foraminíferos planctónicos Globigerinoides obliquus, Globigerinoides ruber y Truncorotalia aff crassaformis s.l.

3.3. Marco Geológico

La Formación Tubará aflora en las cuencas Sinú-San Jacinto y Valle Inferior del Magdalena (Barrero et al, 2007), dentro de las planchas geológicas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena, 24 Sabanalarga y 31 Campo de la Cruz, publicadas por el Servicio Geológico Colombiano. A continuación, se describirá el marco geológico de la Formación Tubará en la plancha geológica 16-17 Galerazamba-Barranquilla, de la Cuenca Sinú-San Jacinto, por ser la que cuenta con un mayor número de secciones delgadas en este estudio.

La Cuenca Sinú-San Jacinto, ubicada hacia el noroccidente de Colombia, fue formada como un prisma acrecionario a lo largo del margen continental de Suramérica, debido a la subducción de la placa Caribe. Está conformada por dos fajas o cinturones plegados adyacentes: Cinturón Plegado de San Jacinto desarrollado en el Eoceno y el Cinturón Plegado del Sinú, incorporado al prisma acrecionario durante el Mioceno (Barrero et al., 2007).

El Cinturón de San Jacinto (Duque-Caro, 1978) está limitado al Oriente por la Falla de Romeral, separándolo de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena, y al Occidente por el Lineamiento del Sinú, que lo separa del Cinturón del Sinú. Comprende tres unidades estructurales discretas, llamadas (de sur a norte): Anticlinorio de San Jerónimo, San Jacinto y Luruaco.

El Cinturón del Sinú (Duque-Caro, 1978), tiene su límite oriental en el Lineamiento del Sinú y su límite occidental en la Falla de Uramita. Comprende los Anticlinorios de Abibe-Las Palomas y Turbaco.

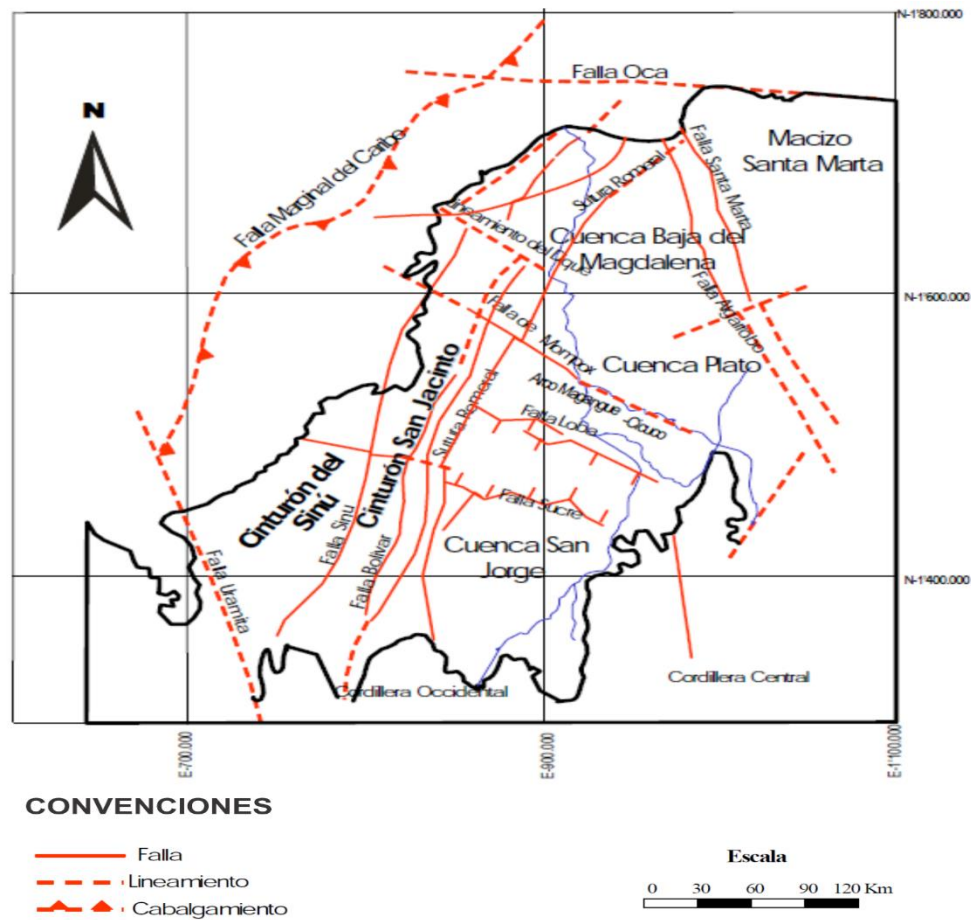


Figura 7. Se indica la ubicación de los cinturones del Sinú y San Jacinto con sus principales estructuras. Tomado de Guzmán et al. (2004).

Plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla:

Según (Barrera, 2001), en el área de las planchas 16 y 17, la Formación Tubará presenta la siguiente sucesión estratigráfica y estructuras:

Estratigrafía: en el Kilómetro 7 de la vía Baranoa-Juan de Acosta se puede observar que las capas basales de la Formación Tubará descansan sobre la Formación Hibácharo, estas unidades están separadas por una superficie de erosión irregular, muy marcada. En este sector hay una diferencia angular menor de 10° en la actitud estructural entre las dos formaciones, lo que

sugiere una posible inconformidad angular en este contacto. Al norte de Baranoa y sur de Galapa la Formación Tubará descansa discordantemente sobre la Formación Las Perdices.

En el área de estudio la Formación La Popa corresponde a la unidad litoestratigráfica con una posición estratigráfica superior a esta unidad; sin embargo, no se observó en campo la relación directa entre estas unidades. Al oriente de Baranoa la Formación Tubará infrayace discordantemente sedimentos coluvioaluviales o eólicos del Cuaternario.

Sección Arroyo Morrotillo: esta sección se inició en la confluencia de los arroyos Morrotillo y Juan de Acosta, aguas arriba por el arroyo Morrotillo.

Posee un espesor de 650 metros. Se trata de una unidad prevalecientemente arenosa con algunas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas en capas gruesas y delgadas, respectivamente, donde es común la ocurrencia de bivalvos y gasterópodos. El contacto inferior con la Formación Hibácharo no se observó por estar cubierto por sedimentos de los depósitos coluvioaluviales del arroyo Morrotillo. Es posible diferenciar en esta sección dos conjuntos, uno inferior mal expuesto con un espesor de 250 metros compuesto por arenitas granodecrecientes y lodolitas, donde estas últimas son una característica importante de este conjunto, y un conjunto superior mejor expuesto donde las arenitas son prevalecientes.

Pliegues: se encuentran asociados a la Formación Tubará el Anticlinal de Sibarco, Sinclinal de Tubará y Sinclinal de Sabanalarga.

Fallas: afectan los estratos de la Formación Tubará, la Falla Juan de Acosta (de cabalgamiento), Falla de Usiacurí (backthrust), y las Fallas del Mirador y Paloalto.

La Formación Tubará, según la información registrada en el Mapa Geológico de la Plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla, correspondería al Cinturón del Sinú. Sin embargo, las

estructuras de Pliegues y Fallas anteriormente mencionadas pertenecen al Cinturón de San Jacinto según el trabajo de Guzmán et al (2004).

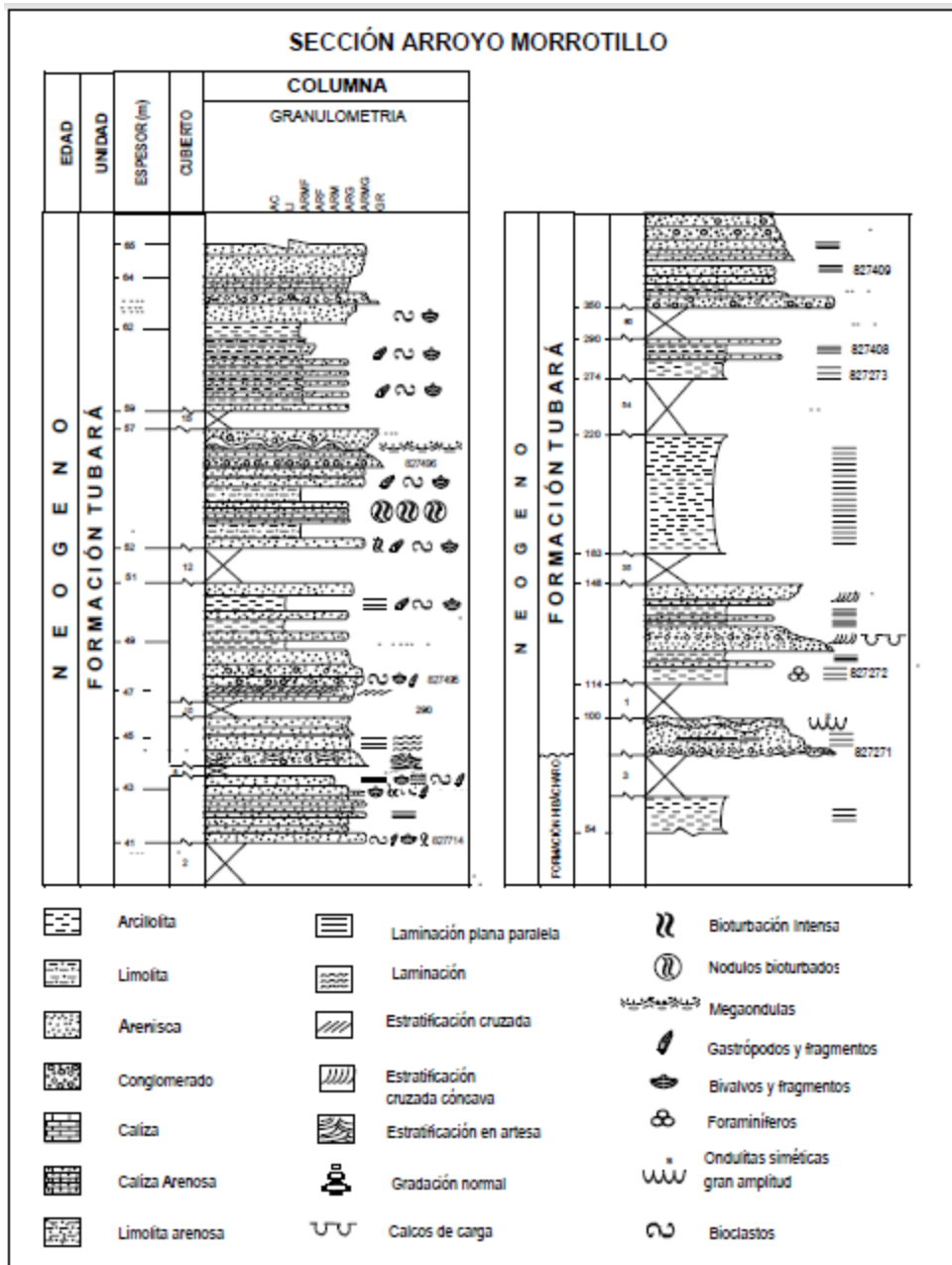


Figura 8. Columna estratigráfica de la Formación Tubará en la sección Arroyo Morrotillo. Tomado de Barrera (2001).

4. Resultados

Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía composicional de este trabajo. Los datos se encuentran en porcentajes.

COMPOSICIÓN ROCAS TERRÍGENAS																										
Código SD	Qz mono	Qz poli	Kfs	Pl	Chert	Fv	Fs	Fm	Fp	Find	Micas	Hbl	Ep	Ttn	Glt	Opacos	Óxidos	Zrn	Fl	Total Terrigenos	Total Aloquímicos	Clorita	Micrita	Cemento	Total Ortoquímicos	Clasificación
827393	22	5,2	3,3	21	0	0,3	0	0,7	10,5	0	0,3	3,6	1,6	Tz	0	Tz	Tz	0	0	68,5	2,3			29,2	29,2	Terrigena
827409	21,9	4,2	3,3	15	0	0,3	0	0,3	5,6	0	2,6	2,3	1,6	Tz	0	0,3	0	0	0	57,4	0,3			42,2	42,2	Terrigena
ANM-048P-a 5064086	13	0,3	0,7	3	0	3	0,7	0,7	1,3	1	0	2,3	2,3	Tz	1,3	0,3	0,6	Tz	0	30,5	22,9			46,2	46,2	Aloq. Imp.
ANM-152-P 5064408	21,3	4,9	2	12,6	0,3	6,3	8,9	4,3	0,9	0	0,3	2	Tz	Tz	0,9	1,2	0,6	0	0	66,5	0			33,1	33,1	Terrigena
ANM-153-P 5064422	21,3	7,5	3,6	9,2	0	8,5	1,6	5,2	4,9	0,3	1	0	0,7	Tz	0,3	Tz	0,3	0	0	64,4	Tz	0,3		35,1	35,4	Terrigena
FGR-145-P 5064428	26,5	1,3	2,5	11,7	0,3	5,4	2,5	3,5	0	0	1,6	2,8	0,6	Tz	Tz	1,3	0,3	0	0	60,3	Tz			39,7	39,7	Terrigena
827395	28,8	0,3	1	11,8	1	5,4	0,3	3,8	1,6	0	1,3	1,9	3,2	Tz	Tz	Tz	0,6	Tz	0	61	2,2			36,7	36,7	Terrigena
827396	23,1	0,3	2	12,4	0	9,4	0,7	0,7	5,5	0	3,6	2	1	Tz	0	Tz	2,3	0	0	63	0	1		36,2	37,2	Terrigena
827406	9,5	1,8	0,6	3,4	1,2	1,2	0,3	0,9	2,1	0	Tz	Tz	Tz	0	3,4	0	4,3	0	0	28,7	40,4			30,9	30,9	Aloq. Imp.
827407	8,6	1,6	1,3	2,9	0,3	3,2	1,9	0,3	3,8	0	Tz	0,3	0,3	0	1,6	Tz	13	0	0	39,1	37,1			23,8	23,8	Aloq. Imp.
827392	20,1	2,2	2,5	4,4	0	0,6	0	0	9,1	0	0,9	Tz	0,6	Tz	0	Tz	Tz	0	0	40,4	3,8			55,7	55,7	Aloq. Imp.
827416	21,8	10,1	3,4	6,7	4,3	7,7	0,6	1,8	7,1	0,3	0	1,2	0,6	Tz	0,6	Tz	0,3	Tz	Tz	66,5	0,6			32,8	32,8	Terrigena
827399	1,1	Tz	Tz	0,6	0	0,3	Tz	Tz	0	0	0	0,3	0,6	0	0	0	2,2	0	0	5,1	9,3		82,3	2,8	85,1	Ortoquímica

Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía textural

CLASIFICACIÓN TEXTURAL (Folk,1974)						
Sección delgada	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Lodo (%)	Grava (%)	Clasificación
827393	98,729	0	Tz	0	1,271	Arenisca
827409	95,977	0	1,724	1,724	2,299	Arenisca ligeramente conglomerática
827405	95,098	0	3,922	N/A	0	Arenisca
ANM-152-P 5064408	96,552	0	0,985	0,985	2,463	Arenisca ligeramente conglomerática
ANM-153-P 5064422	98,995	0	1,005	N/A	0	Arenisca
FGR-145-P 5064428	90,625	0	8,854	8,854	0,521	Arenisca ligeramente conglomerática
827395	93,717	0	6,283	N/A	0	Arenisca
827396	76,923	0	23,077	N/A	0	Arenisca limosa
827416	96,774	0	0	0	3,226	Arenisca ligeramente conglomerática

Tabla 5. Resumen de los resultados obtenidos en la petrografía composicional.

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL (Folk,1974)				
Código SD	Cuarzo (%)	Feldespatos (%)	Fragmentos de roca (%)	Clasificación
827393	43,229	55,208	1,563	Arcosa
827409	51,613	47,097	1,29	Arcosa
ANM-152-P 5064408	42,523	25,234	32,243	Litoarenita feldespática
ANM-153-P 5064422	46,316	28,421	25,263	Arcosa lítica
FGR-145-P 5064428	51,765	26,471	21,765	Arcosa lítica
827395	55,152	27,273	17,576	Arcosa lítica
827396	43,373	36,747	19,88	Arcosa lítica
827416	50,242	27,053	22,705	Arcosa lítica

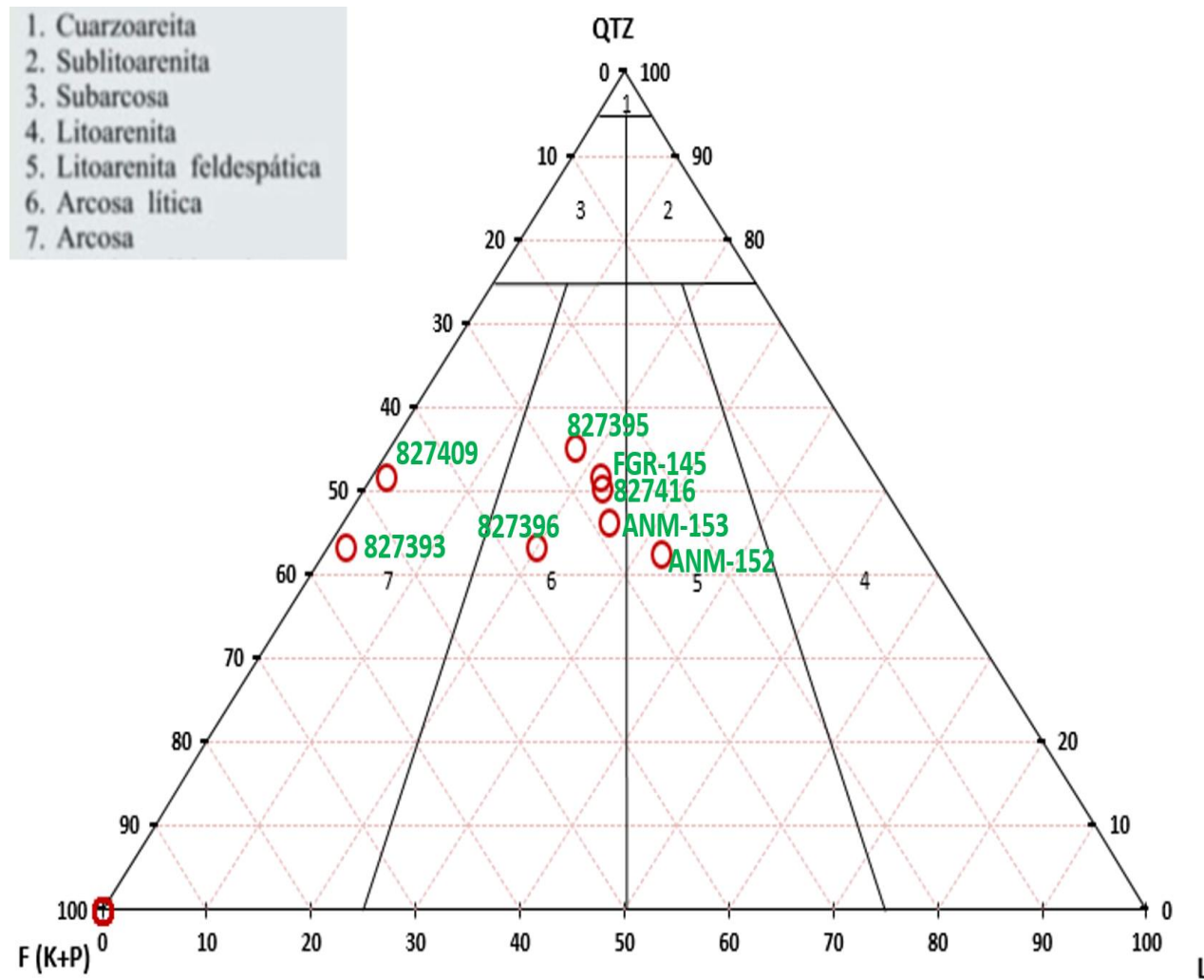


Figura 9. Gráfica de la ubicación de las secciones delgadas de composición terrígena en el triángulo de Folk, 1974.

Tabla 6. Breve descripción de las microfacies reconocidas para cada sección delgada de este estudio.

Microfacies	Descripción	Sección delgada
Mf	Micrita fosilífera con foraminíferos calcáreos y parches de espar	827399
Alc1	Arenisca fina a media ligeramente conglomerática: litoarenita feldespática con cemento calcáreo, sin aloquímicos ni estructuras	ANM-152-P
AlcD	Arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa micácea, submadura, con cemento carbonatado (principalmente dolomita), fragmentos de conchas gruesas de moluscos y laminación inclinada.	827409
Agm	Arenisca gruesa a media: arcosa submadura con cemento calcáreo, bioperturbación, fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, sin estructuras.	827393
Ba3	Bioesparita arenosa, fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos, laminación inclinada discontinua.	827392
Ba4	Bioesparita arenosa, fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, parches de espar, sin estructuras.	ANM-048
Ba2	Bioesparita arenosa, fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, gasterópodos, foraminíferos y algas, sin estructuras.	827407
Ba1	Bioesparita arenosa, fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, gasterópodos, foraminíferos y algas, sin estructuras.	827406
AmfL	Arenisca muy fina a fina limosa: arcosa lítica micácea, submadura, con cemento calcáreo, laminación inclinada discontinua, sin aloquímicos.	827396
Amf	Arenisca muy fina a fina: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo, materia orgánica oxidada y sin estructuras	827395
Alc2	Arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo, laminación inclinada discontinua y trazas de foraminíferos	FGR-145
Afm	Arenisca fina a media: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo, trazas de foraminíferos, bioperturbación y sin estructuras.	ANM-153
Alc3	Arenisca media a gruesa ligeramente conglomerática: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo, menos del 1% de foraminíferos y materia orgánica oxidada, sin estructuras.	827416

4.1. Sección 827416

Nombre textural: Arenisca media a gruesa ligeramente conglomerática

Nombre composicional: Arcosa lítica

Número de puntos contados: 326

Descripción microscópica:

4.1.1. Breve resumen. Arenisca media a gruesa ligeramente conglomerática: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,93 ϕ), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 50,3% de cuarzo, 27,1% de feldespatos y 22,7% de fragmentos de roca.

Los granos están distribuidos uniformemente y sin orientación. Algunos granos presentan una fina capa de calcita afanocristalina revistiendo sus bordes.

4.1.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 66,564%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 0,613%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 32,822%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.1.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente y sin orientación. Presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.1.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena gruesa (0,8 ϕ)

Rango extremo (100%): arena muy fina (4 ϕ)

Rango (16-84%): 1,6 phi

Calibrado en términos de phi: 0,93 phi (calibrado moderado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 3,226%

Fracción arena: 96,774%,

o Arena muy gruesa: 20,276%

o Arena gruesa: 37,327%

o Arena media: 29,032%

o Arena fina: 8,295%

o Arena muy fina: 1,843%

Fracción lodo: 0%

4.1.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: los granos son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: las partículas son no esféricas.

Redondez: los granos son subangulares a subredondeados.

Madurez textural: submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, calibrado moderado y las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.1.3. Composición. A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Partículas terrígenas:

Cuarzo: representa el 31,902% (50,242% recalculado) de la muestra de roca en sección delgada. Se encuentra distribuido uniformemente, con un tamaño de grano, principalmente, entre arena media y gruesa (rango total: 0,125 a 1,375 mm). Presenta dos variedades, cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: se encuentra distribuido uniformemente en un 21,779% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena media a gruesa, con algunas partículas de tamaño arena fina, arena muy gruesa y gránulo (rango total: 0,125 a 1,375 mm), calibrado moderado, con forma anhedral a subhedral, no esférico, partículas subangulares a angulares y contactos flotantes a puntuales. Algunos presentan fracturas que han sido rellenas por el cemento calcáreo.

Según sus características petrográficas, se distinguen: cuarzos con extinción recta y cuarzos con extinción ondulante, en ocasiones presentan vacuolas formando líneas o dispuestas aleatoriamente.

Cuarzo policristalino: distribuido uniformemente en un 10,123% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena media a gruesa, con algunas partículas de arena fina, muy gruesa y gránulo (rango total: 0,175 a 2,125 mm), calibrado moderado, con forma anhedral a subhedral, no esférico, partículas subredondeadas a subangulares y contactos flotantes a puntuales.

Según sus características petrográficas de extinción y forma de los bordes entre sus cristales, se distinguen: cuarzos policristalinos con extinción ondulante y bordes suturados, en ocasiones presentan bandas bien definidas, cuarzos policristalinos con extinción recta y bordes poligonales y cuarzos policristalinos con extinción ondulante, bordes suturados y zonas recrystalizadas.

Chert: presenta una distribución uniforme, representando el 4,294% de la muestra de roca. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena gruesa a muy gruesa, con algunas partículas de arena fina, media y gránulo (rango total: 0,132 a 2,75 mm), mal calibrado, no esférico, grado de redondeamiento entre subredondeado a subangular, contactos flotantes a puntuales.

Algunos granos presentan pequeños círculos en su interior, los cuales se encuentran recristalizados con chert de un tamaño de grano ligeramente mayor, conocidos en inglés como “circular ghosts”, los cuales son asociados a espículas de esponjas (Ulmer-Scholle et al; 2015).

Feldespato: se encuentra distribuido uniformemente y representa el 10,123% del total de la sección delgada (27,053% recalculado, sumando el valor de los fragmentos de roca plutónica). El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena media y gruesa.

Se observan las variedades de feldespato potásico y plagioclasa, que serán descritas a continuación.

Feldespato potásico: Se observa con una distribución uniforme, en un 3,374% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena media y gruesa, con algunas partículas de arena fina, muy gruesa y gránulo (rango total: 0,132 a 3,5 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, grado de redondeamiento entre subangular a subredondeado y contactos flotantes a puntuales. Muchos granos se encuentran corroídos en sus bordes por el cemento calcáreo.

Se distinguen partículas de feldespato potásico frescas y algunas ligeramente alteradas a caolinita. Presentan macla de Tartán y textura peritética en venas.

Plagioclasa: Se encuentra distribuido uniformemente en un 6,748% de la muestra de roca. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena media a gruesa, con algunas partículas de arena fina (rango total: 0,1188 a 0,858 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no

esférica, grado de redondeamiento entre subangular a angular y contactos flotantes a puntuales. En la mayoría de los granos se observan fracturas y corrosión en los bordes, por la acción del cemento calcáreo.

Se reconocen partículas frescas de plagioclasa, con macla polisintética o zonación oscilatoria, y otras que se encuentran alteradas a sericita, epidota o saussurita.

Micas: están distribuidas de forma uniforme a través de toda la sección delgada, en un porcentaje traza. Presentan un tamaño de grano correspondiente a arena media (rango total: 0,378 a 0,504 mm), muy bien calibrado, con forma subhedral, no esférica, grado de redondeamiento subangular y contactos flotantes a puntuales. Se distinguen micas de tipo moscovita y biotita, frescas, ligeramente cloritizadas y en ocasiones, oxidadas.

Fragmentos de roca: representan el 14,417% de la muestra de roca en sección delgada (22,705 % recalculado, restando los fragmentos de roca plutónica). El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y gránulo (rango total: 0,132 a 3,75 mm). Se presentan las tres variedades de fragmentos de roca, esto es, fragmentos volcánicos, plutónicos, sedimentarios y metamórficos.

Fragmentos de roca volcánica: constituyen el 7,669% de la sección delgada, con tamaño de grano, principalmente, de arena media a arena muy gruesa (rango total: 0,132 a 1,5 mm) con algunos fragmentos de arena fina, calibrado moderado, no esférico, grado de redondeamiento entre subredondeado a subangular, contactos flotantes a puntuales. Se presentan, en su mayoría, corroídos por el cemento calcáreo.

Se distinguen las siguientes variedades: (i) fragmento volcánico de textura porfírica, con fenocristales euhedrales a subhedrales de plagioclasas tabulares y prismáticas largas, algunas con zonación oscilatoria, en una matriz microcristalina. Algunos se encuentran oxidados y

bastante corroídos por el cemento calcáreo. (ii) Fragmento volcánico de textura porfírica, con fenocristales subhedrales de plagioclada tabular en una matriz afanítica. Se encuentran ligeramente oxidados.

Fragmentos de roca plutónica: representan el 7,055% de la muestra de roca, con un tamaño de grano, principalmente, entre arena media y muy gruesa (rango total: 0,25 a 3,75 mm) con algunas partículas de tamaño gránulo. El calibrado es moderado, no esférico, grado de redondeamiento entre subredondeado a subangular y contactos flotantes a puntuales.

Algunos fragmentos se observan frescos y otros alterados. Usualmente la alteración se localiza en los cristales de plagioclasa, que son reemplazados por sericita, epidota o saussurita.

Están presentes, las siguientes variedades: (i) Fragmento plutónico compuesto por cuarzo y plagioclasas tabulares, en ocasiones el cuarzo presenta textura mirmequítica. (ii) Fragmento plutónico compuesto por cuarzo policristalino, cuarzo recristalizado, sericita y clorita. No se observa bandeamiento, ni orientación. (iii) Fragmento plutónico compuesto por cuarzo policristalino y plagioclasas tabulares o prismáticas largas. (iv) Fragmento plutónico compuesto por cuarzo, plagioclase y microclina.

Fragmentos de roca sedimentaria: forman el 0,613% de la sección delgada (4,908% añadiendo el chert), con un tamaño de grano que varía entre arena media a gruesa (rango total: 0,25 a 2,25 mm) con algunos fragmentos que llegan al tamaño gránulo, moderadamente calibrados, no esféricos, el grado de redondeamiento es subredondeado y contactos flotantes a puntuales.

Se observan fragmentos de areniscas con granos subangulares a subredondeados, principalmente de cuarzo y feldespato, pero en ocasiones también se observó chert, clorita, micas cloritizadas y anfíbol, en una matriz arcillosa de birrefringencia verdosa.

Además, se incluyen como fragmentos de roca sedimentaria, los granos de chert que fueron descritos anteriormente.

Fragmentos de roca metamórfica: representan el 1,840% de la sección delgada, con un tamaño de grano que varía, principalmente, entre arena gruesa y media (rango total: 0,231 a 2,125 mm), con algunos fragmentos de tamaño arena fina, muy gruesa y gránulo, mal calibrado, no esféricos, subredondeado a subangular y contactos flotantes a puntuales.

Están presentes las siguientes variedades: (i) Esquisto cuarzoso: compuesto en su mayoría, por cuarzo policristalino elongado y foliación bien definida de micas moscovita o clorita. En ocasiones se observa cuarzo monocristalino con anfíboles y foliación de micas con opacos. (ii) Pizarra: compuesto por minerales arcillosos que muestran una ligera orientación.

Otros: representan el 2,761% de la sección delgada, constituido por epidota, glauconita, anfíbol, titanita, opacos, óxidos y circón.

Epidota: se encuentran en un 0,613% de la sección delgada, con un tamaño de grano entre arena muy fina a media (rango total: 0,095 a 0,38 mm), calibrado moderado, forma subhedral, no esférica, subangular y contactos flotantes a puntuales. Se distinguen las variedades clinozoisita y epidota.

Glauconita: forman el 0,613% de la lámina delgada, poseen un tamaño de grano que varía entre arena fina a arena media (rango total: 0,19 a 0,475 mm), calibrado moderado, forma anhedral, no esférica, redondeada y contactos flotantes a longitudinales. Se distinguen granos frescos y algunos ligeramente oxidados, adquiriendo tonalidades marrones o pardas en nicoles paralelos.

Anfibol: constituyen el 1,227% de la muestra de roca, está distribuido uniformemente, con un tamaño de grano correspondiente a arena muy fina a media, mal calibrado, forma subhedral, no esférico, subangular y contactos flotantes a puntuales. Se presentan como anfíboles de tipo hornblenda, sin alteraciones.

Titanita: constituye trazas en la sección delgada, está distribuido uniformemente, su tamaño de grano varía entre arena fina a media (0,142 a 0,285 mm), calibrado moderado, forma anhedral, no esférica, subredondeada y contactos flotantes a puntuales. Usualmente presenta fracturas.

Opacos: se encuentra con una distribución uniforme, constituyendo trazas en la sección delgada, con tamaño de grano entre limo grueso a arena muy fina (rango total: 0,047 a 0,095 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esféricos, subangular a subredondeados, y contactos flotantes a puntuales.

Circón: representa trazas en la muestra de roca en sección delgada. Se observó con un tamaño correspondiente a arena fina (0,189 mm), no esférico, bordes subredondeados y contacto flotante.

Fluorita: constituye un porcentaje traza de la sección delgada y tiene una distribución heterogénea, su tamaño de grano varía entre limo medio y limo grueso (rango: 0,019 a 0,047 mm), buen calibrado, forma euhedral, no esférica, angular y contactos flotantes a puntuales. Se encuentra al interior de cristales de cemento de calcita o yeso. Cuando está asociada a la calcita, se observa completamente reemplazada por el carbonato, perdiendo su isotropía en nícoles cruzados, mientras que al interior del cemento de yeso, presenta un aspecto más fresco.

Óxidos: Se encuentran entre los intersticios que dejan algunas partículas, proporcionando un tono rojizo al cemento calcáreo. En su mayoría, no forman granos, pero el tono rojizo del cemento en algunas áreas permite su reconocimiento

Aloquímicos: constituyen el 0,613% de la roca, distribuidos uniformemente, con tamaños entre arena gruesa y muy gruesa (0,520 a 1,04 mm). Están conformados por restos de plantas y foraminíferos.

Minerales ortoquímicos: hacen parte de esta categoría, los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y clorita; y el cemento de la roca.

Calcita: corresponde al cemento de la roca y está presente en el 32,822% de la sección delgada. Posee una textura en mosaico equidimensional, con cristales de tamaño entre arena muy fina a fina (rango: 0,095 a 0,190 mm), con forma subhedral a anhedral, no presentan macla polisintética.

En el interior de algunos cristales de calcita, se presentan pequeños cristales euhedrales de fluorita que han sido reemplazados por este cemento, con tamaños entre limo medio y grueso. En ocasiones, es posible observar partículas terrígenas con un revestimiento de calcita afanocristalina rodeando sus bordes.

Yeso: se encuentra en pequeñas cantidades, representando trazas en la sección delgada, forma un cemento de textura poikilotópica que une a algunas partículas. En el interior de este cemento, se observan cristales euhedrales de fluorita, con tamaños de grano entre limo medio y grueso.

Sericita: se presenta como alteración de los granos de plagioclasa individuales o de plagioclasas que se encuentran dentro de fragmentos de roca plutónica.

Epidota: este mineral se presenta como mineral detrítico y como mineral ortoquímico, éste último asociado a la alteración de plagioclasas individuales y plagioclasas que forman parte de fragmentos plutónicos.

Clorita: representa trazas en la sección delgada y se observa principalmente como alteración de algunos granos de micas. En ocasiones, se presentan granos subredondeados completamente reemplazados por clorita, siendo difícil en estos casos determinar el mineral original.

Estructuras: no se destacan estructuras en esta sección delgada. Las partículas están distribuidas uniformemente y sin orientación.

Microfacies (Alc2): arenisca media a gruesa ligeramente conglomerática: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Calibrado moderado (0,93 phi), granos subangulares a subredondeados, distribuidos uniformemente y sin orientación, contactos flotantes a puntuales, con 50,3% de cuarzo, 27,1% de feldespatos y 22,7% de fragmentos de roca. Algunos granos presentan una fina capa de calcita afanocristalina revistiendo sus bordes. Contiene menos del 1% de foraminíferos y restos de materia orgánica oxidada.

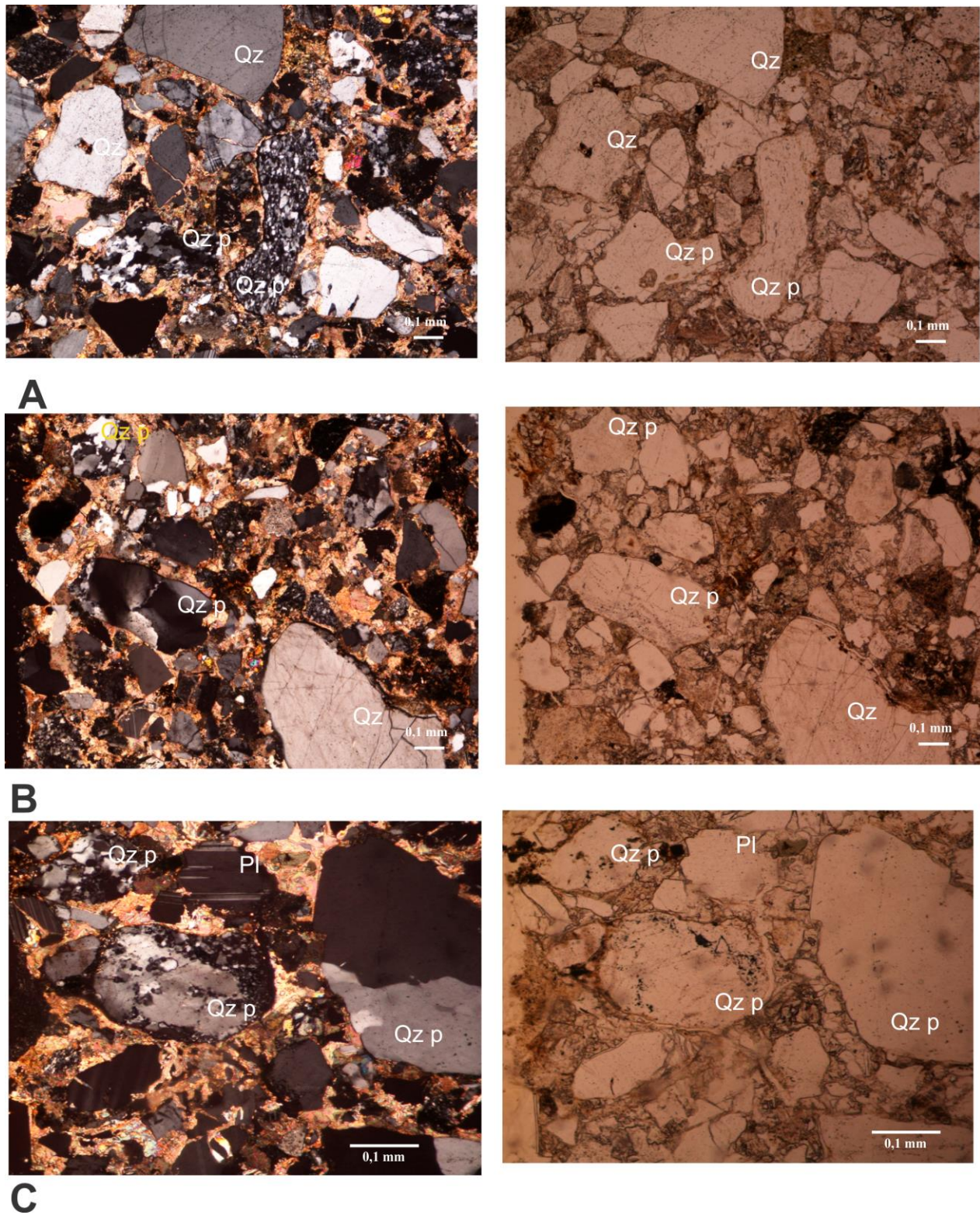
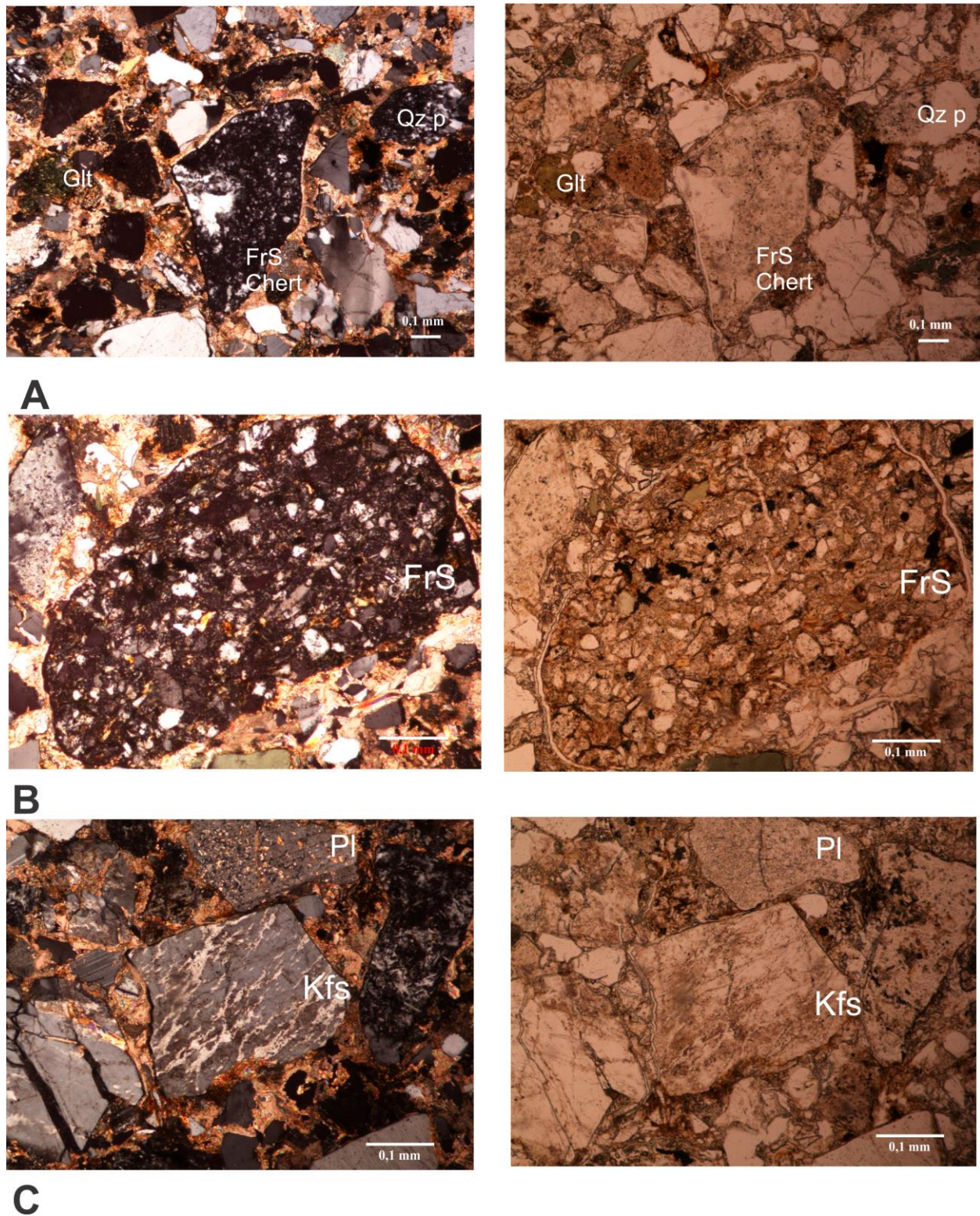


Figura 10. Cuarzos policristalinos con extinción ondulante, bordes suturados y bandeamiento, B: cuarzo policristalino con extinción ondulante, C: cuarzo policristalino con bordes suturados y recrystalización.



C
Figura 11. A: chert subangular, B: fragmento de arenisca con granos subangulares a subredondeados, C: feldespato potásico con textura pertítica en venas.

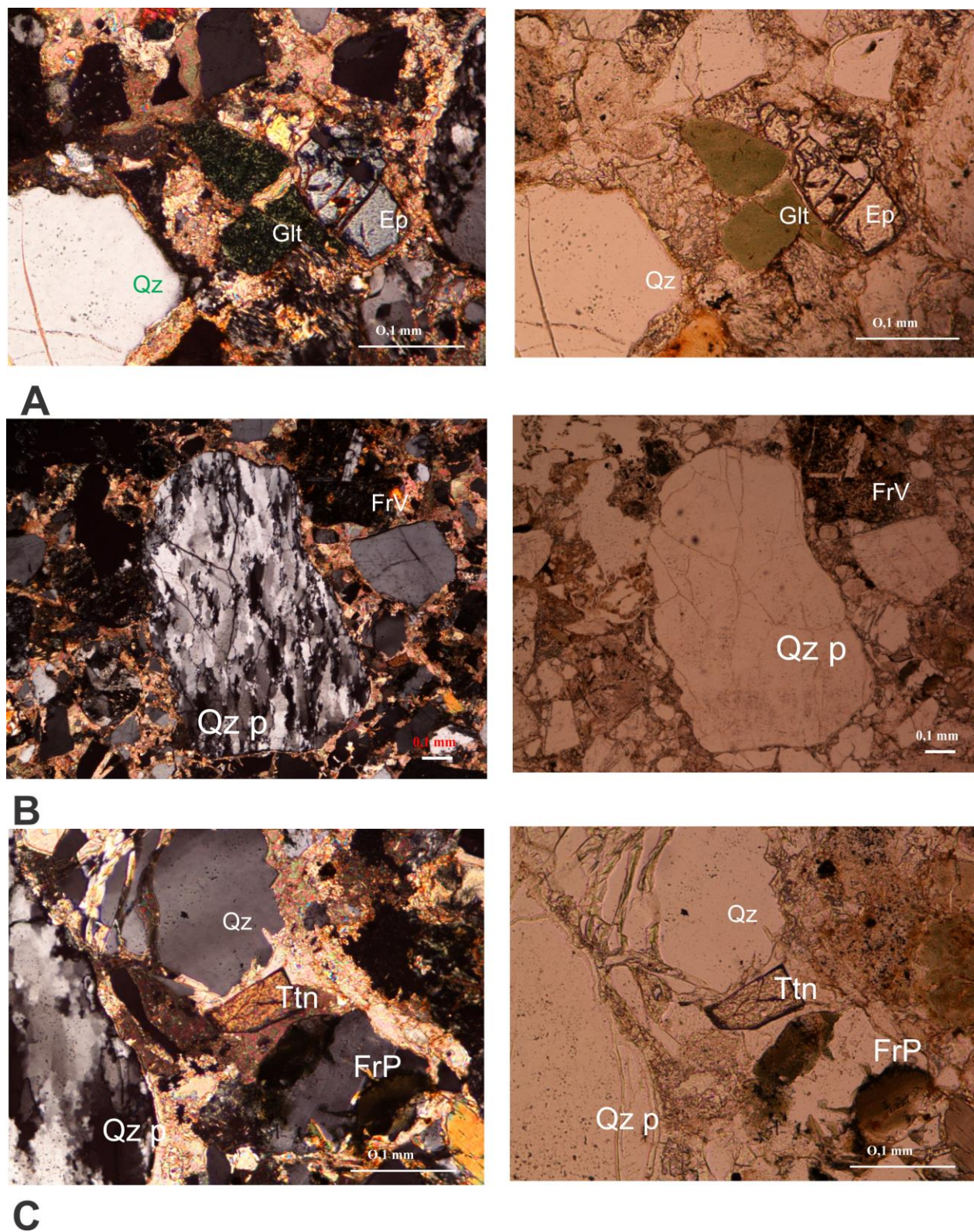
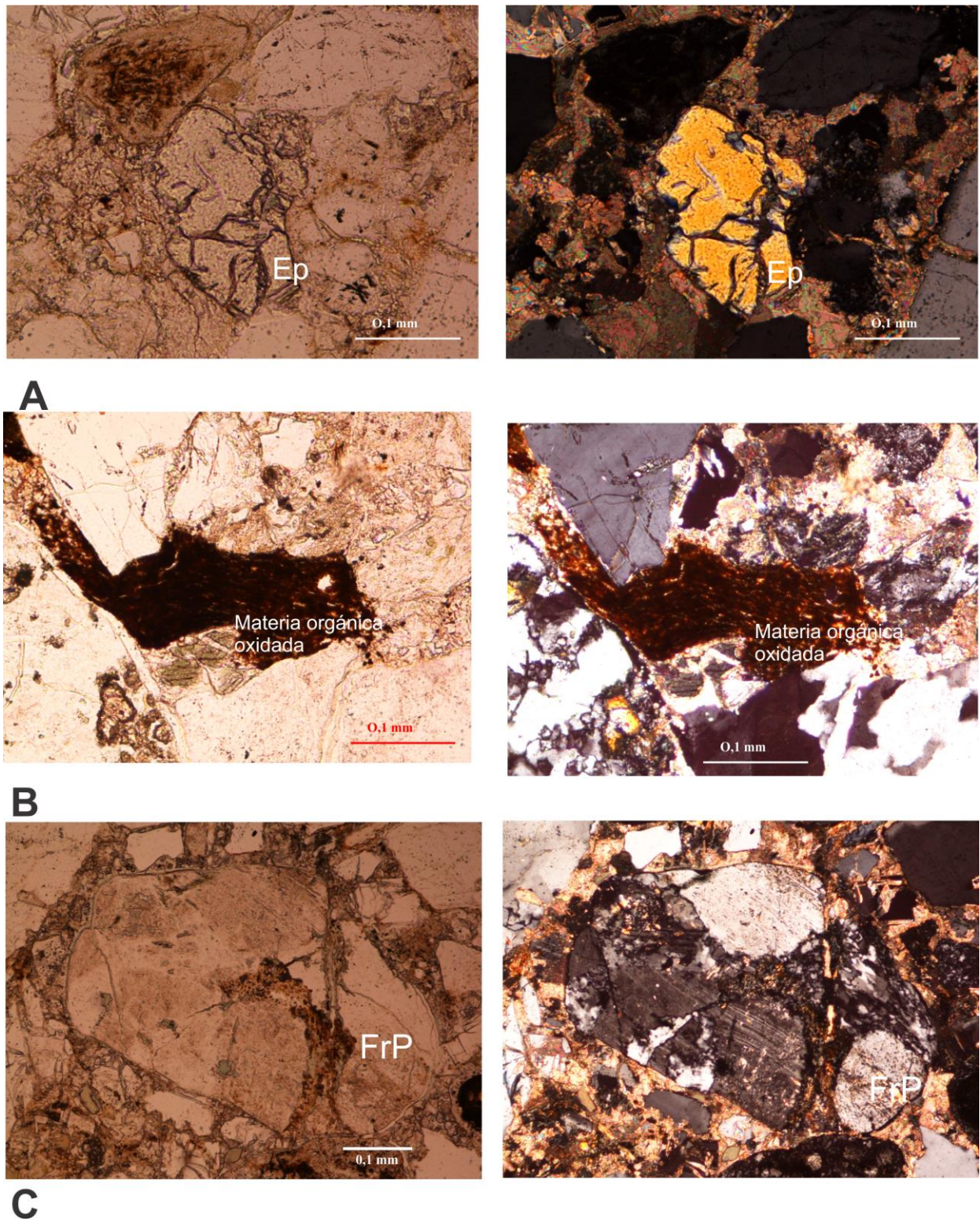


Figura 12. A: grano de glauconita fresca, B: cuarzo policristalino con extinción ondulante, bordes suturados y bandeamiento, C: grano subhedral de titanita.



C
Figura 13. A: partícula anedral de epidota, B: restos de materia orgánica oxidada, C: fragmento plutónico compuesto por cuarzo policristalino, plagioclasea y clorita.

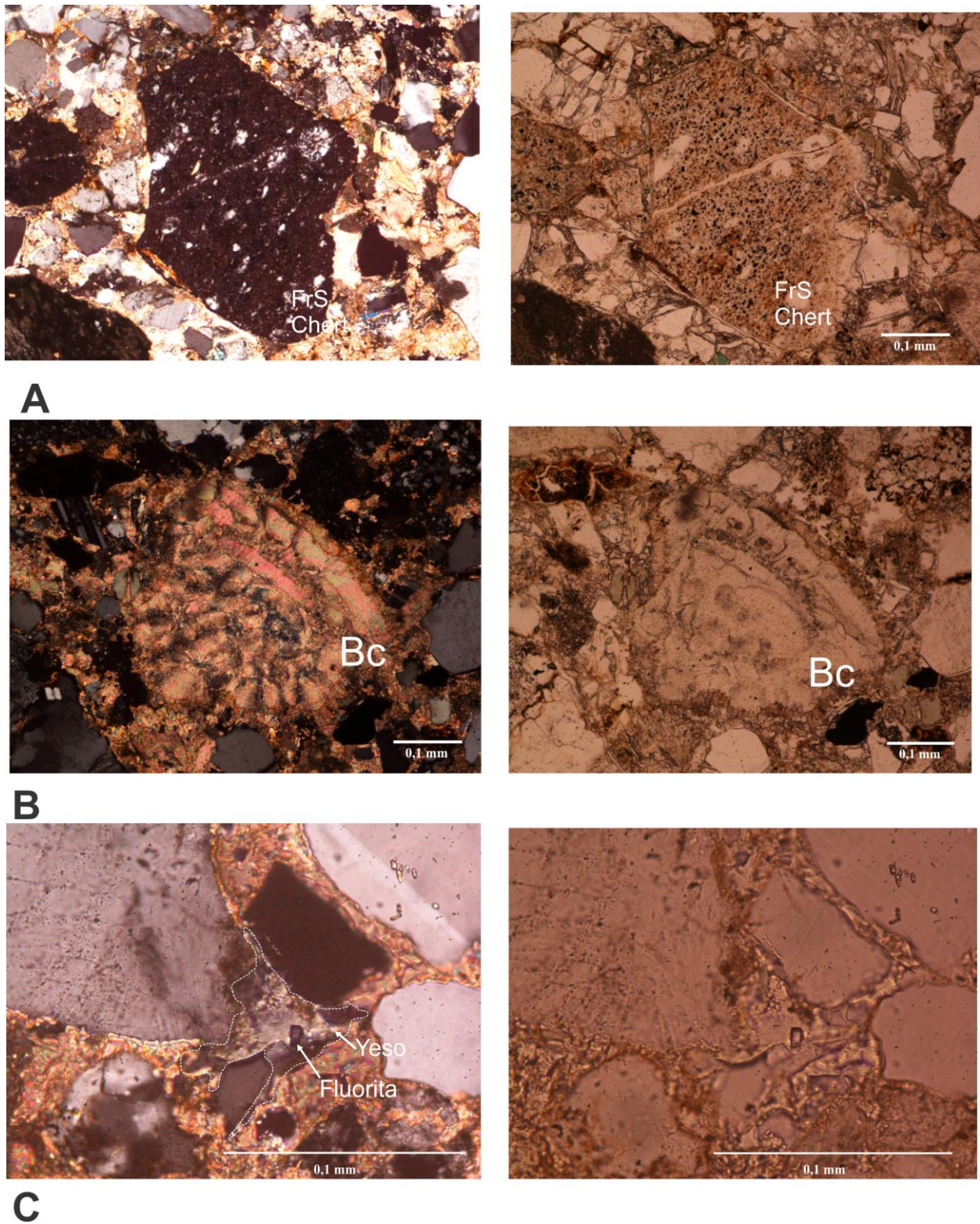


Figura 14. A: chert fracturado y con espículas de esponjas, B: posible foraminífero recrystalizado Bc: bioclasto, C: zonas con cemento de yeso y cristales de fluorita.

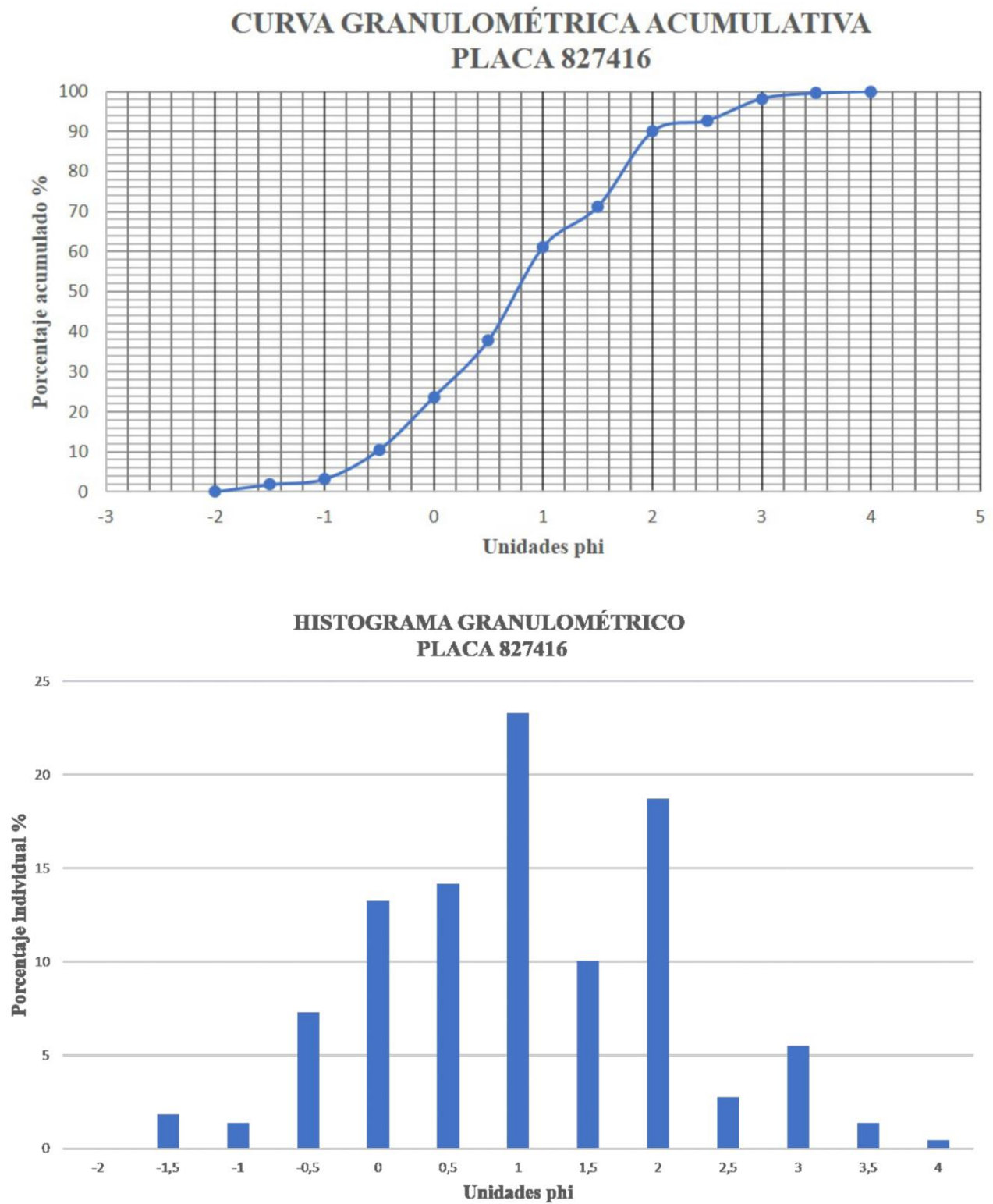


Figura 15. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.

4.2. Sección ANM-153-P 5064422

Nombre textural: arenisca fina

Nombre composicional: arcosa lítica

Número de puntos contados: 326

Descripción microscópica:

4.2.1. Breve resumen. Arenisca fina: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,78 ϕ), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 46,3% de cuarzo, 28,4% de feldespatos y 25,3% de fragmentos de roca.

Las partículas están distribuidas uniformemente y sin orientación, a excepción de algunas franjas elípticas de fragmentos de roca metamórfica de bajo grado, con tamaños entre 1,7 y 2 cm. Además, en algunos sectores se observan acumulaciones con forma ovalada, que contienen granos de tamaño menor que las partículas a su alrededor.

4.2.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 64,918 %
- Porcentaje de materiales aloquímicos: trazas
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 35,081 %
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.2.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente, a excepción de algunas franjas elípticas de fragmentos de roca metamórfica con tamaños entre 1,7 y 2 cm. En algunos sectores, se observan acumulaciones con

forma ovalada, que contienen granos de tamaño menor que las partículas a su alrededor. Soporte y empaquetamiento intermedio.

4.2.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena fina (2 phi)

Rango extremo (100%): arena gruesa a limo grueso (0,462 a 5 phi)

Rango (16-84%): -1,54 phi

Selección en términos de phi: 0,783 phi (selección moderada)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 0%

Fracción arena: 98,994%

- o Arena muy gruesa: 0%
- o Arena gruesa: 6,030%
- o Arena media: 43,216%
- o Arena fina: 37,688%
- o Arena muy fina: 12,060%

Fracción lodo: 1,005%

4.2.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos.

Redondez: las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.2.2.4. Madurez textural: submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, calibrado moderado y las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.2.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Terrígenos:

Cuarzo: se encuentra distribuido uniformemente, en un 28,852% de la sección delgada (46,316% recalculado), presentando dos variedades; cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: representa el 21,311% del total de la sección delgada, distribuido de forma uniforme. El tamaño de grano es principalmente arena fina, pero también se encuentran otras partículas de tamaño limo grueso, arena muy fina, media y, en menor medida, gruesa (rango completo: 0,066 a 0,594 mm), con calibrado moderado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

La mayoría de granos presentan extinción recta, aunque hay algunos con extinción ondulante. Muchas partículas tienen los bordes ligeramente corroídos por el cemento y/o poseen vacuolas formando líneas o dispuestas aleatoriamente.

Se observó una partícula con sobrecrecimiento de cuarzo, el cual se logra distinguir por las vacuolas que rodean el borde del mineral detrítico y lo diferencian del sobrecrecimiento ortoquímico.

Cuarzo policristalino: constituye el 7,541% de la sección delgada, presentando una distribución uniforme. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena media, con algunas partículas de arena muy fina y fina (rango completo: 0,0937 a 0,5 mm), calibrado moderado, con forma anhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual. Se pueden diferenciar tres variedades, con base en el tipo de extinción y forma de los

bordes entre los cristales: (i) cuarzo policristalino con extinción recta y bordes poligonales (ii) Cuarzo policristalino con extinción ondulante y bordes suturados (iii) Cuarzo policristalino con recristalización con bordes suturados.

Chert: representa un porcentaje traza dentro de la sección delgada y se encuentra distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a media, con algunas partículas de tamaño arena gruesa (rango completo: 0,1875 a 0,625 mm), calibrado moderado, no esférico, subredondeado y contacto flotante a puntual.

Algunas partículas presentan pequeñas esferas recristalizadas de chert con un tamaño de grano ligeramente mayor a la de la partícula que las contiene, conocidas como “circular ghosts” en inglés, las cuales son asociadas a espículas de esponjas (Ulmer-Scholle et al; 2015).

Feldespato: constituye un 12,787% (25,263% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada, está distribuido uniformemente y se observan sus dos variedades, feldespato potásico y plagioclasa; los cuales se describen a continuación.

Feldespato potásico: representa el 3,607% de la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina, con algunas partículas entre arena muy fina, media y gruesa (rango completo: 0,08125 a 0,6875 mm), calibrado moderado, con forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado, contacto flotante a puntual.

Se observan partículas con macla de Tartán, textura perítica en venas y en menor proporción, algunos con sobrecrecimiento de feldespato autigénico.

Plagioclasa: se encuentra en un 9,180% de la sección delgada, mostrando una distribución uniforme. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina, con algunas partículas de arena muy fina y media (rango completo: 0,0937 a 0,375 mm), calibrado moderado, forma

subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual. Algunos granos se encuentran considerablemente corroídos por el cemento calcáreo.

Se distinguen plagioclasas frescas, plagioclasas alterando a sericita o epidota y plagioclasas con zonación oscilatoria.

Micas: representan el 0,984% de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuida de manera uniforme. Su tamaño de grano varía entre arena fina a media, con algunas partículas de arena muy fina y otras que alcanzan el tamaño arena gruesa (rango completo: 0,0625 a 0,5625 mm), mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esféricas, subangulares a subredondeadas y contacto flotante a puntual.

Se observa moscovita y biotita, en ocasiones se encuentran alteradas a clorita, oxidadas o corroídas en sus bordes por el cemento. Algunas micas presentan foliación e inclusión de minerales opacos, los cuales forman bandas dentro de las micas.

Fragmentos de roca: representa un 20,656% (25,263% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada y la mayoría están distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía principalmente entre arena fina a media (rango completo: 0,1325 a 0,6875 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy fina y gruesa, calibrado moderado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de roca volcánica, plutónica, sedimentaria y metamórfica; dentro de cada una de estas categorías se encuentran diversas variedades, en función de su litología particular.

Fragmentos de roca volcánica: constituye el 8,525% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena fina a media, con algunos fragmentos de tamaño limo grueso y

arena muy fina (rango completo: 0,0625 a 0,45625 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual. Algunos presentan venas rellenas de cuarzo.

Se distinguen tres variedades,

(i) fragmentos con textura hialocristalina de cuarzo y feldespatos, con fenocristales tabulares subhedrales de plagioclasa.

(ii) fragmentos con textura hialocristalina de feldespatos, posiblemente plagioclasas prismáticas largas.

(iii) Fragmento de textura porfírica, con fenocristales prismáticos largos de plagioclasa en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representan el 4,918% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a media (rango completo: 0,1325 a 0,53125 mm) con algunos fragmentos de tamaño arena muy fina y limo grueso, buen calibrado, no esféricos, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se pueden diferenciar dos variedades, (i) fragmentos compuestos por cuarzo monocristalino o policristalino con feldespato potásico o plagioclasa y, (ii) cuarzo monocristalino o policristalino, con feldespato potásico o plagioclasa y epidota de tipo clinozoisita.

Fragmentos de roca sedimentaria: se encuentran en un 1,639% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena media, buen calibrado, no esféricos, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Es posible distinguir dos variedades:

(i) fragmentos de arcillolita: compuestos por minerales arcillosos que no muestran orientación o foliación.

(ii) Areniscas con granos subredondeados a subangulares de cuarzo, chert y fragmentos de roca volcánica, en una matriz arcillosa.

Fragmentos de roca metamórfica: representan el 5,246% de la sección delgada, distribuidos de forma heterogénea para el caso de los fragmentos de pizarras, los cuales se concentra en bandas dispuestas transversalmente a la sección. En el caso de los fragmentos de arcillolitas, la distribución es uniforme. El tamaño de grano varía entre arena fina a media, con algunas partículas de tamaño arena muy fina a gruesa (rango completo: 0,125 a 0,6875 mm), calibrado moderado, no esféricos, subredondeados a subangulares y contactos flotantes a puntuales.

Se distinguen dos variedades:

(i) fragmentos de pizarra: compuestos por minerales arcillosos que exhiben una ligera orientación.

(ii) Fragmentos de esquistos cuarzosos: presentan cuarzos policristalinos con bordes poligonales o suturados, con extinción recta u ondulante y foliación de micas.

Otros: conforman el 1,311% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la epidota, glauconita, titanita, óxidos y opacos.

Epidota: forma el 0,656% de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuida uniformemente. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena fina (rango completo: 0,062 a 0,187 mm), mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual. Se observan las variedades de epidota y clinozoisita.

Glauconita: representa el 0,328% de la sección delgada, con una distribución uniforme. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,125 a 0,343), mal

calibrado, forma anhedral, redondeada, no esférica y contacto flotante a puntual. Las partículas se encuentran oxidadas y en ocasiones, corroídas por el cemento.

Titanita: constituye un mineral traza en la sección delgada, distribuido uniformemente, con tamaño de grano entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,125 a 0,187 mm), buen calibrado, forma anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Óxidos: representa el 0,328% de la sección delgada, distribuido de manera uniforme. Se encuentran formando granos de tamaño arena fina (rango completo: 0,137 a 0,25 mm) y en ocasiones, reviste con una fina capa de óxido los bordes de algunos granos.

Opacos: se encuentran constituyendo trazas en la sección delgada, distribuidos uniformemente, con tamaño de grano correspondiente a arena fina (rango total: 0,125 a 0,143 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esféricos, subangular a subredondeados, y contactos flotantes a puntuales.

Aloquímicos: constituye trazas en la sección delgada. Conforman esta categoría, foraminíferos de tamaño arena media con sus cámaras rellenas de óxidos.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: corresponde al cemento de la roca y está presente en el 35,082% de la sección delgada. Posee una textura en mosaico, con cristales de tamaño entre arena fina a gruesa (rango: 0,161 a 0,855 mm), con forma subhedral a anhedral, no presentan macla polisintética.

Yeso: corresponde a un porcentaje traza en la sección delgada. Forma un cemento de textura poikilotópica, en ciertas áreas reducidas de la sección delgada.

Sericita: se presenta como alteración de los granos de plagioclasa individuales o de plagioclasas que se encuentran dentro de fragmentos de roca plutónica.

Sausurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Epidota: este mineral se presenta como mineral detrítico y como mineral ortoquímico, éste último asociado a la alteración de plagioclasas individuales y plagioclasas que forman parte de fragmentos plutónicos.

Estructuras: Se observan franjas paralelas con formas elípticas, que presentan tamaños entre 1,7 y 2 cm. Estas franjas corresponden posiblemente a fragmentos metamórficos de bajo grado.

En ocasiones, también es posible observar sectores con formas ovaladas que contienen granos de un tamaño ligeramente menor que las partículas de su alrededor.

Microfacies (Af): Arenisca fina: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Calibrado moderado (0,78 phi), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 46,3% de cuarzo, 28,4% de feldespatos y 25,3% de fragmentos de roca.

Las partículas están distribuidas uniformemente y sin orientación, a excepción de algunas franjas elípticas de fragmentos de roca metamórfica de bajo grado, de tamaño guija, y de algunas acumulaciones con forma ovalada, que contienen granos de tamaño menor que las partículas a su alrededor (bioperturbación).

Presenta trazas de foraminíferos de tamaño arena media y trazas de cemento de yeso con inclusiones de fluorita.

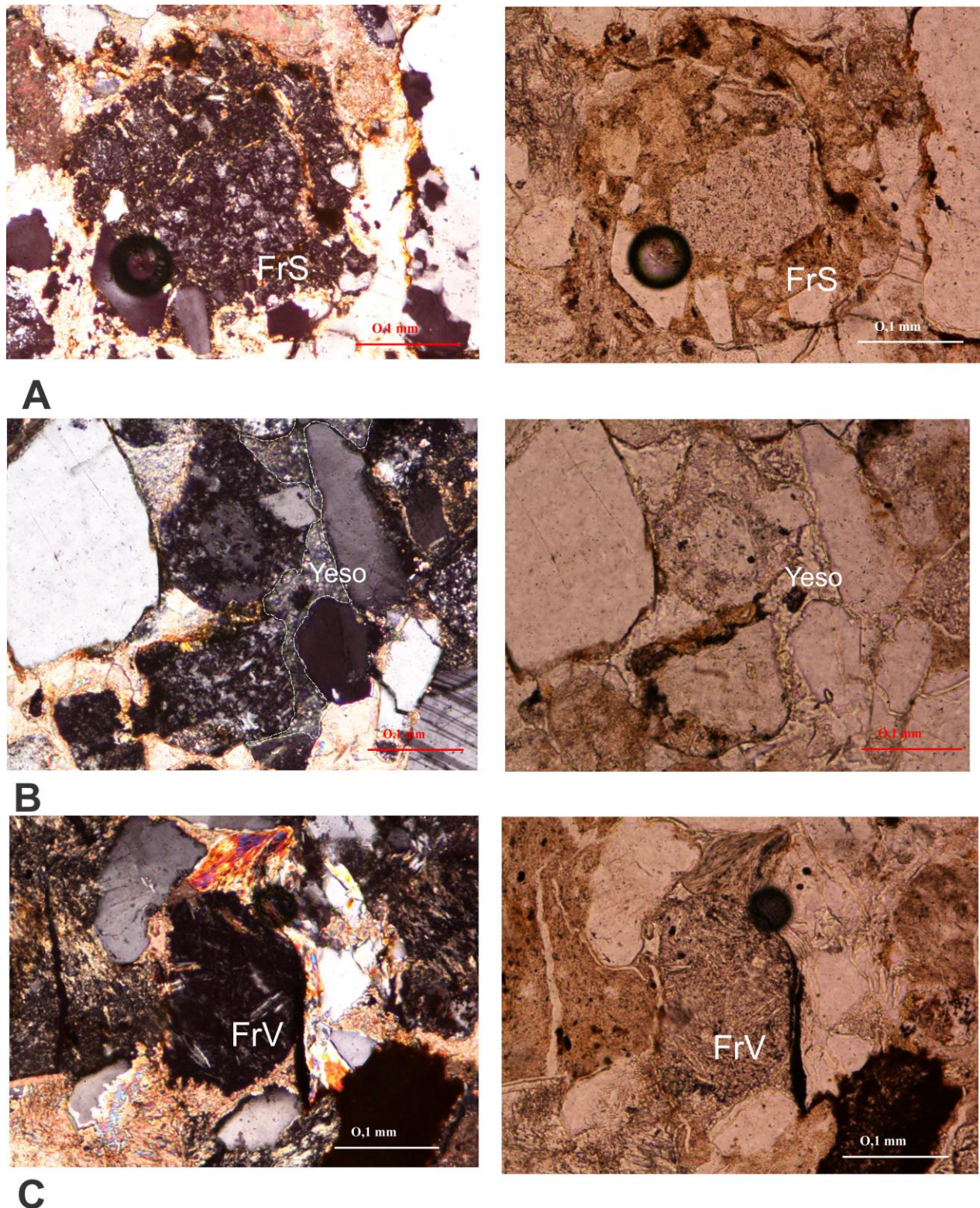


Figura 16. A: fragmento sedimentario de una arenisca con granos de cuarzo, con un fragmento de roca volcánica (en el centro) y chert. B: zona con cemento de yeso. C: fragmento de roca volcánica con fenocristales prismáticos largos en una matriz afanítica.

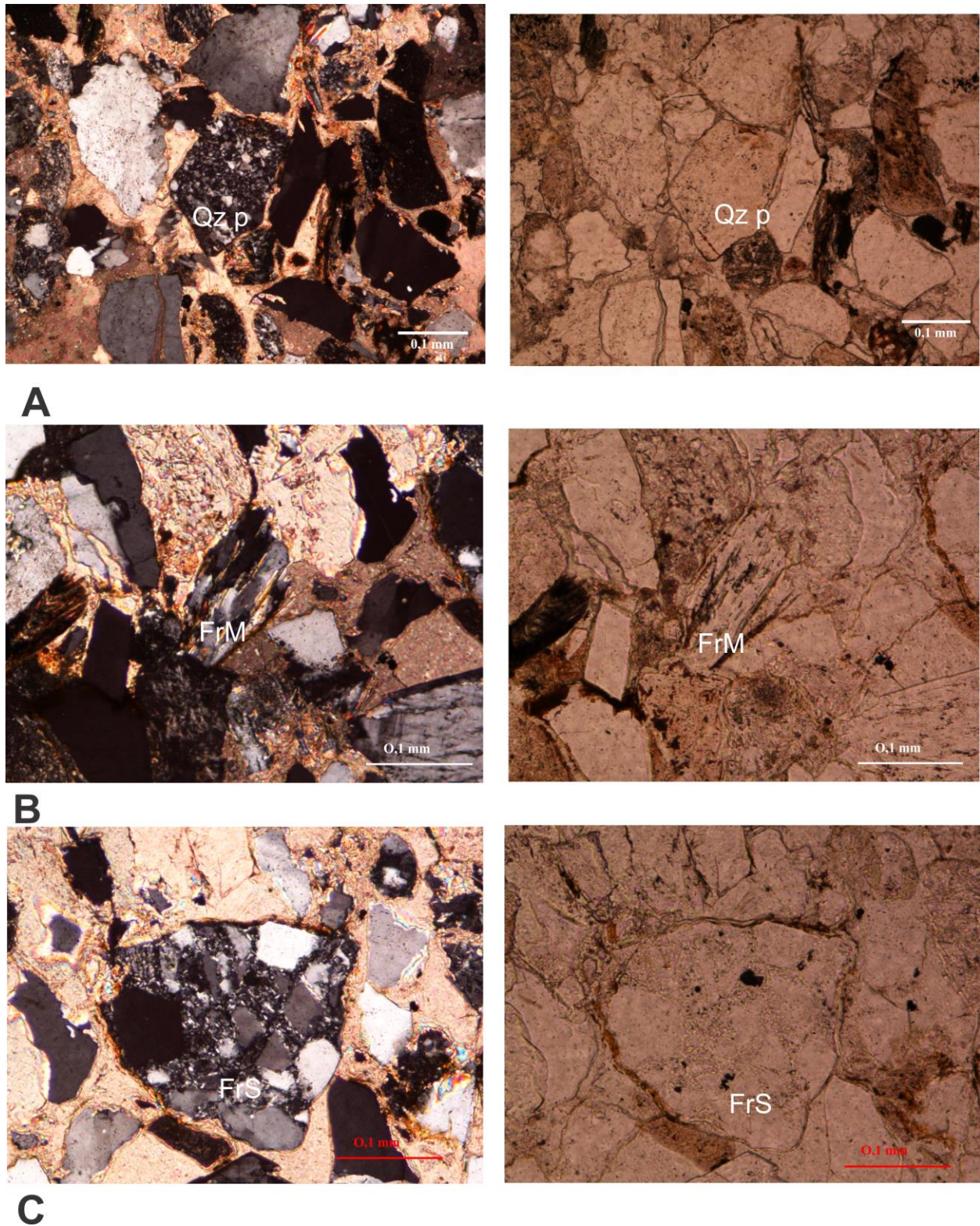


Figura 17. A: grano de cuarzo recrystalizado. B: fragmento metamórfico de un esquisto cuarzoso. C: arenisca con granos de cuarzo subredondeados a subangulares.

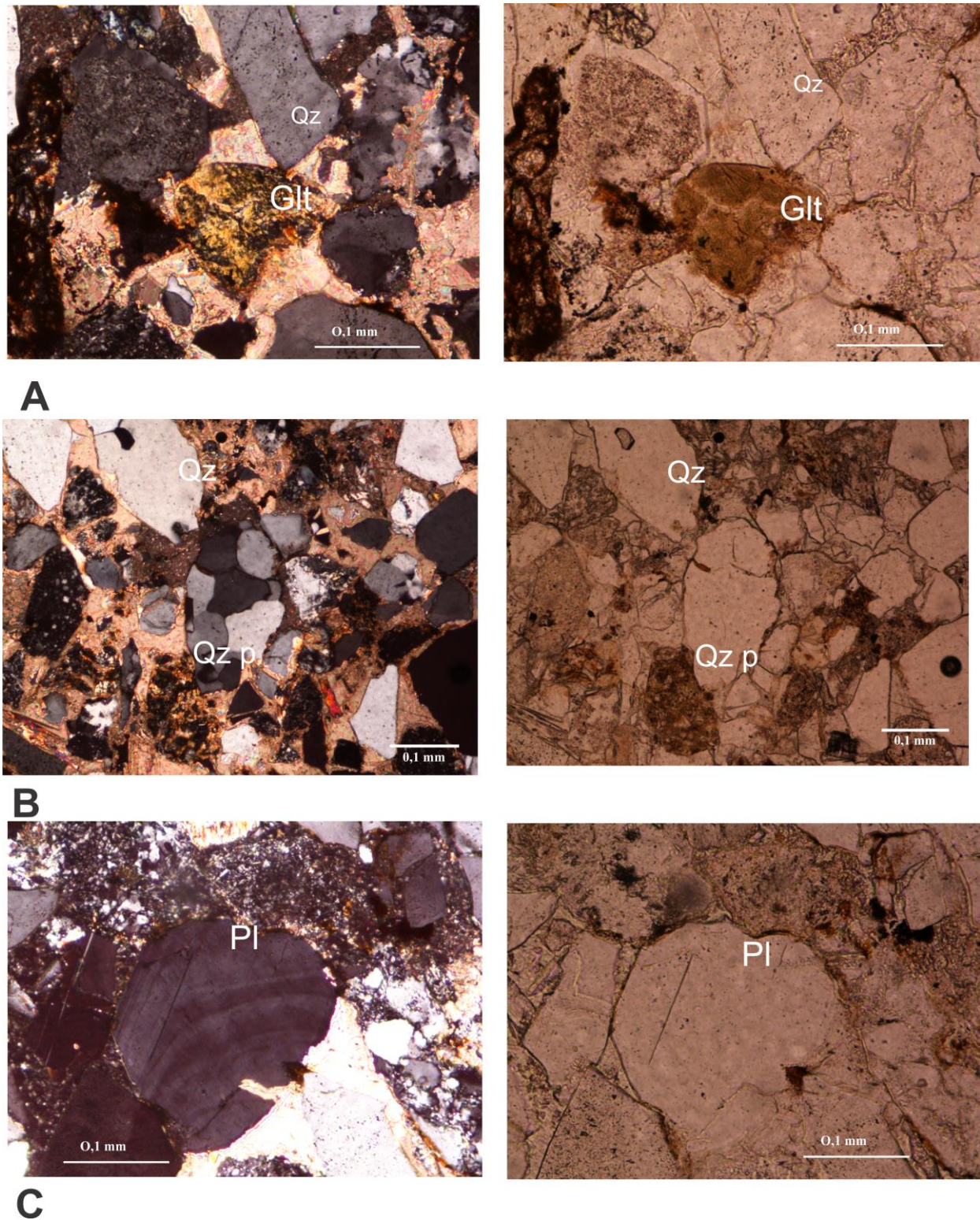
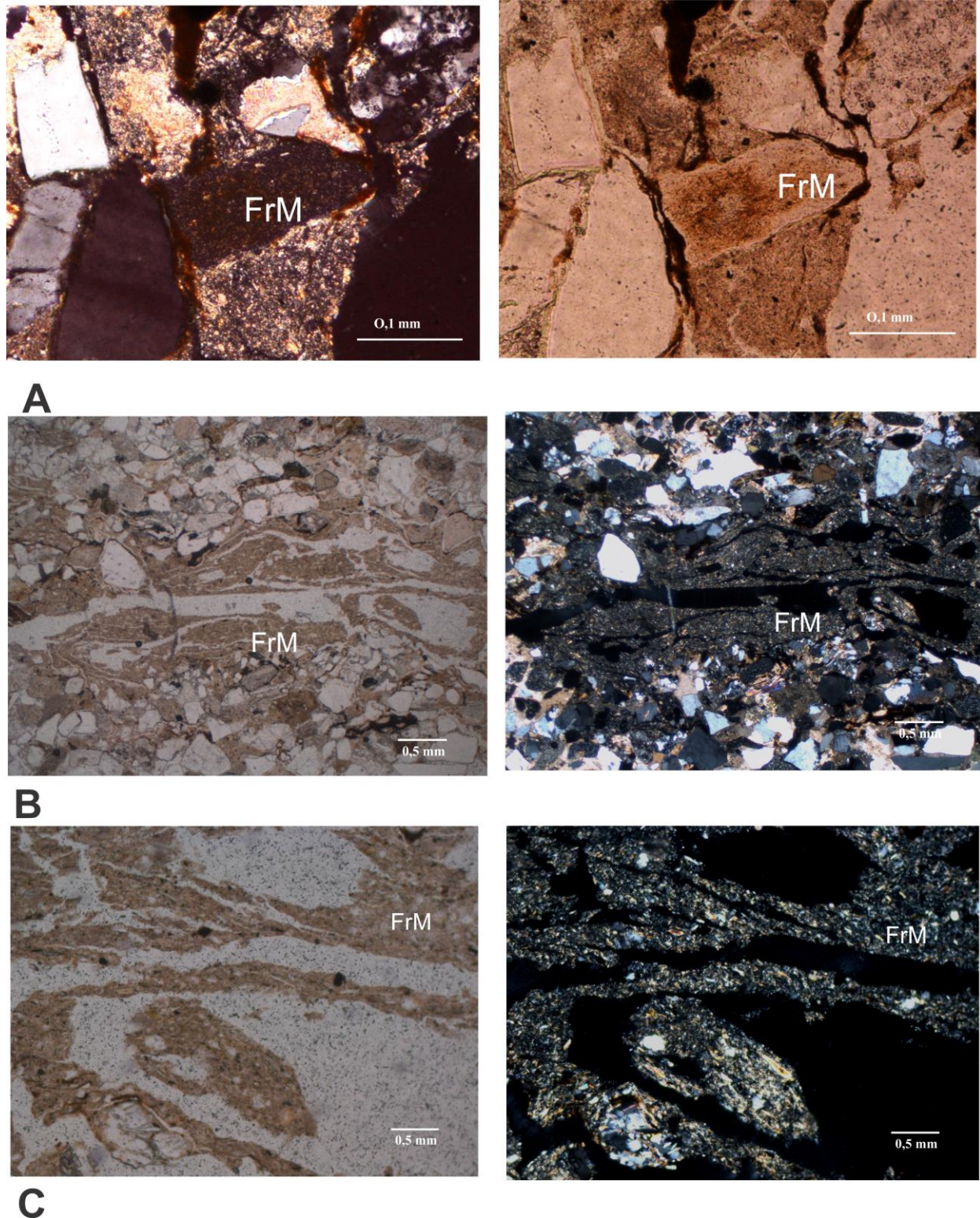


Figura 18. A: grano de glauconita oxidada. B: cuarzo policristalino con extinción recta y bordes ligeramente poligonales. C: grano de plagioclasa con zonación oscilatoria.



C

Figura 19. A: fragmento metamórfico subredondeado de una pizarra. B: franja compuesta por fragmentos metamórficos de pizarra. C: detalle de la imagen anterior (B), se observa la ligera orientación que caracteriza a los fragmentos metamórficos de bajo grado.

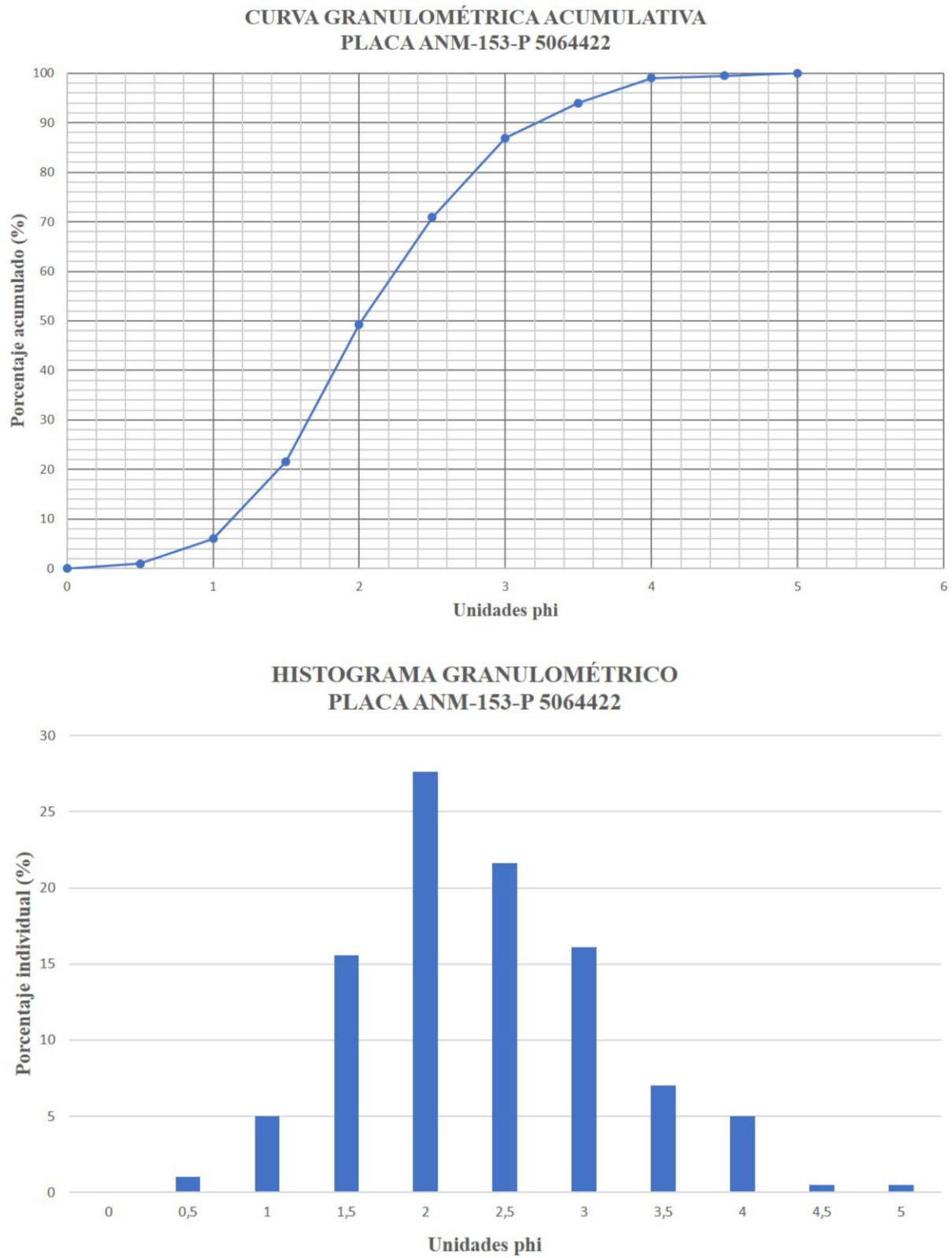


Figura 20. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.

4.3. Sección: FGR-145-P 5064428

Nombre textural: arenisca fina ligeramente conglomerática

Nombre composicional: arcosa lítica

Número de puntos contados: 317

Descripción microscópica:

4.3.1. Breve resumen: Arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa lítica

submadura con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,85 ϕ), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 51,8% de cuarzo, 26,5% de feldespatos y 21,8% de fragmentos de roca.

Las partículas terrígenas se encuentran distribuidas uniformemente, a excepción de algunas micas, óxidos y pizarras que se concentran en laminaciones onduladas y discontinuas.

Se observan franjas con forma ovalada que contienen granos de tamaño mucho menor, aunque en ocasiones mayor, que las partículas a su alrededor.

4.3.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 60,252%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 0%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 39,748%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.3.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente, a excepción de los óxidos, micas y pizarras, que se concentran en laminaciones onduladas y discontinuas. Se observan algunas franjas con forma ovalada que

contienen granos de menor tamaño, y en ocasiones mayor, que las partículas de su alrededor.

Presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.3.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena fina (2,9 phi)

Rango extremo (100%): limo medio (5 phi)

Rango (16-84%): -1,6 phi

Selección en términos de phi: 0,85 phi (selección moderada)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 0,521%

Fracción arena: 90,625%

- o Arena muy gruesa: 0%
- o Arena gruesa: 0%
- o Arena media: 13,021%
- o Arena fina: 42,188%
- o Arena muy fina: 35,417%

Fracción lodo: 8,854%

4.3.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: anhedral a subhedral

Esfericidad: los granos son no esféricos, a excepción de la glauconita.

Redondez: las partículas son subangulares a subredondeadas

Madurez textural: submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, mal calibrado y las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.3.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: se encuentra distribuido uniformemente en un 27,760% (51,765% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y arena media (rango completo: 0,031 a 0,375 mm), con algunas partículas de tamaño limo grueso.

Se presentan dos variedades, cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales son descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: está distribuido uniformemente en un 26,498% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano se encuentra, principalmente, entre limo grueso y arena muy fina, con algunas partículas de arena fina y media, mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen cuarzos con extinción recta y en menor proporción, cuarzos con extinción ondulante. Se observan pocas vacuolas

Cuarzo policristalino: representa el 1,262% de la sección delgada, distribuido de manera uniforme. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,093 a 0,187 mm), calibrado moderado, no esférico, forma anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Presentan extinción ondulante y bordes ligeramente suturados entre sus cristales.

Chert: constituye el 0,315% de la sección delgada, con una distribución uniforme. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,125 a 0,165 mm), buen calibrado, no esférico, bordes subredondeados y contacto flotante a puntual.

Feldespatos: representa el 14,196% (26,471% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, está distribuido uniformemente, con tamaño de grano, principalmente, entre arena muy fina a fina con algunas partículas de tamaño limo grueso (rango completo: 0,031 a 0,281 mm) y calibrado moderado. Se observan feldespatos potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: está distribuido uniformemente en un 2,524% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango extremo: 0,031 a 0,437 mm), con algunas partículas de limo grueso y arena media, calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual. La mayoría de estas partículas están frescas, aunque algunas están alterando ligeramente a caolinita. Presenta macla de Tartán o textura peritética en venas.

Plagioclasa: corresponde a un 11,672% de la sección delgada, distribuido de forma uniforme. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,031 a 0,375 mm), con algunas partículas de limo grueso y arena media, buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Se distinguen algunos granos de plagioclasa frescos y otros alterando a sericitita o saussurita. Se observan partículas con macla polisintética y zonación oscilatoria.

Micas: representa un 1,577% de la sección delgada, distribuidas de manera uniforme, aunque en algunos sectores tienden a formar laminaciones onduladas y discontinuas, junto a fragmentos de pizarra y óxidos. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,106 a 0,406 mm), calibrado moderado, forma subhedral, no esféricas, subangulares a subredondeadas y contacto flotante a puntual.

Se distingue la moscovita y biotita, de las cuales hay algunas frescas y otras ligeramente alteradas a clorita. Adicionalmente, se observan ciertas micas, principalmente moscovita, que presentan foliación y que usualmente tienen un bandeamiento formado por minerales opacos.

Fragmentos de roca: constituyen un 11,672% (21,765% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía principalmente entre arena muy fina a fina (rango completo:), con algunas partículas de tamaño limo grueso, arena media y gránulo, presentan calibrado moderado, fragmentos subangulares a subredondados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de roca volcánica, sedimentaria y metamórfica; no se observaron fragmentos de roca plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentra distribuido uniformemente en un 5,363% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño limo grueso (rango completo: 0,031 a 0,25 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se presentan las siguientes variedades:

(i) Fragmento de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa prismáticas largas y tabulares, en una matriz afanítica. En ocasiones, se observan fenocristales de anfíbol.

(ii) Fragmento de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa en una matriz microcristalina, en ocasiones presentan granos de óxidos.

Fragmentos de roca sedimentaria: representa el 2,524% (2,839% añadiendo los fragmentos de chert) de la sección delgada, distribuidos de manera uniforme. Presenta un tamaño de grano que varía entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño

gránulo (rango completo: 0,125 a 3,25 mm), mal calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se diferencian dos tipos de fragmentos sedimentarios con base en su litología;

- (i) Arcillolita: formado por minerales arcillosos que no presentan orientación ni foliación.
- (ii) Areniscas: posee granos subredondeados a subangulares de cuarzo en una matriz arcillosa, o en ocasiones, ferruginosa

Fragmentos de roca metamórfica: constituye el 3,470% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. Presenta un tamaño de grano que varía entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño arena media (rango completo: 0,085 a 0,25 mm), buen calibrado; subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se observan dos variedades,

- (i) Esquisto cuarzoso: compuesto por cuarzo policristalino con bordes poligonales entre sus cristales y foliación bien definida de micas,
- (ii) Pizarra: formado por minerales arcillosos que presentan una ligera orientación o foliación. En ocasiones, las pizarras tienden a formar laminaciones ondulosas y discontinuas, junto a micas y óxidos.

Otros: conforman el 5,047% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, glauconita, titanita, óxidos y opacos.

Epidota: forma el 0,631% de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuida uniformemente. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena muy fina, con algunas partículas de tamaño limo grueso y arena media (rango completo: 0,039 a 0,217 mm), buen

calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual. Se presentan las variedades de epidota y clinozoisita.

Glauconita: constituye trazas en la sección delgada, con una distribución uniforme. El tamaño de grano varía entre arena fina y arena media (rango completo: 0,184 a 0,332 mm), calibrado moderado, forma anhedral, redondeada, no esférica y contacto flotante a puntual. Se distinguen granos de glauconita frescos y en ocasiones, ligeramente oxidados.

Anfíbol: forma el 2,839% de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,066 a 0,198 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular y contacto flotante a puntual. Corresponde a la variedad hornblenda

Titanita: constituye trazas en la sección delgada y se encuentra distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina, forma anhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual.

Óxidos: están distribuidos uniformemente, aunque en algunos sectores tienden a formar laminaciones onduladas y discontinuas, junto a pizarras y micas. Representa el 0,315% de la muestra de roca en sección delgada, se encuentran formando granos subredondeados de tamaño limo grueso a arena muy fina, con algunas partículas que alcanzan el tamaño arena media (rango completo: 0,052 a 0,277 mm), mal calibrado, esféricos a no esféricos, forma anhedral y contacto flotante a puntual.

Opacos: representan el 1,262% de la sección delgada, distribuido uniformemente y con un tamaño de grano entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,046 a 0,112 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Aloquímicos: constituye un porcentaje traza dentro de la sección delgada. Se observó únicamente un foraminífero de tamaño arena muy fina.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 39,7% de la sección delgada, tiene una textura poikilotopica, sin macla polisintética y se encuentra invadiendo los bordes de algunas partículas. Algunos granos presentan un revestimiento de una fina capa de calcita afanocristalina

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasa.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un color oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: Se observan franjas con forma ovalada, que presentan granos de tamaño menor y en ocasiones, mayor, que las partículas que están a su alrededor.

Algunos óxidos, micas y pizarras se encuentran formando laminaciones onduladas y discontinuas

Microfacies (Alc2): arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Calibrado moderado, (0,85 phi), granos subangulares a subredondeados,

contactos flotantes a puntuales, con 51,8% de cuarzo, 26,5% de feldespatos y 21,8% de fragmentos de roca.

Presenta laminaciones ondulosas y discontinuas de micas, óxidos y pizarras, así como franjas ovaladas que contienen granos de tamaño menor, y en ocasiones mayor, que las partículas a su alrededor. Se observan trazas de foraminíferos de tamaño arena muy fina.

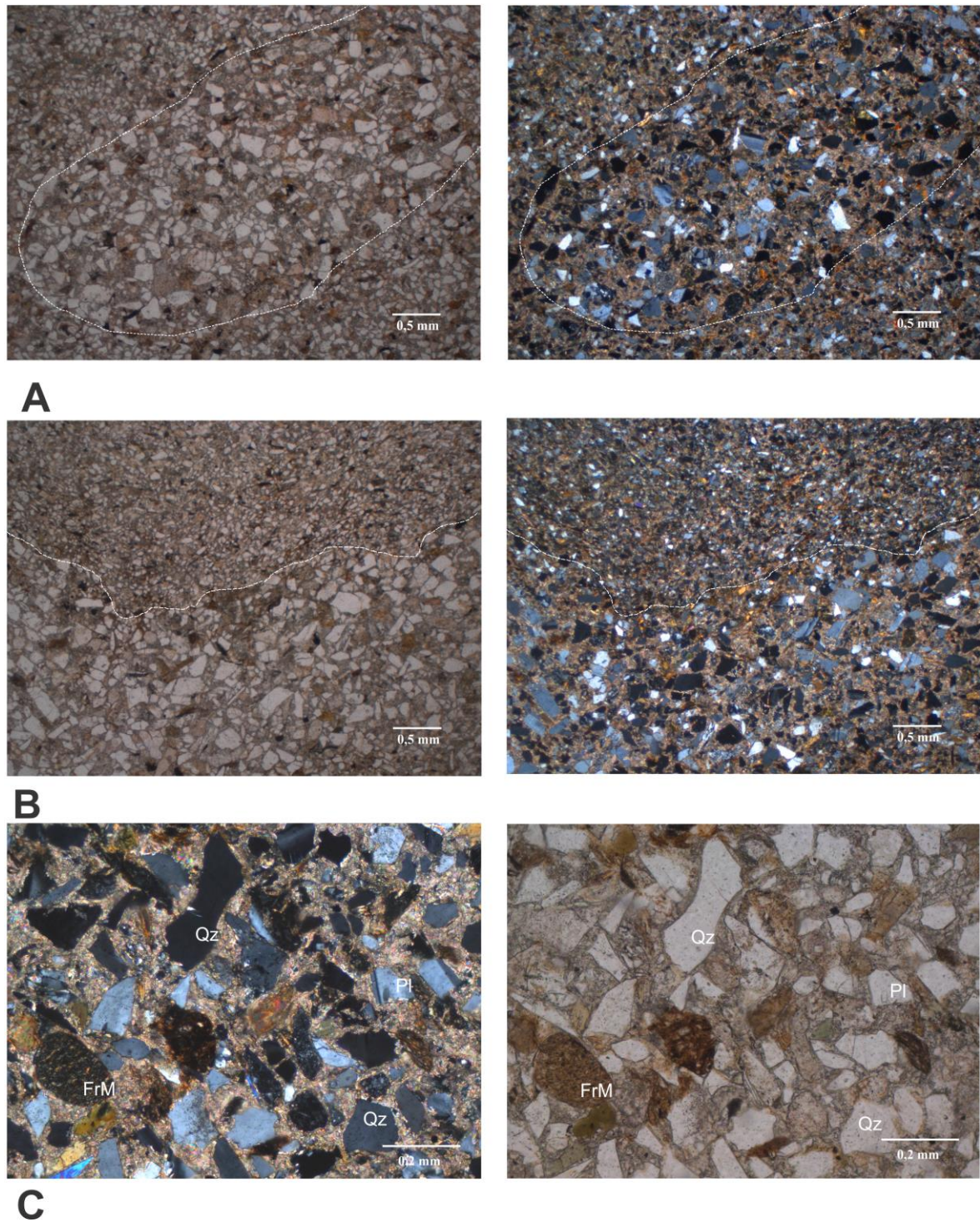


Figura 21. A: franja ovalada que contiene partículas de tamaño de grano mayor que las de su alrededor, posiblemente debido a bioperturbación. B: franja ovalada rellena de partículas de tamaño de grano menor que los de su alrededor, posiblemente como respuesta a la bioperturbación. C: textura general de la roca, con granos subangulares a subredondeados.

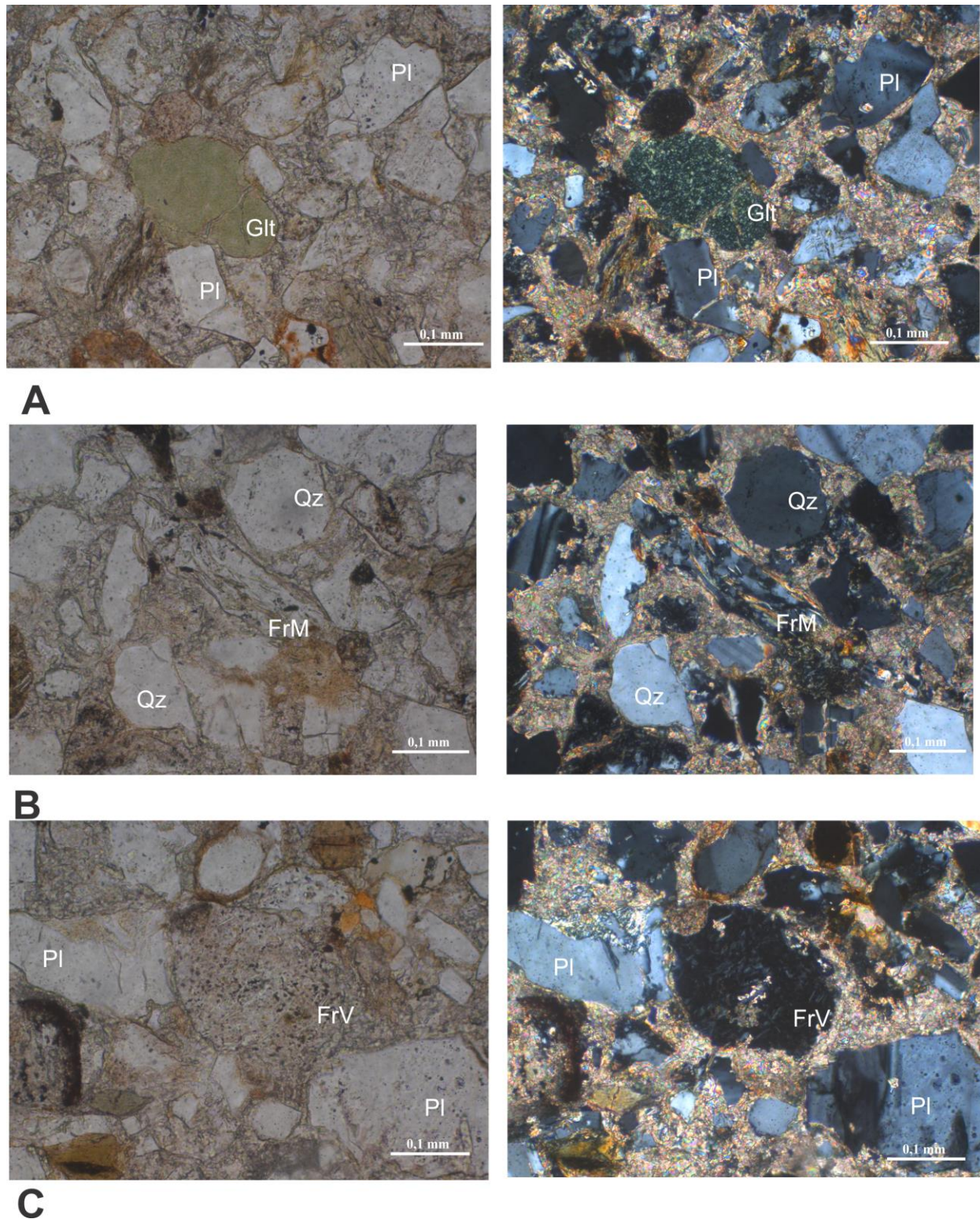


Figura 22. A: grano redondeado de glauconita. B: fragmento metamórfico de esquisto cuarzoso. C: fragmento de roca volcánica con fenocristales de plagioclasa prismática larga en matriz afanítica.

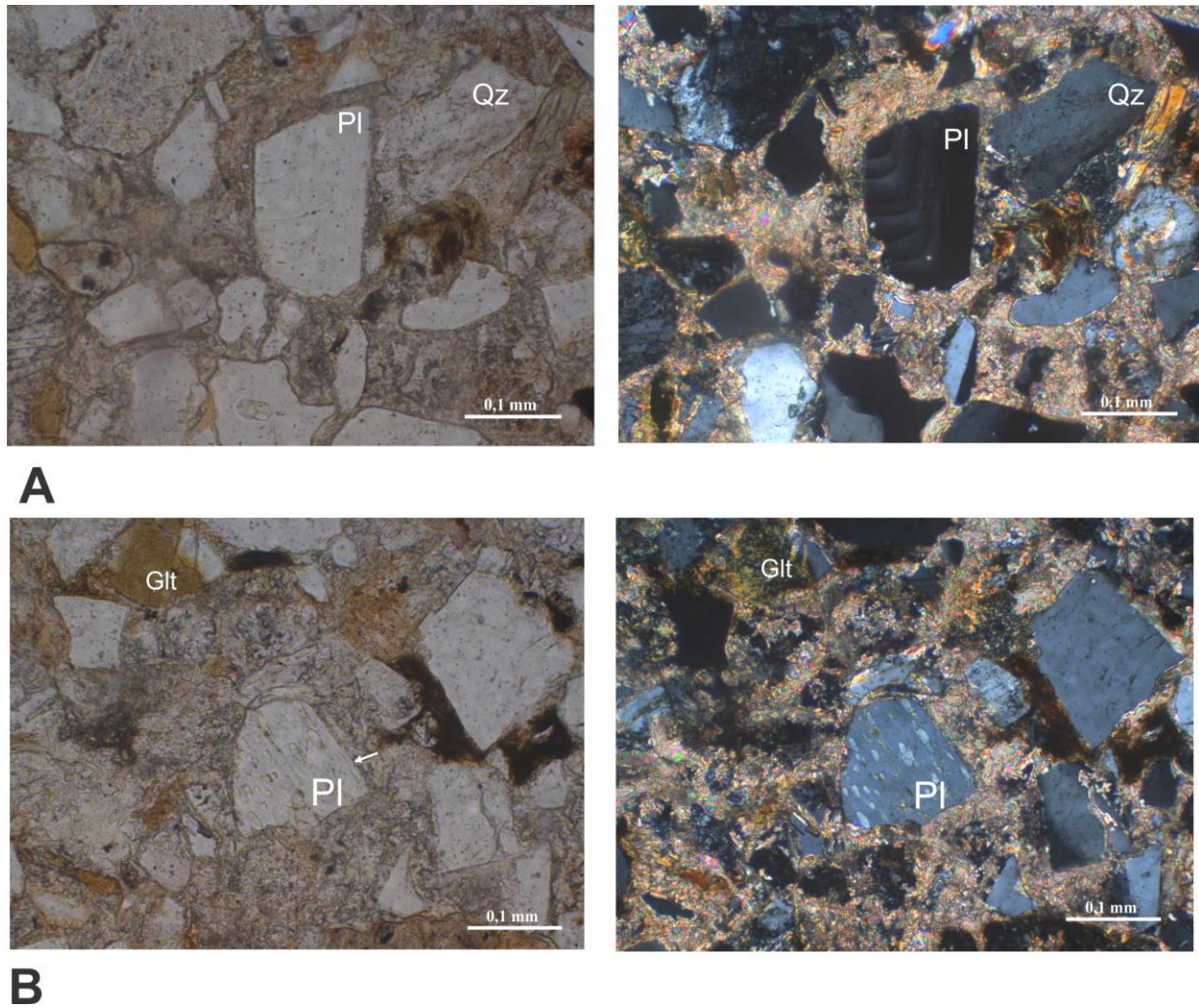


Figura 23. A: grano de plagioclasea con zonación oscilatoria. B: feldespato potásico con textura perítica en venas.

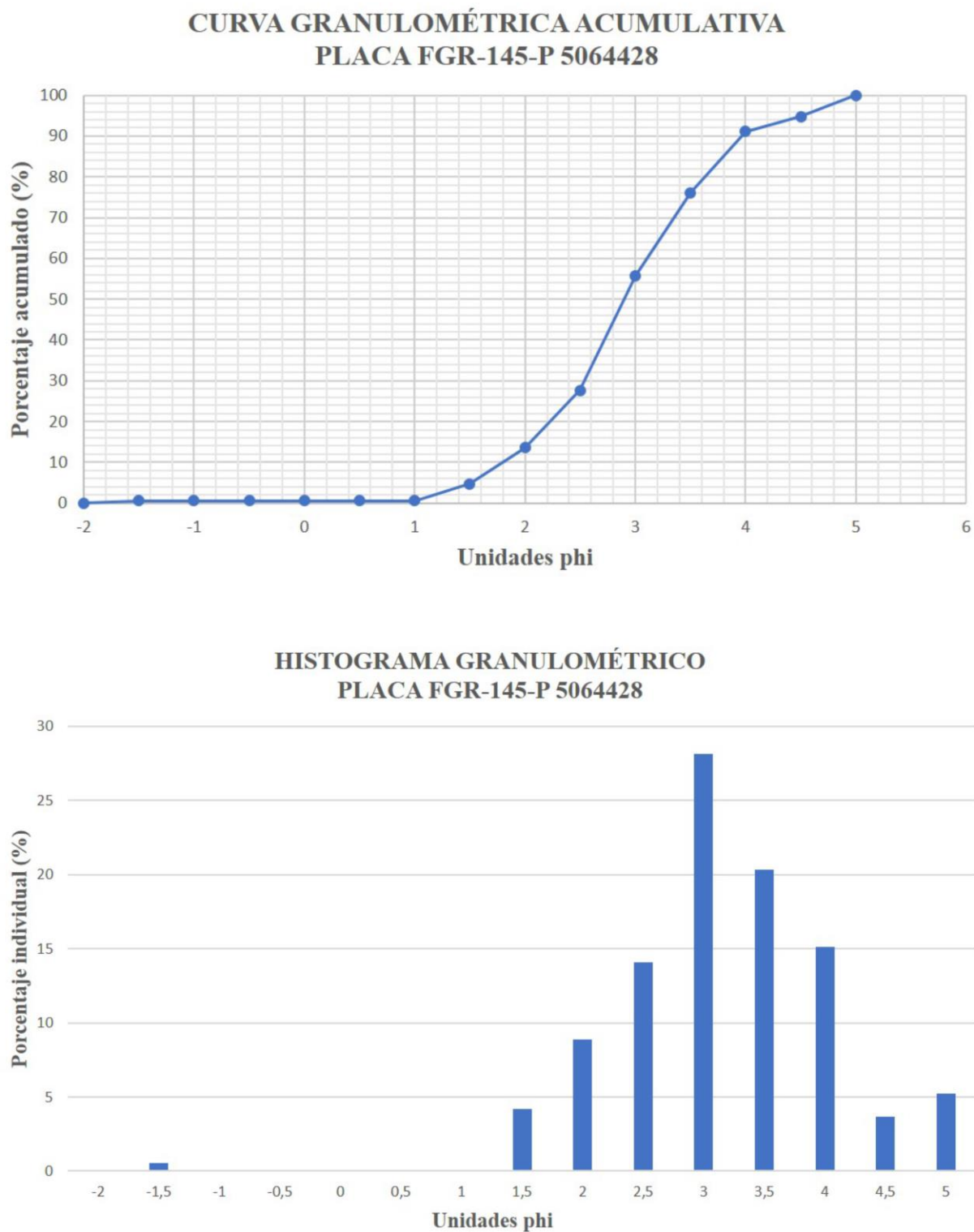


Figura 24. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.4. Sección delgada: 827395

Nombre textural: arenisca muy fina

Nombre composicional: arcosa lítica

Número de puntos contados: 313

Descripción microscópica:

4.4.1. Breve resumen. Arenisca muy fina: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,63 ϕ), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 55,2% de cuarzo, 27,3% de feldespatos y 17,6% de fragmentos de roca.

Los granos se encuentran distribuidos uniformemente y sin orientación, a excepción de las micas y restos de materia orgánica oxidada que forman laminaciones discontinuas y ondulosas.

4.4.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 61,022%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 2,236%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 36,741%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.4.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente y sin orientación. La roca presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.4.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena muy fina (3 ϕ)

Rango extremo (100%): (5,5 ϕ)

Rango (16-84%): -1,2 phi

Selección en términos de phi: 0,633 phi (moderadamente seleccionado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 0%

Fracción arena: 93,717%

- o Arena muy gruesa: 0%
- o Arena gruesa: 0%
- o Arena media: 5,236%
- o Arena fina: 42,408%
- o Arena muy fina: 46,073%

Fracción lodo: 6,283%

4.4.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: los granos son anhedrales a subhedrales

Esfericidad: las partículas son no esféricas, a excepción de la glauconita.

Redondez: los granos son subangulares a subredondeados

4.4.2.4. Madurez textural: Submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, mal calibrado y las partículas son subangulares a subredondeados.

4.4.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Terrígenos

Cuarzo: representa un 29,073% (55,152% recalculado) de la sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,037 a 0,25 mm), con algunas partículas que alcanzan el tamaño de arena fina. Se presenta como cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: está distribuido en un 28,754% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,037 a 0,25mm), con algunos granos de tamaño arena fina, calibrado moderado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen cuarzos monocristalinos con extinción recta, extinción ondulante, vacuolas y algunos presentan lamelas de Boehm

Cuarzo policristalino: constituye el 0,319% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena fina (rango completo: 0,062 a 0,142 mm), calibrado moderado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen granos de cuarzo policristalino con bordes suturados entre sus cristales y extinción recta u ondulante.

Chert: está distribuido uniformemente en un 0,958% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra entre arena muy fina y fina (rango completo: 0,068 a 0,25 mm), buen calibrado, no esférico, subredondeado y contacto flotante a puntual.

Feldespatos: está distribuido uniformemente y representa el 12,780% (27,273% recalculado, adicionando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre limo grueso y arena fina (rango completo: 0,063 a 0,318 mm), con calibrado moderado. Están presentes las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespatos potásicos: constituye un 0,958% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,075 a 0,187 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual. La mayoría se encuentra fresca, pero en ocasiones es posible observar una ligera alteración a caolinita. Presenta macla de Tartán y textura peritética en venas.

Plagioclasa: representa un 11,821% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra en el rango entre limo grueso y arena muy fina, aunque algunas partículas llegan a arena fina y media (rango completo: 0,063 a 0,318 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, bordes subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual. Muestran macla polisintética y algunas presentan zonación oscilatoria.

La mayoría de plagioclasas se encuentran frescas, aunque hay una cantidad considerable de plagioclasas alterando a sericita o epidota.

Mica: está distribuida heterogéneamente formando laminaciones discontinuas y onduladas en un 1,278% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina (rango completo: 0,062 a 0,467 mm), pero algunas partículas tienen tamaños de limo grueso, arena muy fina y media, presenta calibrado moderado, forma subhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Dentro de este grupo de minerales, se pueden diferenciar la moscovita y la biotita, algunas de ellas se encuentran ligeramente cloritizadas y otras oxidadas. La moscovita puede observarse con inclusión de minerales opacos que le otorgan un aspecto foliado. Algunas micas presentan extinción ondulante.

Fragmentos de roca: están distribuidos uniformemente en un 12,141% (17,576% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada. El

tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,062 a 0,25 mm), con algunas partículas que solo alcanzan el tamaño limo grueso, presentan buen calibrado, bordes subredondados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Están presentes fragmentos de roca volcánica, sedimentaria, metamórfica y plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentra distribuido en un 5,431% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño limo grueso (rango completo: 0,062 a 0,25 mm), buen calibrado, subangulares a subredondados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen las siguientes variedades:

(i) Fragmentos de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa tabular y prismática, en una matriz microcristalina.

(ii) Fragmento de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representa el 1,597% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,093 a 0,25 mm), buen calibrado, subredondados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos plutónicos compuestos por cuarzo policristalino con bordes ligeramente suturados y plagioclasa alterando a sericita.

Fragmentos de roca sedimentaria: está distribuido en un 0,319% (1,278%) de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina (rango completo: 0,093 a 0,123 mm), buen calibrado, subredondados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos sedimentarios arcillosos, algunos presentan granos de cuarzo de tamaño limo grueso.

Fragmentos de roca metamórfica: representa el 3,834% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina, pero algunos fragmentos solo alcanzan el tamaño arena muy fina (rango completo: 0,093 a 0,231 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan dos variedades, (i) esquisto cuarzoso: compuesto por cuarzo policristalino con bordes poligonales y foliación de micas, (ii) pizarra: formado por minerales arcillosos que presentan orientación o foliación.

Otros: conforman el 5,751% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, glauconita, óxidos, titanita y opacos.

Epidota: está distribuido de manera uniforme en un 3,195% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,039 a 0,105 mm), buen calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, bordes subangulares y contacto flotante a puntual. Se distinguen las variedades de clinozoisita y en menor proporción, epidota.

Glauconita: representa un porcentaje traza de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena media (0,313 mm), forma anhedral, esférica, redondeada y contacto flotante a puntual. Se encuentra ligeramente oxidada.

Anfíbol: corresponde a la variedad hornblenda y está distribuido uniformemente en un 1,917% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,033 a 0,297 mm), con algunas partículas que alcanzan el tamaño arena fina y media, presenta calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Titanita: constituye trazas en la muestra de roca en sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina (0,079 mm), forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante.

Óxidos: representa el 0,639% se encuentra disperso uniformemente en la sección delgada, proporcionando un tono rojizo o pardo al cemento de la roca. También se encuentra rodeando con una fina capa de óxido a la gran mayoría de partículas o formando granos anhedrales a subhedrales, con un tamaño principalmente de arena fina, aunque algunos corresponden a arena muy fina, media y gruesa (rango completo: 0,132 a 0,528 mm).

Opacos: constituye un porcentaje traza en la muestra de roca en sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina (rango completo: 0,066 a 0,099 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Circón: representa un porcentaje traza de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina (0,07 mm), forma anhedral, no esférica, subredondeada y contacto flotante.

Aloquímicos: constituye un 2,236% de la lámina de roca y se encuentra distribuido de manera heterogénea, formando laminaciones ondulosas y discontinuas. Comprende restos de materia orgánica muy oxidada, con tamaño de grano desde arena fina a gruesa (rango: 0,14 a 0,57 mm).

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 36,741% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico, con cristales de tamaño arena fina, sin macla polisintética, forma anhedral a subhedral y se encuentra invadiendo los bordes de algunas partículas. Posee un tono marrón a rojizo, debido a impurezas de óxidos y arcillas.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico, cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Estructuras: No se destacan estructuras en esta sección delgada. Los granos se encuentran dispuestos de forma aleatoria.

Microfacies (Amf): Arenisca muy fina: arcosa lítica submadura con cemento calcáreo. Calibrado moderado (0,63 ϕ), granos subangulares a subredondeados, distribuidos uniformemente y sin orientación, en contacto flotante a puntual, con 55,2% de cuarzo, 27,3% de feldespatos y 17,6% de fragmentos de roca. Contiene materia orgánica muy oxidada.

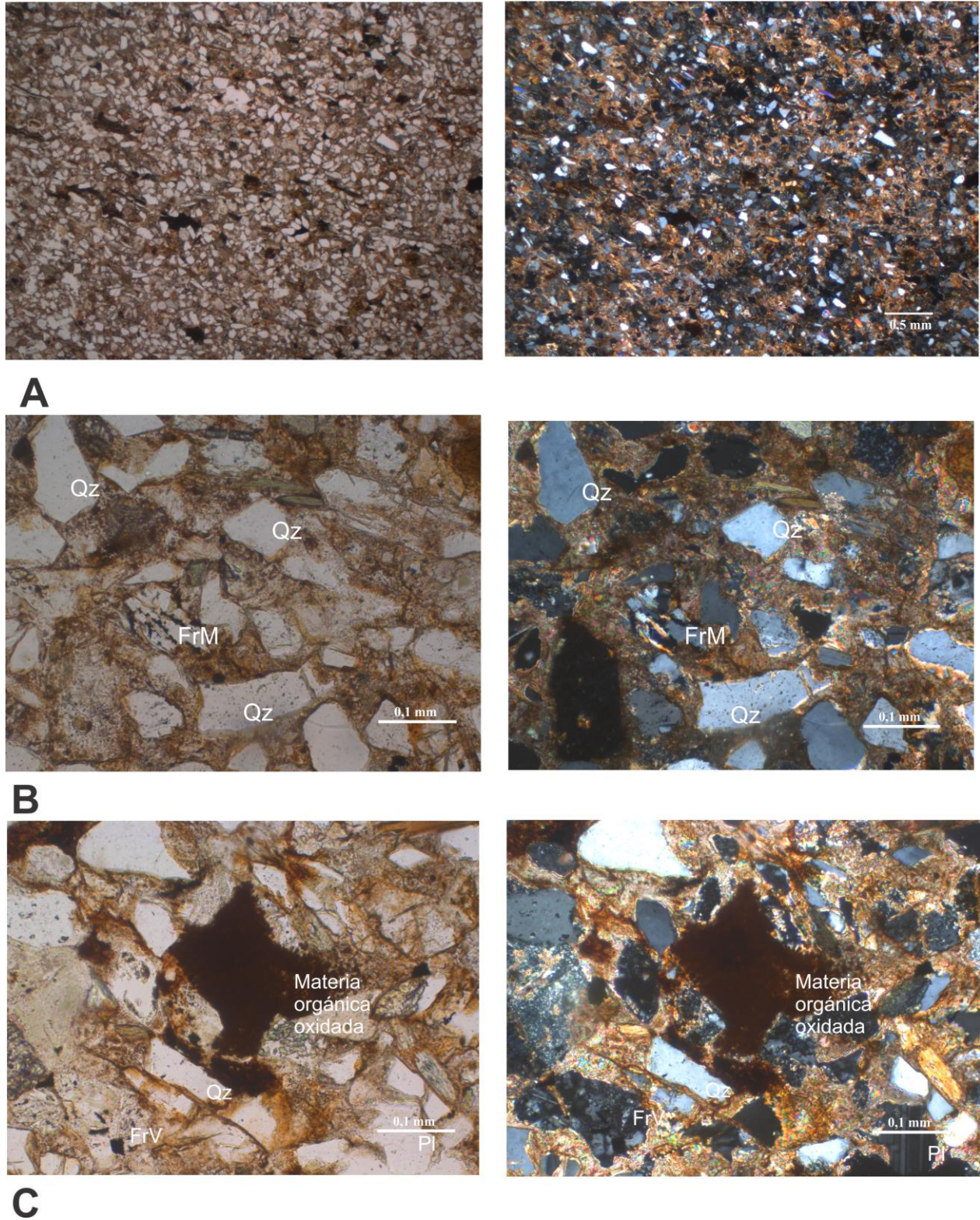


Figura 25. A: textura general de la roca, se observan laminaciones discontinuas y onduladas de las micas y restos de materia orgánica oxidada. B: textura general de la roca con un objetivo de mayor aumento, se observan granos subangulares de cuarzo y un fragmento metamórfico de esquistos cuarzoso. C: restos de materia orgánica oxidada.

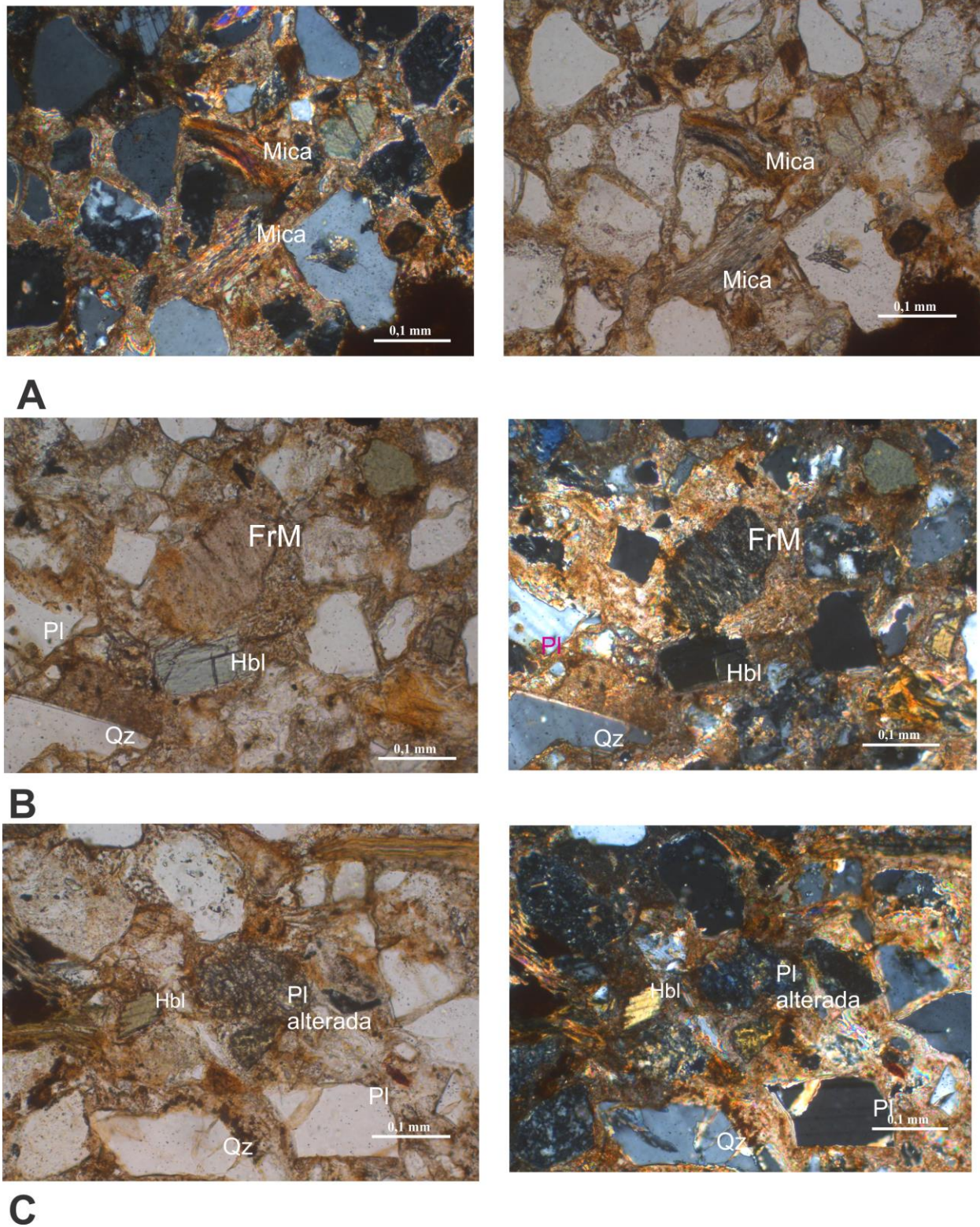


Figura 26. A: micas con inclusiones de opacos. B: fragmento metamórfico de una pizarra. C: plagioclasa alterada a epidota de tipo clinozoisita.

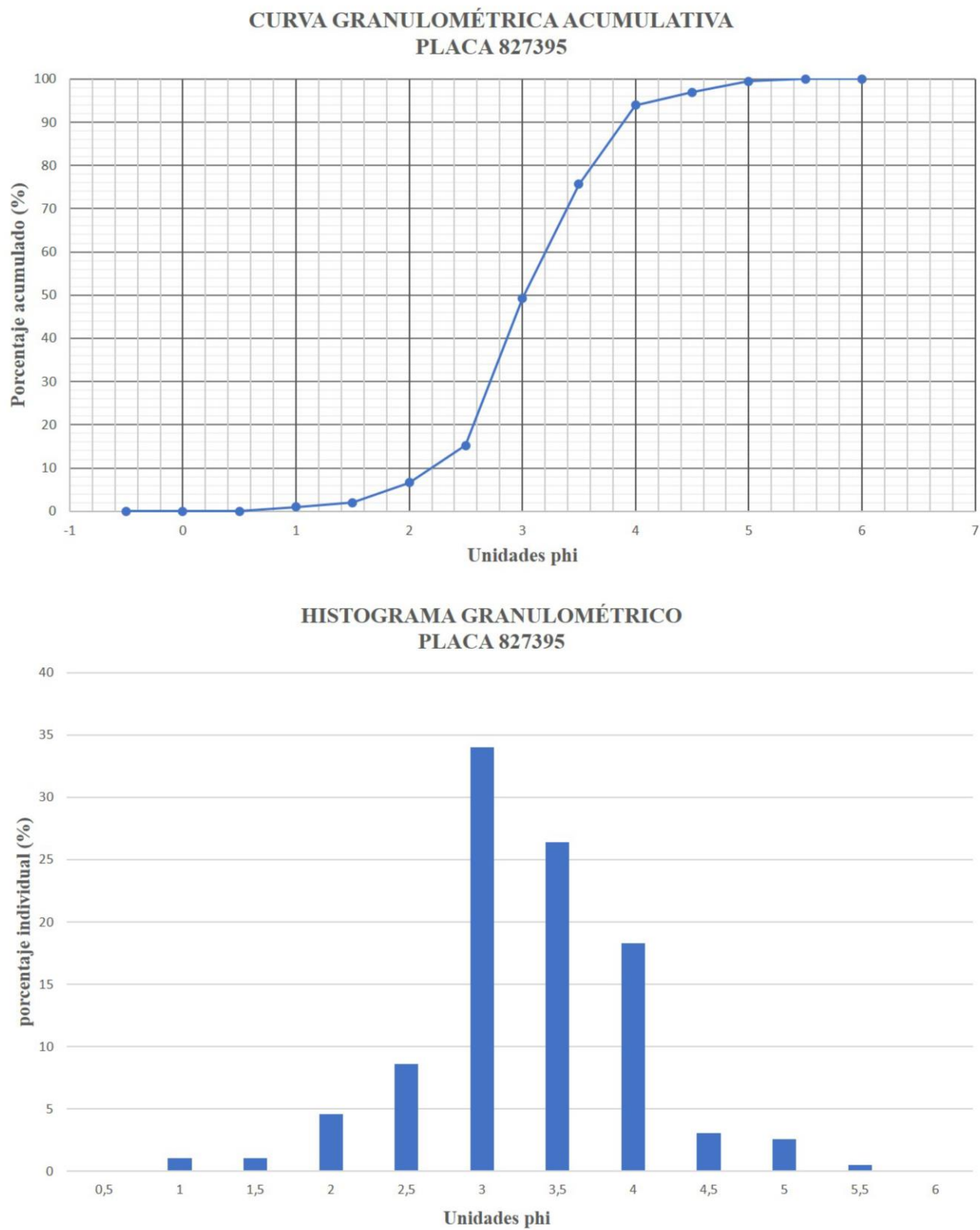


Figura 27. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.5. Sección delgada: 827396

Nombre textural: arenisca muy fina a fina limosa

Nombre composicional: arcosa lítica

Número de puntos contados: 307

Descripción microscópica:

4.5.1. Breve resumen: Arenisca muy fina a fina limosa: arcosa lítica micácea, submadura, con cemento calcáreo. Presenta mal calibrado (1,01 ϕ), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con 43,4% de cuarzo, 36,7% de feldespatos y 19,9% de fragmentos de roca.

Los granos se encuentran distribuidos uniformemente, a excepción de los minerales opacos, micas y anfíboles que se concentran en algunas laminaciones. Las partículas se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 25°. Se observan algunas franjas que contienen un tamaño de grano menor y en ocasiones, mayor, al de las partículas a su alrededor. Estas franjas siguen la inclinación de las demás partículas o las atraviesan de forma discordante.

4.5.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 62,866%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 0%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 37,134%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.5.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente, a excepción de los minerales opacos, micas y anfíboles que se concentran en algunas laminaciones. Las partículas se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 25°. Se observan algunas franjas que contienen un tamaño de grano menor y en ocasiones, mayor, al de las partículas a su alrededor. Estas franjas siguen la inclinación de las demás partículas o las atraviesan de forma discordante. La roca presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.5.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena muy fina (3,15 phi)

Rango extremo (100%): limo fino (6,5 phi)

Rango (16-84%): -2,1 phi

Selección en términos de phi: 1,01 (mal seleccionado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 0%

Fracción arena: 76,923%

o Arena muy gruesa: 0%

o Arena gruesa: 0%

o Arena media: 10,769%

o Arena fina: 34,872%

o Arena muy fina: 31,282%

Fracción lodo: 23,077%

4.5.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: los granos son anhedrales a subhedrales

Esfericidad: las partículas son no esféricas

Redondez: los granos son subredondeados a subangulares

4.5.2.4. Madurez textural: Submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, mal calibrado y las partículas son subredondeadas a subangulares.

4.5.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: Está distribuido uniformemente en un 23,453% (43,373% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena fina (rango completo: 0,033 a 0,297 mm), con algunas partículas de limo medio y otras que alcanzan la arena media. Está presente como cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales se describen a continuación.

Cuarzo monocristalino: se encuentra en un 23,127% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,033 a 0,297 mm), con algunos granos de limo medio y arena media, mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se observan partículas de cuarzo monocristalino con extinción recta y extinción ondulante. Presentan muy pocas vacuolas.

Cuarzo policristalino: representa el 0,326% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y fina (rango completo: 0,066 a 0,198 mm), calibrado moderado, forma anhedral, no esférico, subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen las siguientes variedades:

- (i) Cuarzo policristalino con bordes poligonales entre sus cristales.
- (ii) Cuarzo policristalino con bordes ligeramente suturados entre sus cristales.
- (iii) Cuarzo policristalino con zonas recrystalizadas.

Chert: constituye trazas en la sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y media (rango completo: 0,231 a 0,264 mm), calibrado moderado, no esférico, bordes subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Feldespato: representa el 14,332% (36,747% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre limo medio y arena fina (rango extremo: 0,026 a 0,198 mm), calibrado moderado y distribución uniforme. Se distinguen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: está distribuido en un 1,954% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo medio y arena fina (rango completo: 0,026 a 0,19 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se observan partículas frescas y algunas ligeramente alteradas a caolinita. Presentan macla de Tartán o textura peritítica en venas.

Plagioclasa: se encuentra en un 12,378% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra en el rango entre arena muy fina y fina (rango completo: 0,039 a 0,198 mm), con algunas partículas de limo grueso, calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Muestran macla polisintética y algunas presentan zonación oscilatoria. La mayoría se encuentran frescas, aunque hay una cantidad considerable de plagioclasas alteradas a sericita, epidota o saussurita

Micas: están distribuidas uniformemente en un 3,583% de la sección delgada, distribuidos de manera heterogénea, concentrándose en algunas laminaciones inclinadas de la roca. Sin embargo, también se pueden observar dispersos en la sección de forma aleatoria. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,112 a 0,231 mm), buen calibrado, forma subhedral, no esféricas, subangulares a subredondeadas y contacto flotante a puntual. Algunos, presentan oxidación en sus bordes.

Dentro de este grupo de minerales, se pueden diferenciar la moscovita y la biotita, algunas de ellas se encuentran ligeramente cloritizadas y otras oxidadas. La moscovita puede observarse con bandas de opacos que le otorgan un aspecto foliado.

Fragmentos de roca: constituye el 16,287% (19,880% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,079 a 0,376 mm), calibrado moderado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se pueden observar fragmentos de roca volcánica, sedimentaria, metamórfica y plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentra uniformemente distribuido en un 9,446% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño limo grueso (rango completo: 0,079 a 0,211 mm), buen calibrado, bordes subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se presentan las siguientes variedades:

- (i) Fragmento de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa tabulares o prismáticas largas, en una matriz microcristalina.
- (ii) Fragmentos de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa prismáticas largas, en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representa el 5,537% de la sección delgada, se encuentra distribuido de manera uniforme. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,099 a 0,303 mm), calibrado moderado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual. Se observaron fragmentos plutónicos, principalmente, de cuarzo y feldespatos.

Fragmentos de roca sedimentaria: están distribuidos uniformemente en un 0,651% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,198 a 0,244 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de areniscas con cuarzos redondeados a subredondeados en contacto longitudinal y con muy poca matriz, así como areniscas con mayor cantidad de matriz arcillosa y cuarzos subredondeados en contacto puntual.

Fragmentos de roca metamórfica: corresponde al 0,651% de la sección delgada y se distribuye uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a media (rango completo: 0,158 a 0,297 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan dos variedades, (i) esquisto cuarzoso: compuesto por cuarzo policristalino con bordes poligonales y foliación de micas, (ii) pizarra: formado por minerales arcillosos que presentan una ligera orientación o foliación.

Otros: conforman el 5,212% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, titanita, óxidos y opacos.

Epidota: forma el 0,977% de la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,039 a 0,237 mm), con algunas partículas que alcanzan el tamaño arena fina, calibrado

moderado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual. Están presentes las variedades clinozoisita y epidota.

Anfibol: constituye el 1,954% de la sección delgada, distribuido heterogéneamente, concentrándose principalmente en algunas laminaciones inclinadas de la roca. Sin embargo, también se pueden observar dispersos en la sección de forma aleatoria. El tamaño de grano se encuentra entre arena muy fina a media (rango completo: 0,099 a 0,297 mm), mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual. Corresponde a la variedad hornblenda. Algunos, presentan oxidación en sus bordes.

Titanita: representa trazas en la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,132 a 0,198 mm), buen calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual.

Óxidos: constituyen un 2,3% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,079 a 0,475 mm), mal calibrado, forma anhedral, no esféricos, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se encuentra disperso en toda la roca, y rodeando los bordes de algunas partículas, dando un aspecto pardo o rojizo al cemento de la roca. Aunque hay sectores en donde disminuye su intensidad. También se pueden presentar como granos de tamaño arena muy fina o como agregado de granos más finos.

Opacos: corresponden a un porcentaje traza de la muestra de roca en sección delgada, se encuentran distribuidos de forma heterogénea, concentrándose en algunas laminaciones inclinadas de la roca. Sin embargo, también se pueden observar dispersos en la sección de forma aleatoria. El tamaño de grano se encuentra entre limo medio y arena muy fina (rango completo:

0,026 a 0,099 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esféricos, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual. Algunos, presentan oxidación en sus bordes.

Aloquímicos: no se observaron aloquímicos en esta sección delgada.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 36,156% de la sección delgada, tiene una textura poikilotópica, sin macla polisintética. Se encuentra invadiendo los bordes de algunas partículas. Posee un tono rojizo debido a la cantidad de óxidos presentes.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico, cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: las partículas se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 25°, esta orientación es más evidente hacia la base de la sección delgada.

Además, se observan ciertas franjas con partículas de tamaño más fino o en ocasiones, más grueso, que las partículas a su alrededor. Estas franjas siguen la inclinación de las demás partículas o las atraviesan de forma discordante.

Microfacies (AmfL): Arenisca muy fina a fina limosa: arcosa lítica micácea, submadura, con cemento calcáreo. Mal calibrado (1,01 ϕ), granos subredondeados a subangulares, contactos

flotantes a puntuales, con 43,4% de cuarzo, 36,7% de feldespatos y 19,9% de fragmentos de roca.

Los granos se encuentran distribuidos uniformemente, a excepción de los minerales opacos, micas y anfíboles que se concentran siguiendo algunas laminaciones inclinadas. Las partículas se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 25°. Se observan algunas franjas que contienen un tamaño de grano menor y en ocasiones, mayor, al de las partículas a su alrededor. Estas franjas siguen la inclinación de las demás partículas o las atraviesan de forma discordante. No presenta aloquímicos.

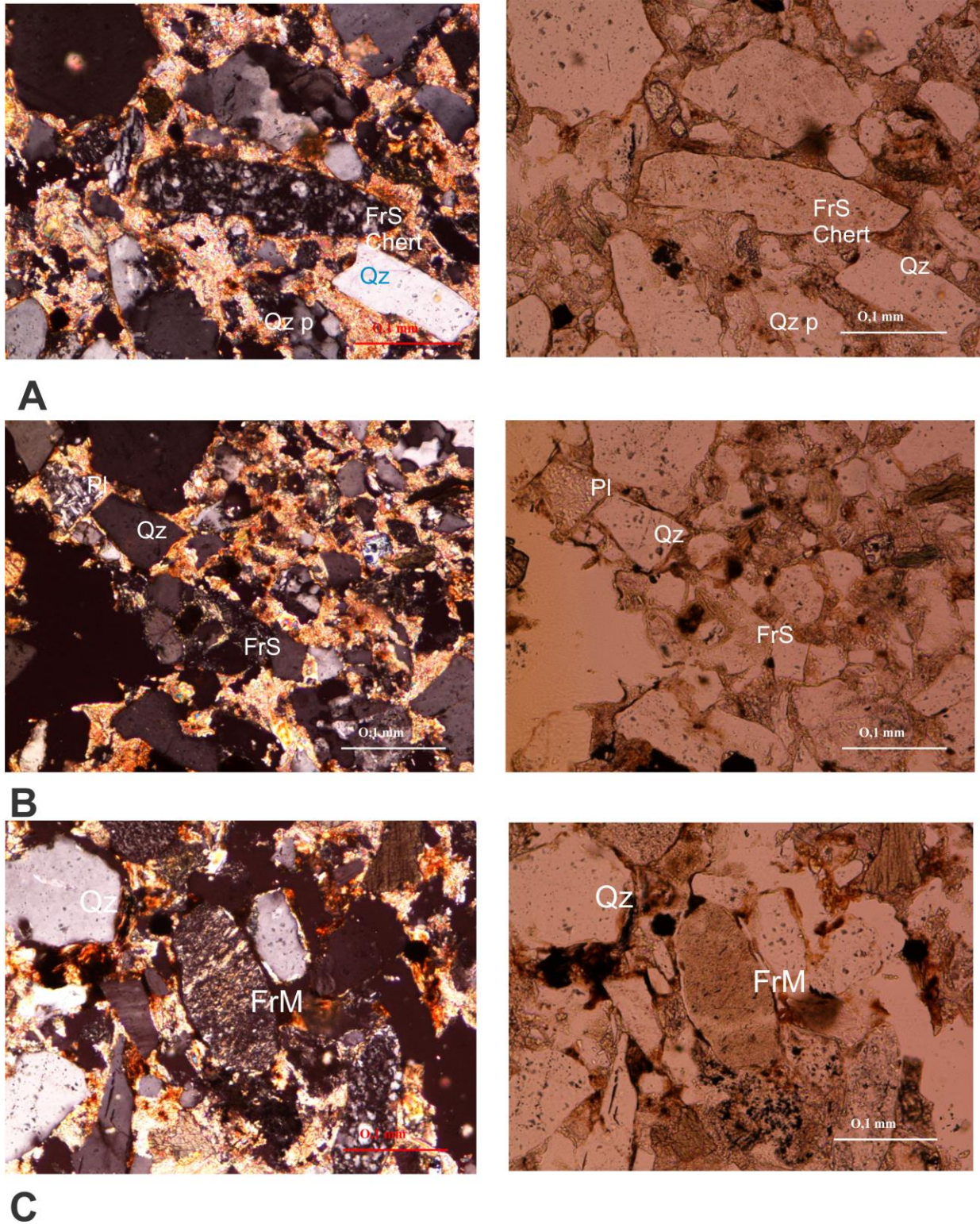


Figura 28. A: partícula de chert subangular. B: fragmento de arenisca. C: fragmento metamórfico subredondeado de una pizarra.

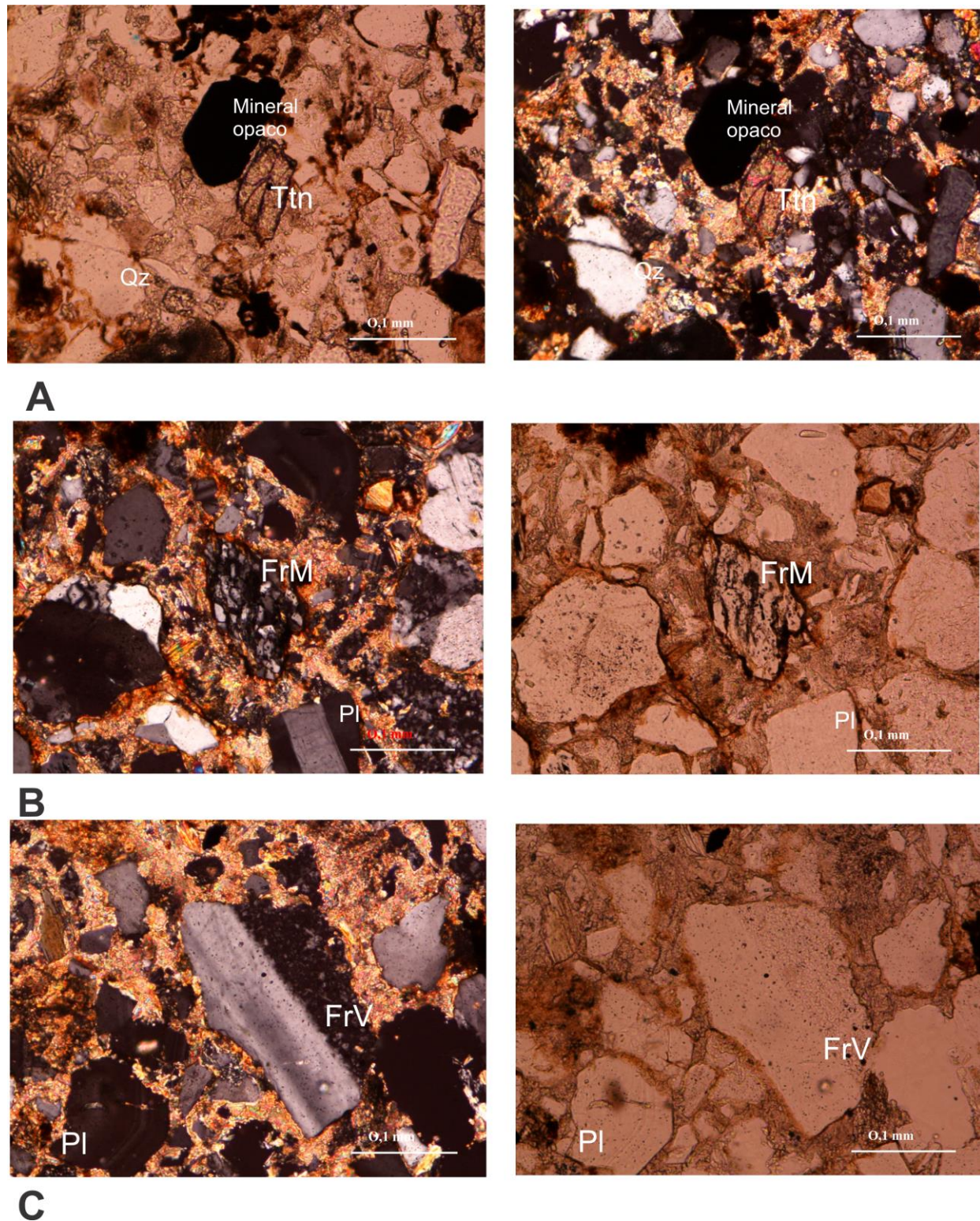


Figura 29. A: partícula anhedral de titanita. B: fragmento metamórfico de un esquistu cuarzoso. C: fragmento volcánico con fenocristal de plagioclasa en matriz microcristalina.

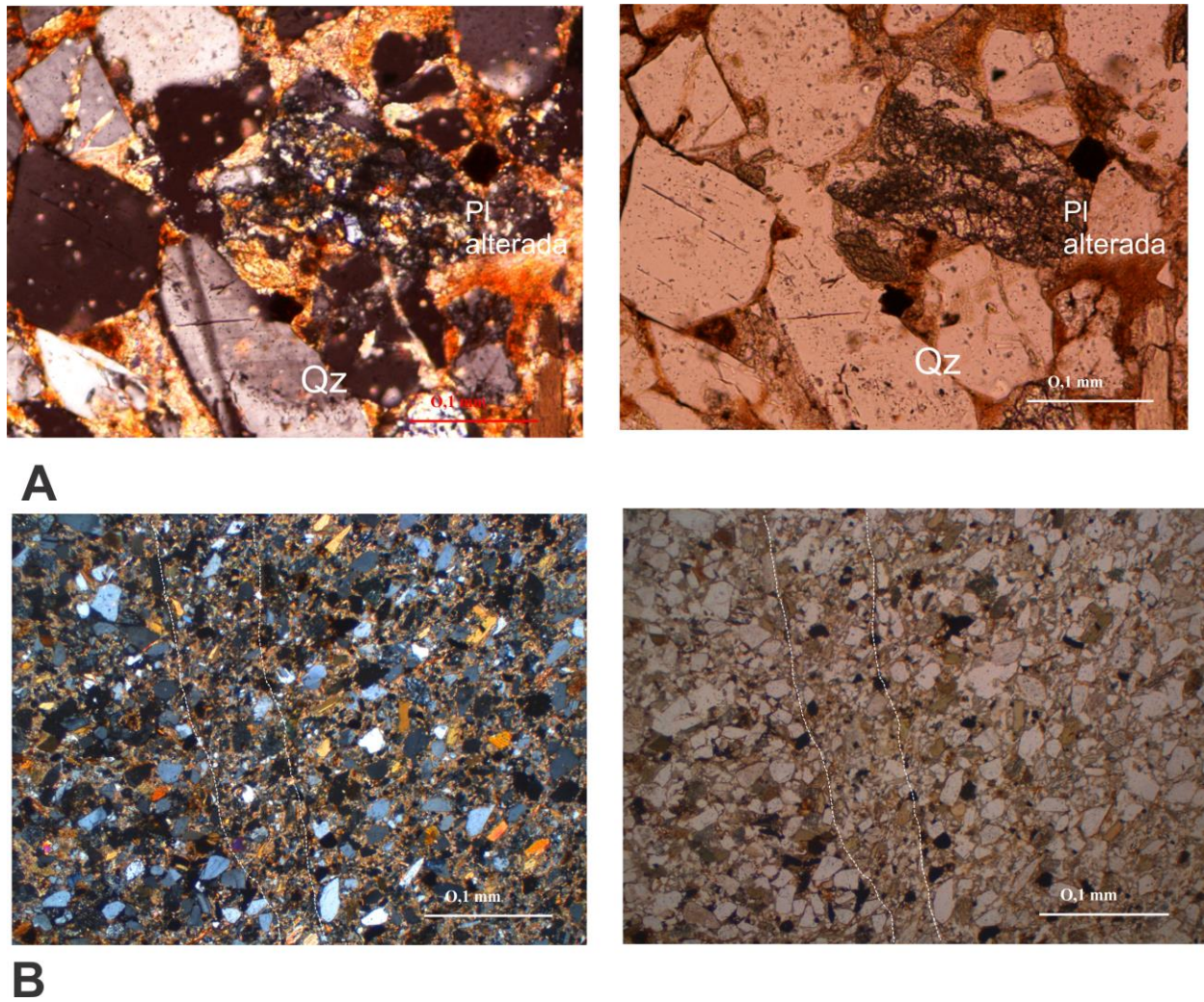


Figura 30. A: grano de plagioclase alterando a saussurita. B: franja rellena de granos de menor tamaño, posible bioperturbación.

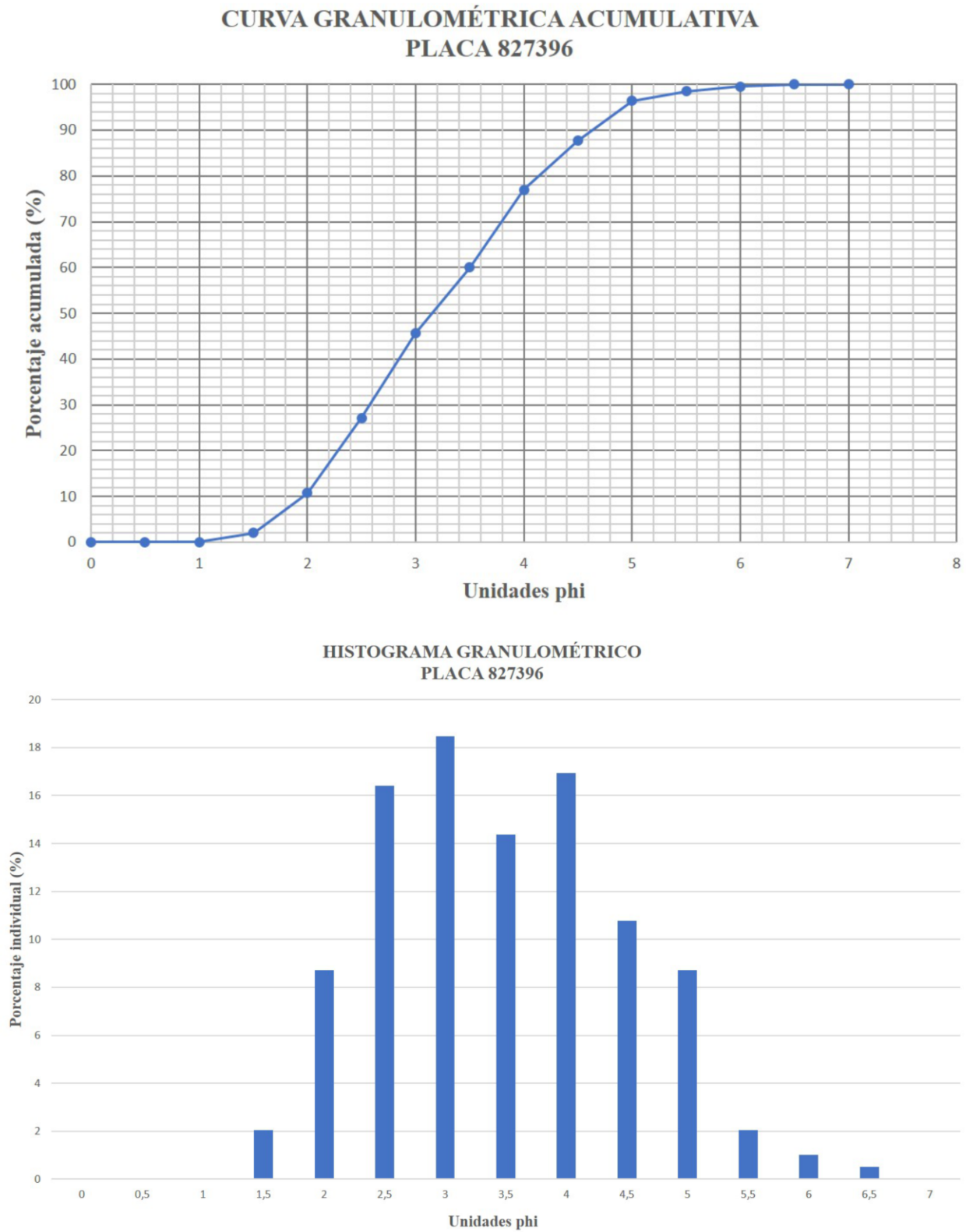


Figura 31. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.

4.6. Sección delgada: 827406

Nombre textural: bioesparita arenosa

Número de puntos contados: 327

Descripción microscópica:

4.6.1. **Breve resumen.** Bioesparita arenosa, con 28,7% de terrígenos, 40,4% de aloquímicos y 30,9% de cemento. Presenta mal calibrado, granos subredondeados a redondeados, aloquímicos en contacto longitudinal a puntual y granos terrígenos en contacto puntual a flotante. Biosoportada y empaquetamiento cerrado.

Los aloquímicos corresponden a fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos. También contiene gasterópodos, foraminíferos y algas.

Los granos terrígenos son subredondeados a redondeados, con 53,6% de cuarzo, 29% de feldespatos y 17,4% de fragmentos de roca. Sin orientación.

4.6.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 28,746%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 40,367%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 30,887%
- Grupo de roca principal: Aloquímica impura

4.6.2.1. **Fábrica.** La roca es homogénea, con aloquímicos longitudinal a puntual, y partículas terrígenas en contacto puntual a flotante, distribuidos uniformemente y sin orientación. La roca se encuentra biosoportada y el empaquetamiento es cerrado.

4.6.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena gruesa (0,3 phi)

Rango extremo (100%): arena fina (3 phi)

Rango (16-84%): guija (-2,5 phi)

Selección en términos de phi: 1,23 phi (mal seleccionado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Correlación de tamaño con composición: el tamaño grava corresponde principalmente a los aloquímicos.

Fracción grava: 24,468%

Fracción arena: 75,532%

o Arena muy gruesa: 33,511%

o Arena gruesa: 23,404%

o Arena media: 14,362%

o Arena fina: 4,255%

o Arena muy fina: 0

Fracción lodo: 0

4.6.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales

Esfericidad: las partículas son no esféricas, a excepción de la glauconita.

Redondez: los granos son subredondeados a redondeados.

4.6.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de

las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Terrígenos:

Cuarzo: corresponde al 11,315% (53,623% recalculado) de la sección delgada y se encuentra distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y arena gruesa (rango completo: 0,125 a 1,25 mm), con algunas partículas que alcanzan el tamaño de arena muy gruesa. Se distingue cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: está distribuido en un 9,480% de la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre arena muy fina y arena gruesa (rango completo: 0,125 a 1,05 mm), aunque hay granos que alcanzan el tamaño arena muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral, no esférico, redondeado a subredondeado y contacto flotante a puntual.

La mayoría presentan extinción recta, aunque algunos, poseen extinción ondulante.

Cuarzo policristalino: constituye el 1,835% de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena media y gruesa (rango completo: 0,325 a 1,25 mm), con algunos granos de tamaño arena muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral, no esférico, redondeado a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se encuentran las siguientes variedades:

(i) Cuarzo policristalino con bordes poligonales entre sus cristales. En ocasiones, se observan inclusiones de clorita vermicular.

(ii) Cuarzo policristalino con bordes suturados entre sus cristales.

(iii) Cuarzo policristalino con bordes suturados entre sus cristales y franjas recrystalizadas.

Chert: está distribuido en un 1,223% de la muestra de roca en sección delgada de manera uniforme. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena media (rango completo: 0,5 a

2,5 mm), con algunas partículas de tamaño arena fina y gránulo, presenta muy mal calibrado, no esférico, redondeado a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Presentan diversas fracturas rellenas de cuarzo, algunas cortándose entre sí. También es posible observar algunas partículas de chert con pequeños círculos en su interior, los cuales se encuentran recrystalizados con chert de un tamaño de grano ligeramente mayor, conocidos en inglés como “circular ghosts”, los cuales son asociados a espículas de esponjas (Ulmer-Scholle et al; 2015).

Feldespatos: representa el 3,976% (28,986% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada, con tamaño de grano entre arena media y gruesa (rango completo: 0,325 a 0,875 mm), con algunas partículas de tamaño arena fina, presenta calibrado moderado y distribución uniforme. Pueden observarse las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: constituye un 0,612% de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a gruesa (rango completo: 0,132 a 0,875 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subredondeado y contacto flotante a puntual. En su mayoría, se encuentra fresco, aunque algunos granos presentan una ligera alteración a caolinita. Presentan macla de Tartán o textura peritética en venas.

Plagioclasa: representa un 3,364% de la sección delgada, distribuida uniformemente. El tamaño de grano se encuentra en el rango entre arena media y gruesa (rango completo: 0,25 a 0,875 mm), aunque algunas partículas solo alcanzan el tamaño arena fina, calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, bordes subredondeados y contacto flotante a puntual.

La mayoría de plagioclasas se encuentran frescas, aunque hay una cantidad considerable de plagioclasas alterando a sericita, epidota o saussurita.

Se distinguen plagioclasas con su característica macla polisintética, algunas con zonación oscilatoria y otras, presentan deformación.

Mica: está distribuida uniformemente en un porcentaje traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y media (rango completo: 0,112 a 0,264 mm), presenta calibrado moderado, forma subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual.

Dentro de este grupo de minerales, se pueden diferenciar la moscovita y la biotita, algunas de ellas se encuentran ligeramente cloritizadas y otras oxidadas. La moscovita puede observarse con inclusión de opacos orientados, que le otorgan un aspecto foliado.

Fragmentos de roca: forman el 5,810% (17,391% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina a muy gruesa (rango completo: 0,132 a 3,38 mm), con algunas partículas que llegan a alcanzar el tamaño gránulo, presentan mal calibrado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos de roca volcánica, sedimentaria, metamórfica y plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentran distribuidos uniformemente en un 1,223% de la sección delgada. Presentan un tamaño de grano entre arena media a muy gruesa, con algunos fragmentos de tamaño arena fina (rango completo: 0,132 a 1,75 mm), mal calibrado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos volcánicos de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasas prismáticas largas, euhedrales a subhedrales, en una matriz microcristalina.

Fragmentos de roca plutónica: representa el 2,141% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena media a muy gruesa (rango completo: 0,151 a 1,75 mm), con algunos granos de tamaño arena fina y gránulo, mal calibrado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen las siguientes variedades:

(i) Fragmentos de roca plutónica, compuestos por cuarzo y plagioclasa. En ocasiones, la plagioclasa se encuentra alterando a sericita o epidota. Algunos fragmentos presentan granos de minerales opacos.

(ii) Fragmentos de roca plutónica compuestos por cuarzo, microclina y plagioclasa en contacto irregular. La plagioclasa se encuentra alterando a sericita.

Fragmentos de roca sedimentaria: constituye el 0,306% (1,529% añadiendo los fragmentos de chert) de la sección delgada y se encuentran distribuidos de manera uniforme. El tamaño de grano varía entre arena media a muy gruesa (rango completo: 0,297 a 1,5 mm), subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen areniscas con granos de cuarzos subangulares a subredondeados, algunos siendo rodeados por óxidos en sus bordes y micas, en una matriz arcillosa.

Fragmentos de roca metamórfica: representa el 0,917% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina a media (rango completo: 0,198 a 0,363 mm), calibrado moderado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se presentan fragmentos de roca metamórfica de tipo esquistos cuarzosos, los cuales están constituidos por cuarzo policristalino con bordes poligonales o recrystalizados, que presentan foliación de micas y opacos.

Otros: conforman el 7,645% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, glauconita y óxidos.

Epidota: representa un porcentaje traza de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuido de manera uniforme. El tamaño de grano varía entre arena fina a media (rango completo: 0,198 a 0,264 mm), calibrado moderado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual.

Glauconita: constituye el 3,364% de la sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y media (rango completo: 0,132 a 1,5 mm), pero hay granos de tamaño arena muy fina, gruesa, muy gruesa y gránulo, presentan mal calibrado, forma anhedral, esféricas y no esféricas, redondeada y contacto flotante a puntual.

Se encuentra como granos individuales, frescos o ligeramente oxidados, y rellenando cavidades de los fósiles.

Anfibol: está distribuido de manera uniforme en porcentajes traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,132 a 0,231 mm), presenta buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual. Corresponde a la variedad hornblenda.

Óxidos: se encuentran dispersos de forma heterogénea en la sección delgada y rodeando los bordes de las partículas. La mayoría de partículas y aloquínicos están rodeados por granos de óxidos que tienen un tamaño de limo medio. Hay sectores de la sección delgada, donde se acumula una mayor cantidad de óxidos.

Aloquímicos: están distribuidos uniformemente en un 40,4% de la roca en sección delgada, corresponde a fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, miden entre arena gruesa y guija, algunos presentan bioerosión rellena de calcita, glauconita y partículas terrígenas como cuarzo, plagioclasa o epidota.

En menor proporción, se observan gasterópodos, foraminíferos y algas.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 30,887% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico equidimensional, con cristales de tamaño entre arena muy fina y fina, sin macla polisintética. Corroe los bordes de algunas partículas y en ocasiones, las reviste de una fina capa de calcita afanocristalina

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas. Parece que la mayoría están frescas

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: No se destacan estructuras para esta sección delgada. Los granos y aloquímicos se encuentran dispuestos de forma aleatoria.

Microfacies (Ba1): bioesparita arenosa, con 28,7% de terrígenos, 40,4% de aloquímicos y 30,9% de cemento. Mal calibrado, granos subredondeados a redondeados, partículas terrígenas en contacto puntual a flotante y aloquímicos en contacto longitudinal a puntual. Biosoportada y con empaquetamiento cerrado.

Presenta fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, algunos con bioerosión. En menor proporción, contiene gasterópodos, foraminíferos y algas. La mayoría presenta una fina capa de óxidos en sus bordes.

Los granos terrígenos son subredondeados a redondeados, con 53,6% de cuarzo, 29% de feldespatos y 17,4% de fragmentos de roca. Sin orientación.

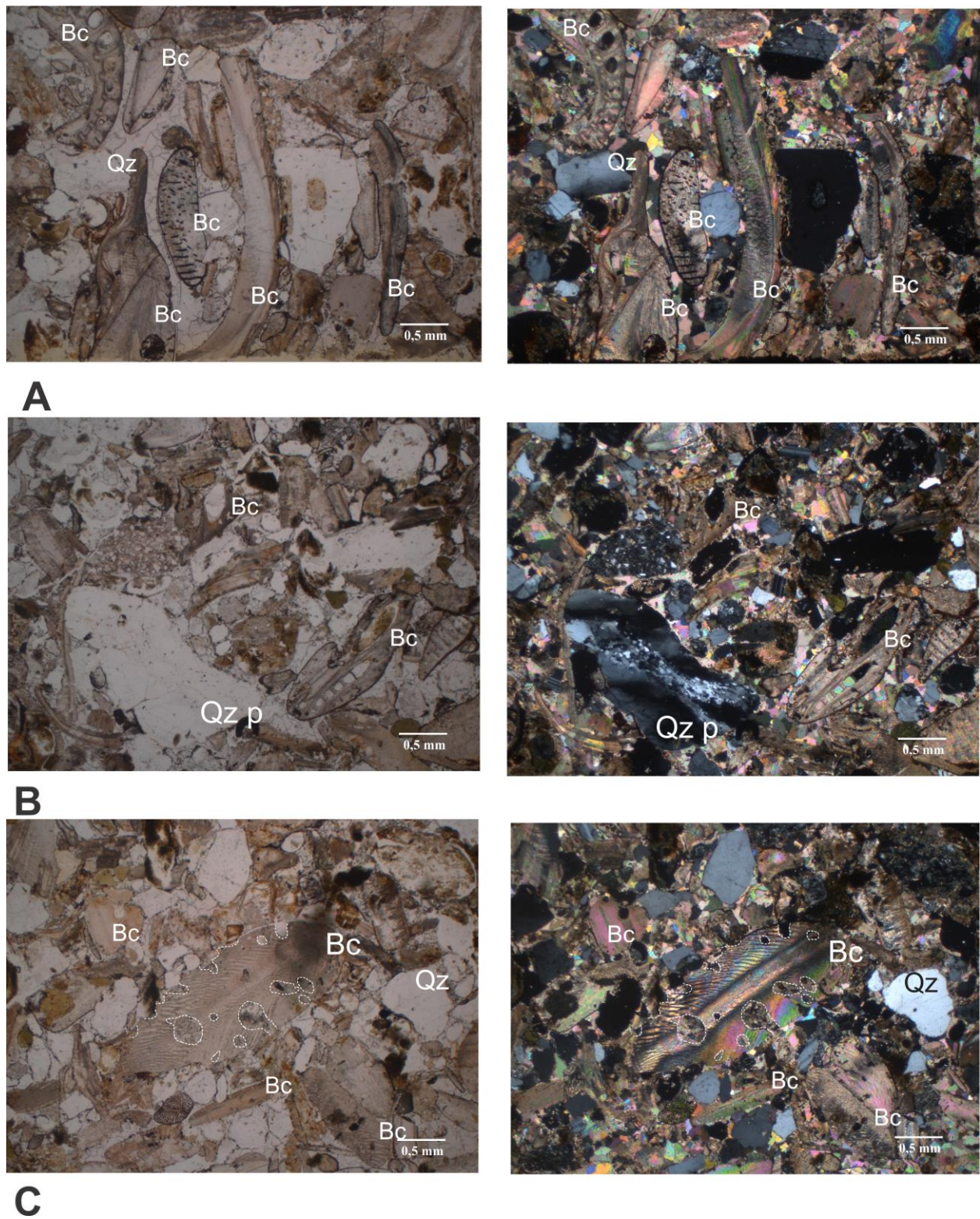
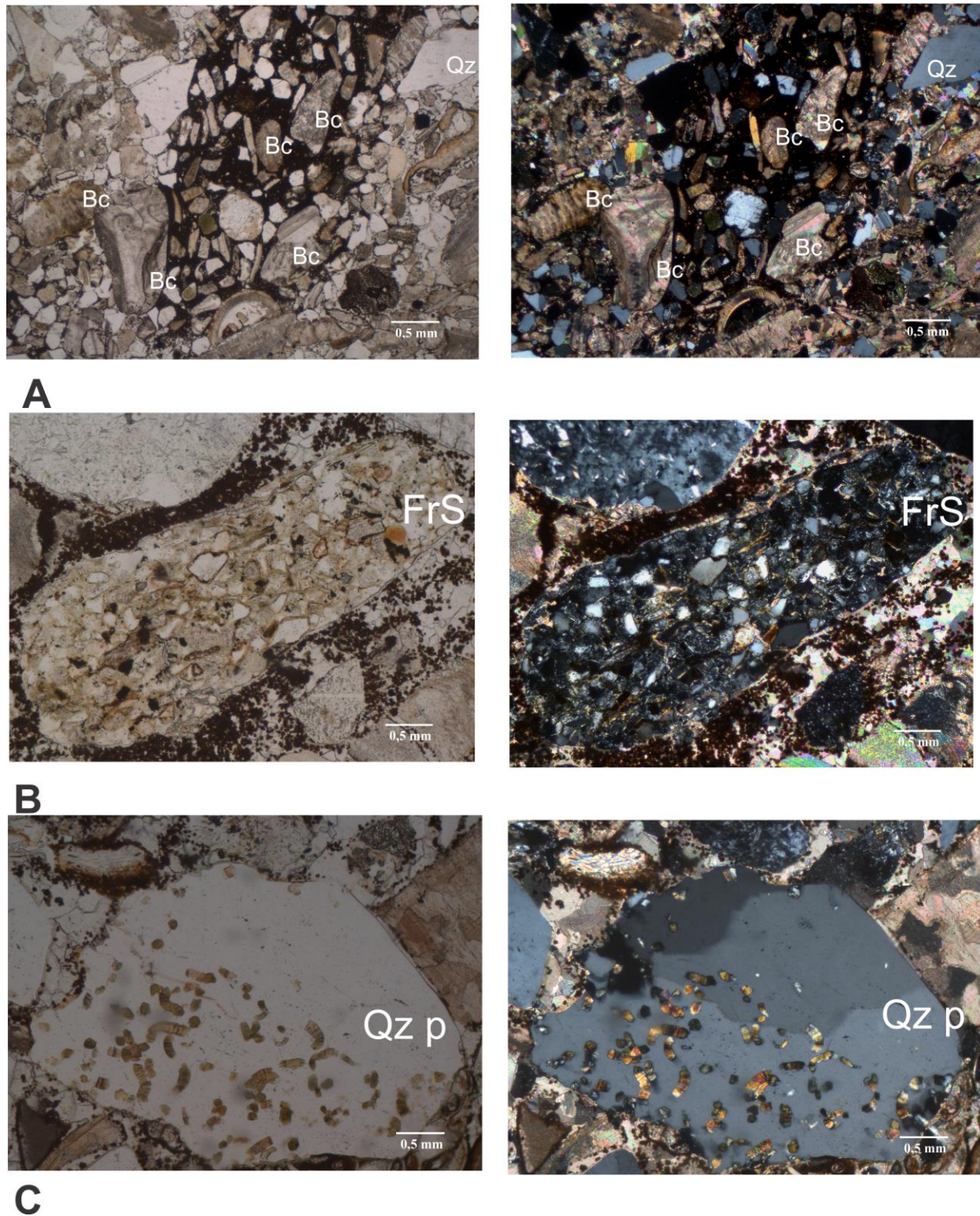


Figura 32. A: fragmentos de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos. B: fragmentos de conchas gruesas y delgadas, cuarzo policristalino con extinción ondulante y una franja recrystalizada (abajo) y fragmento de arenisca (arriba). Bc: bioclasto.



C
 Figura 33. A: en la zona central de la imagen se observa una franja con acumulación de óxidos. B: fragmento redondeado de una arenisca. C: cuarzo policristalino con clorita vermicular. Bc: bioclasto.

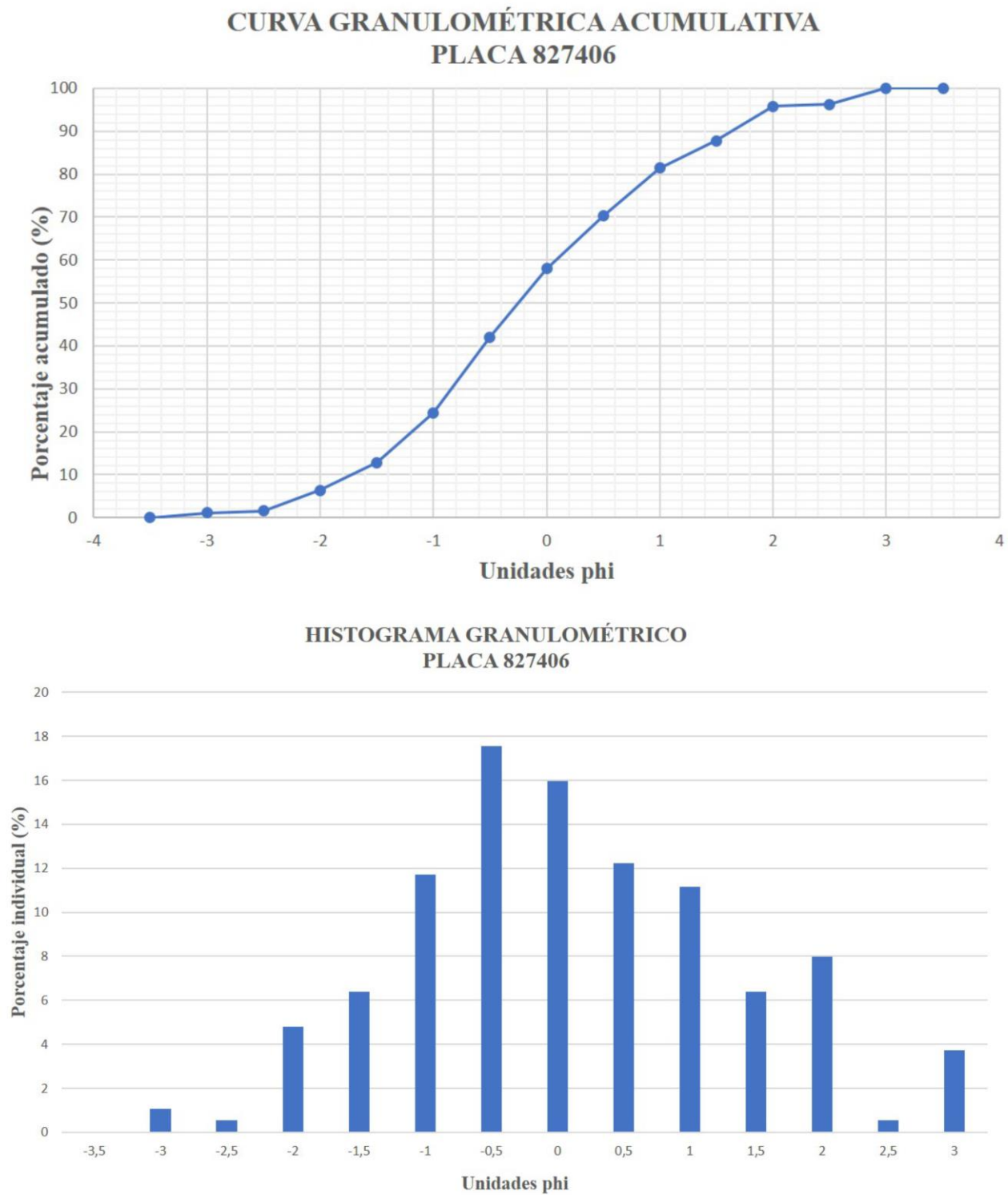


Figura 34. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico.

4.7. Sección delgada: 827407

Nombre textural: bioesparita arenosa

Número de puntos contados: 315

Descripción microscópica:

4.7.1. Breve resumen: Bioesparita arenosa, con 37,143% de aloquímicos; 39,048% de material terrígeno y 23,810% de cemento calcáreo. Presenta un mal calibrado con granos aloquímicos en contacto longitudinal a puntual y partículas terrígenas en contacto puntual a flotante.

Los aloquímicos presentan un tamaño de grano entre arena gruesa y gránulo, corresponden a fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, gasterópodos, foraminíferos y algas.

Los granos terrígenos son subredondeados a redondeados, con 43,2% cuarzo, 55,2% feldespatos y 1,6% de fragmentos de roca. Algunas partículas tienen los bordes corroídos por el cemento calcáreo, rodeados por óxidos o por calcita subhedral con cristales finos a medios

4.7.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 39, 048%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 37,143%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 23,810%
- Grupo de roca principal: Aloquímica impura

4.7.2.1. Fábrica: La roca es homogénea, con aloquímicos en contacto longitudinal a puntual, y partículas terrígenas en contacto puntual a flotante, distribuidos uniformemente y sin orientación. Los óxidos se encuentran formando una franja de 13,2 mm en el área inferior de la sección delgada, proporcionando un tono rojizo al cemento calcáreo de la roca. En la zona central y superior de la sección delgada no se observan óxidos. La roca se encuentra biosoportada y el empaquetamiento es cerrado.

4.7.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena gruesa (0,1 phi)

Rango extremo (100%): arena fina (2,5 phi)

Rango (16-84%): guija (-2,6 phi)

Selección en términos de phi: mal seleccionada (1,3 phi)

Unimodal o bimodal: unimodal

Correlación de tamaño con composición: la fracción de tamaño grava en la roca corresponde principalmente a los aloquímicos, ya que los granos terrígenos poseen un tamaño entre arena fina a muy gruesa.

Fracción grava: 21,818%

Fracción arena: 78,182%

o Arena muy gruesa: 25,455%

o Arena gruesa: 30,909%

o Arena media: 20%

o Arena fina: 1,818%

o Arena muy fina: 0%

Fracción lodo: 0%

4.7.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos, a excepción de la glauconita.

Redondez: partículas subredondeadas a redondeadas.

4.7.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Terrígenos:

Cuarzo: está distribuido uniformemente en un 10,159% (42,667% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y arena gruesa (rango completo: 0,175 a 1,75 mm), con algunas partículas que alcanzan la arena muy gruesa. Se presenta como cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: representa un 8,571% de la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena media y arena gruesa (rango completo: 0,175 a 1,75 mm), con algunos granos de arena fina y arena muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral, no esférico, redondeado a subredondeado y contacto puntual a flotante.

Se observan partículas de cuarzo con extinción recta, extinción ondulante, lámelas de Boehm, bandas de deformación y otros con vacuolas dispuestas aleatoriamente o formando líneas dentro de la partícula.

Cuarzo policristalino: constituye un 1,587% de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano se encuentra principalmente entre arena fina y arena media (rango completo: 0,165 a 1,25 mm), aunque hay granos que alcanzan el tamaño arena gruesa y

muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral, no esférico, redondeado a subredondeado y contacto puntual a flotante.

Algunos granos presentan bordes suturados y en otros se observan bordes poligonales entre los cristales

Chert: está distribuido de manera uniforme en un 0,317% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena media (rango completo: 0,231 a 1,196 mm), con algunos granos de arena fina, gruesa y muy gruesa, mal calibrado, no esférico, redondeado y contacto puntual a flotante.

Feldespato: representa el 4,127% (33,333% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre arena media y arena muy gruesa (rango completo: 0,217 a 1,625 mm), con algunas partículas de tamaño arena fina y mal calibrado. A continuación se describen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: constituye el 1,270% de la sección delgada y está distribuido de manera uniforme. Con tamaño de grano entre arena fina a media (rango completo: 0,217 a 0,268 mm), calibrado moderado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subredondeado a subangular y contacto puntual a flotante.

Se observaron granos frescos y otros ligeramente alterados a caolinita. Algunos presentan macla de la microclina y otros, textura pertítica en venas y en parches.

Plagioclasa: representa un 2,857% de la sección delgada, distribuida uniformemente. El tamaño de grano se encuentra en el rango entre arena media y muy gruesa, aunque algunas partículas solo alcanzan el tamaño arena fina (rango completo: 0,25 a 1,625 mm), mal calibrado,

forma anhedral a subhedral, no esférica, subredondeada a subangular y contacto puntual a flotante.

Se encontraron partículas con zonación oscilatoria, macla simple y macla polisintética. La mayoría se encuentran frescas, pero hay algunas alterando a sericita o epidota.

Mica: está distribuida uniformemente en un porcentaje traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y media (rango completo: 0,178 a 0,462 mm), presenta calibrado moderado, forma anhedral, no esférica, subredondeada y contacto puntual a flotante.

Se observa moscovita y biotita, con foliación, deformadas o con inclusión de minerales opacos orientados.

Fragmentos de roca: forman el 9,524% (24% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena fina a muy gruesa, con algunas partículas de arena muy fina y guijas (rango completo: 0,198 a 9,125 mm), presentan mal calibrado, subredondados a redondeados y contacto puntual a flotante.

Se observan fragmentos de roca volcánica, sedimentaria, metamórfica y plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentran distribuidos en un 3,175% de la sección delgada, distribuidos de manera uniforme. Presentan un tamaño de grano que corresponde principalmente a arena media, con algunos fragmentos de tamaño arena fina, gruesa y muy gruesa (rango completo: 0,2 a 1,25 mm), mal calibrado, subredondeados y contacto puntual a flotante. Se encontraron tres variedades, (i) fragmentos de textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas tabulares y/o prismáticas largas, algunas con zonación oscilatoria, en una matriz afanítica, (ii) fragmentos de textura microcristalina, algunos con esferulitas (iii) fragmentos de textura porfirítica, con pequeños fenocristales de micas en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representa el 3,810% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena gruesa, con algunos granos de tamaño arena media y muy gruesa (rango completo: 0,625 a 1,875 mm), mal calibrado, redondeados a subredondeados y contacto puntual a flotante.

Se observaron fragmentos compuestos por (i) plagioclasa y cuarzo, en ocasiones presentan vacuolas y cuarzo con textura mirmequítica (ii) cuarzo policristalino con bordes ligeramente suturados entre sus cristales y feldespato con vacuolas, (iii) plagioclasa con microclina en contacto irregular. Además, se presenta exsolución de plagioclasa alrededor de todo el fragmento.

Fragmentos de roca sedimentaria: constituye el 1,905% (2,22% añadiendo los fragmentos de chert) de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena media a muy gruesa (rango completo: 0,343 a 9,125 mm), mal calibrado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Se encontraron tres variedades:

- (i) Fragmentos arcillosos muy oxidados
- (ii) Areniscas con granos de cuarzoes subredondeados a subangulares y plagioclasas subangulares, en contacto longitudinal o puntual, en ocasiones tienen sus bordes rodeados de óxidos.
- (iii) Fragmentos de caliza fosilífera.

Fragmentos de roca metamórfica: representa el 0,317% de la sección delgada, distribuidos uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y arena media, con algunas partículas de arena muy gruesa (rango completo: 0,118 a 1 mm), mal calibrado, subredondeados a redondeados y contacto puntual a flotante.

Entre las variedades observadas, se destacan:

- (i) Esquistos cuarzosos: cuarzo policristalino con extinción recta, bordes poligonales entre sus cristales y foliación de micas. En ocasiones el cuarzo presenta recristalización.
- (ii) Pizarras: fragmentos de minerales arcillosos que muestran una ligera orientación.

Otros: conforman el 15,238% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, glauconita, óxidos y opacos.

Epidota: conforma el 0,317% de la muestra de roca en sección delgada y se encuentra distribuida uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,066 a 0,132 mm), buen calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subredondeada a subangular y contacto puntual a flotante.

Glauconita: constituye el 1,587% de la sección delgada, distribuida uniformemente. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena fina a media, con algunos granos de tamaño arena muy fina, gruesa y muy gruesa media (rango completo: 0,112 a 1mm), presenta mal calibrado, forma anhedral, esféricas y no esféricas, redondeadas y contacto puntual a flotante.

Se observaron granos de glauconitas individuales y dentro de cavidades naturales o formadas por bioerosión en los fósiles. Algunos granos están frescos y otros se encuentran ligeramente oxidados.

Anfibol: está distribuido uniformemente en un 0,317% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina (rango completo: 0,105 a 0,396 mm), presenta calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto puntual a flotante. Corresponde a la variedad hornblenda.

En ocasiones se encuentran fracturados y casi completamente corroídos por el cemento de calcita. Se observó un anfíbol con bordes subredondeados y macla simple.

Óxidos: representan el 13,016% de la muestra de roca en sección delgada, distribuidos de forma heterogénea. Están distribuidos en el área inferior de la sección delgada, proporcionando un color rojizo al cemento en esta zona. Presenta un tamaño entre limo fino y medio, redondeados a subredondeados, forma anhedral, esféricos y no esféricos, algunos se encuentran rodeando los bordes de las partículas.

En la parte superior de la sección delgada no se presentan óxidos y el cemento se observa incoloro en nícoles paralelos.

Opacos: se encuentran en un porcentaje traza dentro de la sección delgada, con forma anhedral, subredondeada y contacto flotante a puntual. El tamaño de grano corresponde a arena fina y presentan buen calibrado.

Aloquímicos: constituye el 37,1% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Corresponden, principalmente, a fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, con un tamaño entre arena muy gruesa y guija.

También se presentan, en menor proporción, gasterópodos de tamaño arena media, en ocasiones presentan las cámaras rellenas de calcita, con partículas terrígenas o foraminíferos de tamaño limo grueso dentro de ellas; algas de tamaño arena media y foraminíferos de tamaño arena media a gruesa.

Algunos aloquímicos presentan una fina capa de óxidos alrededor de sus bordes.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita y epidota.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 23,810% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico, con cristales subhedrales a anhedrales de tamaño entre arena muy fina a gruesa, algunos cristales presentan macla polisintética, tienen forma anedral a subhedral y se encuentra invadiendo los bordes de algunas partículas, o revistiéndolos de una capa de cristales con tamaños entre limo medio y arena fina.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

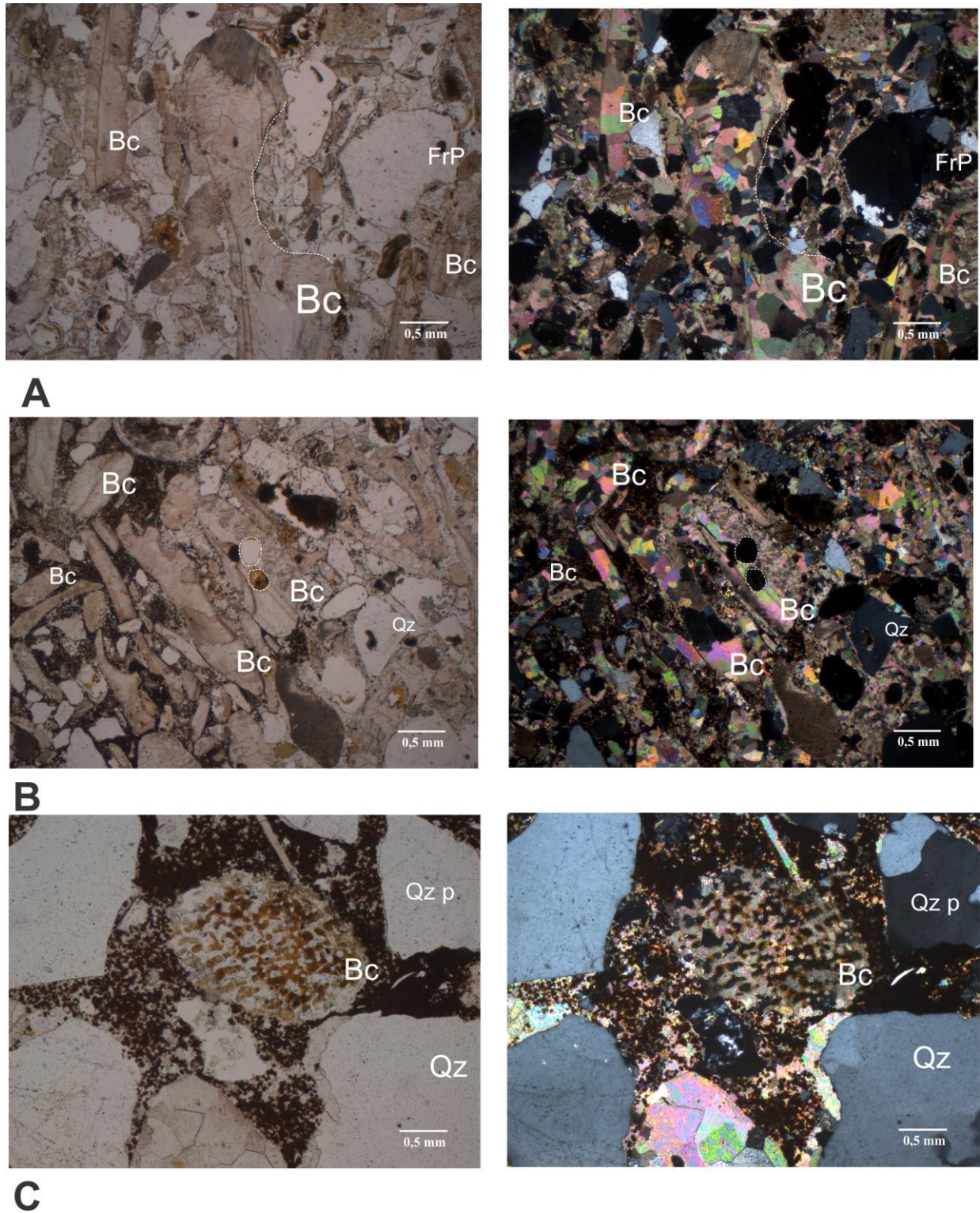
Estructuras: No se observan estructuras en esta sección delgada. Las partículas terrígenas y los aloquímicos se encuentran dispuestos de forma aleatoria.

Microfacies (Ba2): Arenisca gruesa fosilífera conglomerática, con 37,143% de aloquímicos, 39,048% de material terrígeno y 23,810% de cemento calcáreo. Presenta un mal calibrado con granos aloquímicos en contacto longitudinal a puntual y partículas terrígenas en contacto puntual a flotante. Biosoportada y con empaquetamiento cerrado.

Presenta aloquímicos de tamaño arena gruesa y gránulo, comprenden fragmentos redondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, gasterópodos, foraminíferos y algas.

Los granos terrígenos son redondeados a subredondeados, con 43,2% cuarzo, 55,2% feldespatos y 1,6% de fragmentos de roca. Algunas partículas están rodeadas por óxidos o por calcita subhedral con cristales finos a medios.

Hacia la base de la lámina de roca, se observa una franja de 13 mm compuesta por óxidos de tamaño limo grueso que se encuentran dentro del cemento, proporcionando un tono rojizo a éste.



C
 Figura 35. A: fragmento de una concha gruesa con bioerosión. B: fragmentos de conchas gruesas y delgadas recrystalizadas a calcita. C: fragmento redondeado que corresponde posiblemente a un alga roja. Bc: bioclasto.

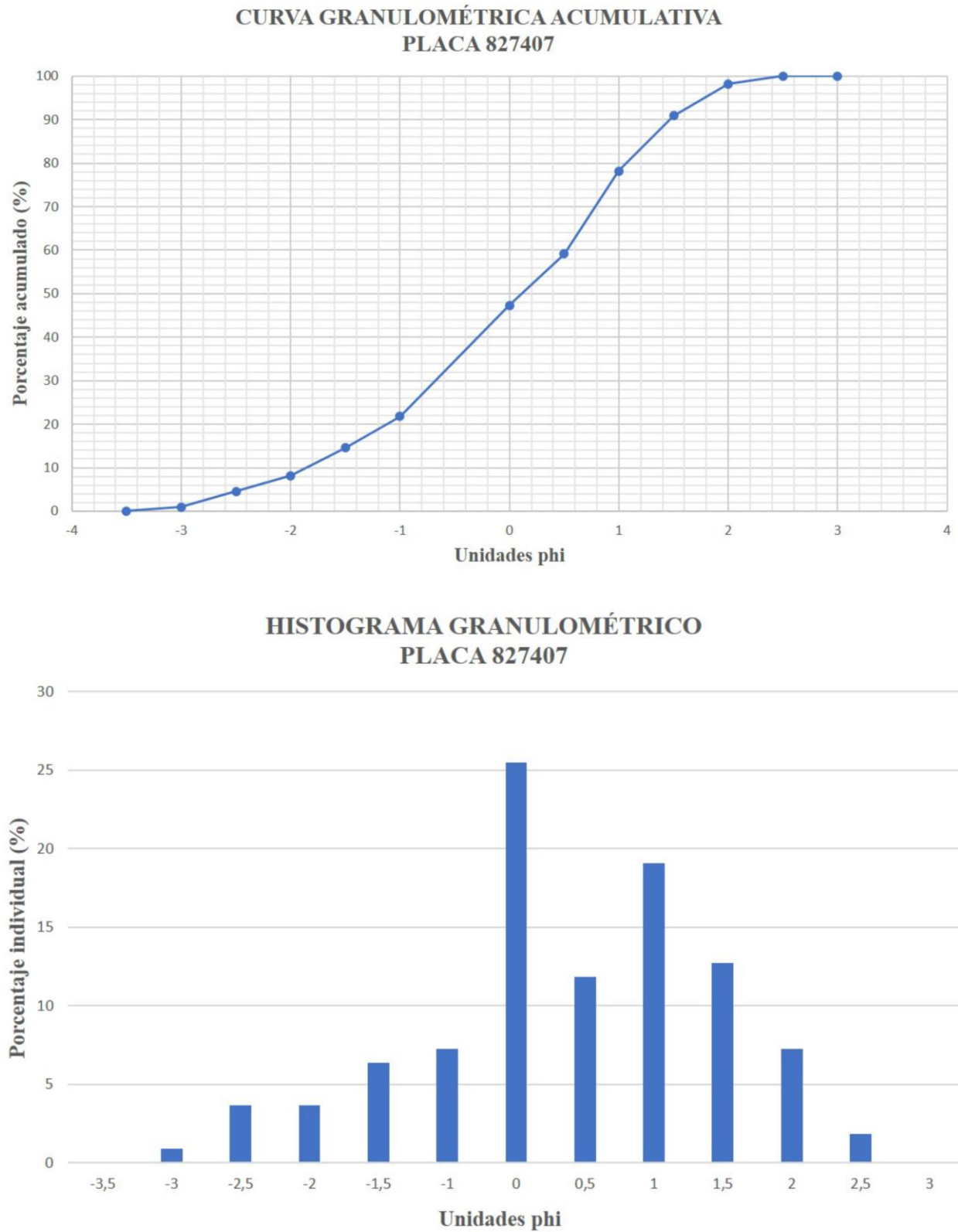


Figura 36. Gráfica de la curva granulométrica acumulativa y el histograma granulométrico

4.8. Sección delgada: ANM-048P-a 5064086

Nombre textural: bioesparita arenosa

Número de puntos contados: 300

Descripción microscópica:

4.8.1. Breve resumen. Bioesparita arenosa, con 23% de aloquímicos, 30,7% de material terrígeno y 46,3% de cemento calcáreo tipo espar. Muy mal calibrado (2,13 phi).

Los aloquímicos presentan un tamaño entre arena muy gruesa y guija, corresponden a fragmentos subredondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos rodeados por una fina capa de óxidos. Presentan contactos flotantes a puntuales.

El material terrígeno se compone de partículas subangulares a subredondeadas, con 56,34% de cuarzo, 21,13% de feldspatos y 22,54% de fragmentos de roca en contacto flotante a puntual. Algunas partículas tienen los bordes corroídos por el cemento calcáreo, rodeados por finas capas de óxidos o de calcita cristalina fina.

4.8.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 30,667%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 23%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 46,333%
- Grupo de roca principal: aloquímica impura

4.8.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente y sin orientación. Se observan algunas zonas irregulares rellenas de espar de tamaño mucho menor al de los cristales del cemento a su alrededor. Presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.8.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena muy fina (3,6 phi)

Rango extremo (100%): limo medio

Rango (16-84%): guija (-4,3)

Selección en términos de phi: muy mal seleccionado (2,13)

Unimodal o bimodal: bimodal. Presenta dos poblaciones, la más abundante es arena muy fina (48,7%) que corresponde a las partículas terrígenas, y la menos abundante es el tamaño gránulo (5,1%), que corresponde a los aloquímicos de la roca.

Fracción grava: 12,821%

Fracción arena: 58,974%

o Arena muy gruesa: 3,419%

o Arena gruesa: 1,709%

o Arena media: 1,709%

o Arena fina: 3,419%

o Arena muy fina: 48,718%

Fracción lodo: 28,205%

4.8.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos, a excepción de la glauconita, la cual presenta granos esféricos y otros no esféricos.

Redondez: las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.8.3. Composición. A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: se encuentra distribuido en un 13,289% (55,556% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,033 a 0,132 mm), con algunas partículas de tamaño limo medio y arena fina. Se observa cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: está distribuido en un 12,957% de la muestra de roca en sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano se encuentra entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,033 a 0,132 mm), con algunas partículas de limo medio y arena fina, calibrado moderado, forma anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se observan partículas de cuarzo con extinción recta y en menor proporción, con extinción ondulada. Presentan pocas vacuolas

Cuarzo policristalino: representa un 0,332% de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina (rango completo: 0,079 a 0,125 mm), buen calibrado, forma anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Algunos presentan bordes poligonales entre sus cristales y otros poseen bordes suturados.

Feldespatos: representa el 3,654% (20,883% recalculado, sumando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre limo grueso y

arena fina (rango completo: 0,05 a 0,125mm) con calibrado moderado y distribución uniforme.

A continuación se describen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: representa un 0,664% de la sección delgada, con un tamaño de grano entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,046 a 0,112 mm), subhedral, no esférico, subangular y contacto flotante a puntual.

La mayoría se encuentran frescos, pero algunos presentan una ligera alteración a caolinita. Se observan granos con macla de Tartán y otros con textura peritética en venas.

Plagioclasa: corresponde a un 2,990% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,125 a 0,187mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Se encuentran frescas o alterando a sericita y a epidota. La mayoría presenta macla polisintética.

Mica: representa un porcentaje traza dentro de la sección delgada y se encuentra distribuida uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,125 a 0,187mm), buen calibrado, forma subhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Se observan partículas de moscovita y de biotita, que se encuentran frescas y oxidadas.

Fragmentos de roca: está distribuido uniformemente en un 6,977% (23,611% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada. El tamaño de grano varía principalmente entre limo grueso y arena fina, con algunas partículas de tamaño arena gruesa (rango completo: 0,046 a 0,718 mm), presentan calibrado moderado, subangulares a subredondados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de roca volcánica, plutónica, sedimentaria y metamórfica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentra distribuido en un 2,990% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena muy fina a fina, con algunos fragmentos de tamaño arena gruesa (rango completo: 0,093 a 0,627 mm), mal calibrado, bordes subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se distinguen dos variedades: (i) fragmento volcánico porfirítico con matriz microcristalina (ii) fragmento volcánico porfirítico con fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representa un 1,329% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina, con algunos fragmentos de tamaño arena gruesa (rango completo: 0,046 a 0,718 mm), mal calibrado, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos compuestos por cuarzo y plagioclasa, algunos presentan vacuolas.

Fragmentos de roca sedimentaria: está presente en un 0,667% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena media (rango completo: 0,052 a 0,198 mm), mal calibrado, subredondeado y contacto flotante a puntual. Se observaron únicamente fragmentos de arcillolitas.

Fragmentos de roca metamórfica: se encuentra distribuido en un 0,667% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra entre arena muy fina a fina, (rango completo: 0,093 a 0,187 mm), buen calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se distinguen las siguientes variedades:

- (i) Fragmentos de pizarras con ligera foliación.
- (ii) Fragmentos de esquistos cuarzosos, compuestos por cuarzo policristalino y foliación de minerales opacos y micas.

Otros: conforman el 7% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, glauconita, óxidos, titanita, opacos y circón.

Epidota: conforma el 2,333% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,062 a 0,106 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual. Se encuentra en su variedad de clinozoisita y epidota.

Glauconita: representa el 1,333% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,066 a 0,225 mm), calibrado moderado, forma anhedral, redondeada, algunos granos son esféricos y otros no esféricos, con contacto flotante a puntual.

Es posible observar granos frescos, ligeramente oxidados y otros muy oxidados.

Anfibol: corresponde a la variedad hornblenda, constituye el 2,333% de la sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena fina (rango completo: 0,05 a 0,137 mm), calibrado moderado, forma subhedral, no esférico, subangular y contacto flotante a puntual. La mayoría están frescos, pero es posible observar algunos oxidados.

Titanita: representa un porcentaje traza dentro de la sección delgada y se encuentra distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,093 a 0,125 mm), buen calibrado, forma anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Óxidos: corresponde al 0,667% de la sección delgada, forman granos subredondeados a redondeados, de tamaño entre limo grueso y arena muy fina (rango completo: 0,093 a 0,162 mm), con buen calibrado y contacto flotante a puntual.

También se encuentran rodeando los bordes de algunas partículas y a la mayoría de aloquímicos. Estos últimos presentan una fina capa de óxidos, a la que le sigue un

sobrecrecimiento de calcita y finaliza con otra capa de óxidos más irregular, que no rodea por completo los bordes del aloquímico.

Opacos: representa el 0,333% de la sección delgada, con un tamaño de grano correspondiente a limo grueso (rango completo: 0,047 a 0,097 mm), muy buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Circón: constituye trazas dentro de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a limo grueso, forma subhedral, no esférico, bordes subredondeados y contacto flotante.

Aloquímicos: están distribuidos uniformemente en un 23% de la lámina de roca, presentan un tamaño entre arena muy gruesa y guija, corresponden a fragmentos subredondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos rodeados por una fina capa de óxidos. Presentan contactos flotantes a puntuales.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita y epidota.

Calcita: constituye el cemento de la roca y representa el 46,333% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico, con cristales de tamaño cristalino grueso, algunos presentan macla polisintética, forma anhedral a subhedral y se encuentra invadiendo los bordes de algunas partículas.

Algunos aloquímicos presentan un revestimiento de calcita subhedral a anhedral, de hábito piramidal y tamaño cristalino fino. Otros presentan un revestimiento más fino de calcita afanocristalina.

En ciertas áreas de la placa se observan algunas zonas ovaladas irregulares que presentan esparita de un tamaño cristalino fino, mucho menor que el de los cristales que conforman el cemento de la roca. Contienen menor cantidad de partículas terrígenas y poseen un tono marrón muy claro.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Estructuras: Las partículas terrígenas y aloquímicos se encuentran distribuidos uniformemente y de manera aleatoria. Algunos sectores presentan franjas irregulares rellenas de espar de tamaño cristalino fino, mucho menor que los cristales de su alrededor.

Microfacies (Ba4): bioesparita arenosa, presenta 23% de aloquímicos, 30,7% de terrígenos y 46,3% de cemento tipo espar. Presenta muy mal calibrado (2,13 phi) y contactos flotantes a puntuales.

Los aloquímicos tienen tamaños entre arena muy gruesa y guija, corresponden a fragmentos subredondeados a subangulares de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos, rodeados por una fina capa de óxidos.

Las partículas terrígenas son subangulares a subredondeadas, con 56,34% de cuarzo, 21,13% de feldespatos y 22,54% de fragmentos de roca. Algunas partículas están rodeadas por una fina capa de óxido o por calcita cristalina fina.

Algunos sectores de la sección delgada, presentan parches irregulares que contienen espar de un tamaño mucho menor al de los cristales que componen la mayoría del cemento.

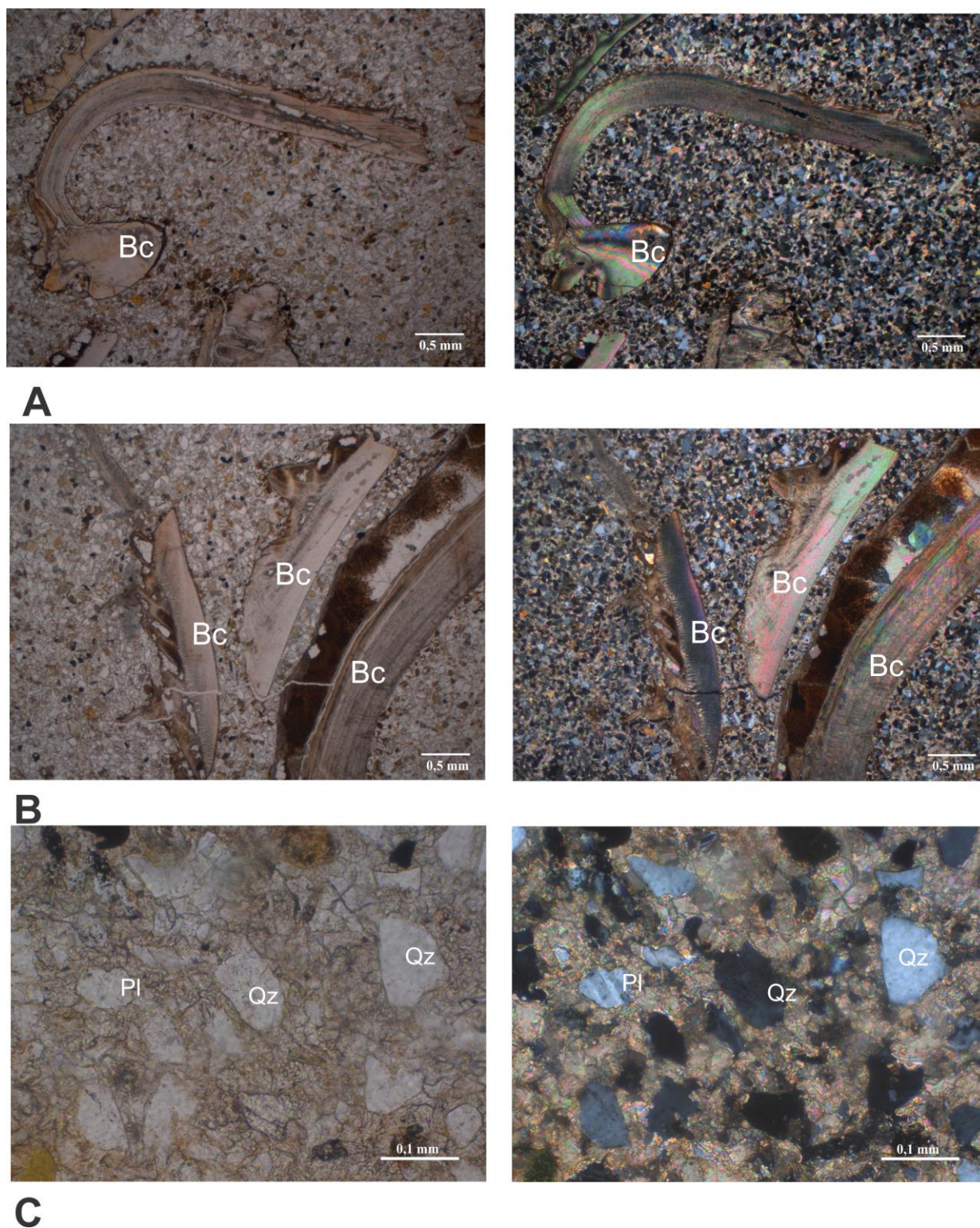


Figura 37. A: Fragmento de una concha gruesa de molusco. B: fragmentos de conchas gruesas de moluscos. C: Textura general de la roca en sección delgada, con granos subangulares a subredondeados. Bc: bioclasto.

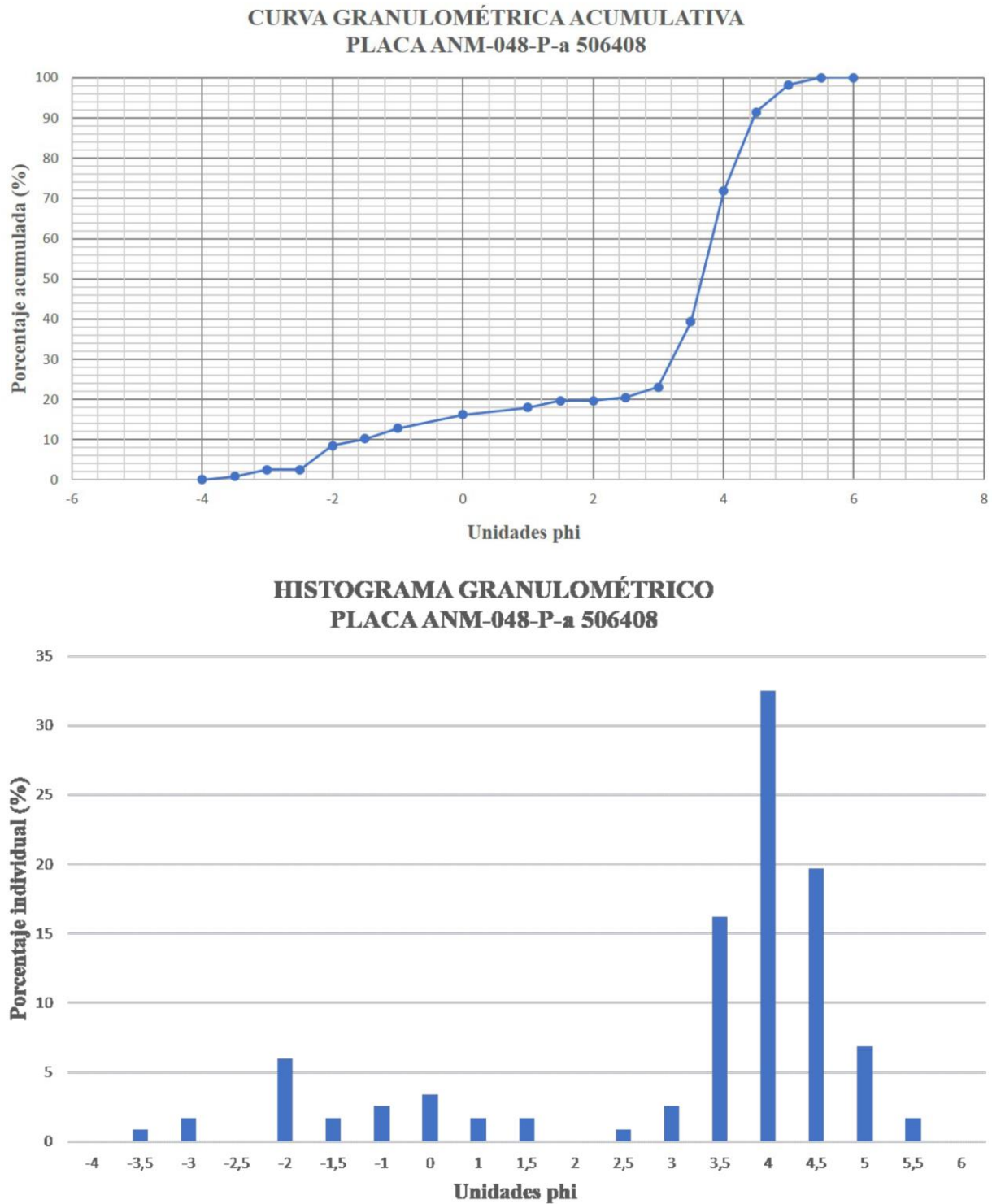


Figura 38. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.9. Sección delgada: 827392

Nombre textural: bioesparita arenosa

Nombre composicional: bioesparita arenosa

Número de puntos contados: 318

Descripción microscópica:

4.9.1. Breve resumen. Roca aloquímica impura: bioesparita arenosa. Presenta mal calibrado (1,16 ϕ), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con 57,528% de cuarzo, 41,129% de feldespatos y 1,613% de fragmentos de roca.

Los granos se encuentran distribuidos uniformemente, la mayoría sin orientación. Hacia la base se observan algunas partículas inclinadas de forma discontinua en un ángulo aproximadamente de 50°. Algunas partículas presentan una capa de calcita cristalina fina alrededor de sus bordes.

La lámina delgada presenta mucha disolución de aloquímicos y cemento, por lo que solo se conservan moldes vacíos de lo que posiblemente eran abundantes fragmentos de conchas de gran tamaño. Por lo tanto, el porcentaje de aloquímicos contados para esta roca es mucho menor que el original (antes de la disolución), y con el fin de realizar la clasificación más aproximada a la realidad, se decidió clasificar esta roca como aloquímica impura.

4.9.2. Textura. Componentes fundamentales

- Porcentaje de terrígenos: 40,556%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 3,773%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 55,660%

- Grupo de roca principal: Ortoquímica Impura

4.9.2.1. **Fábrica.** Roca homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, la mayoría sin orientación. Hacia la base algunas partículas se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 50°. El soporte y empaquetamiento es intermedio.

4.9.2.2. **Tamaño de grano.** Mediana: arena muy gruesa (-0,2 phi)

Rango extremo (100%): arena fina (3 phi)

Rango (16-84%): -2,4

Selección en términos de phi: 1,16 phi (mal calibrado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 12,121%

Fracción arena: 87,879%

o Arena muy gruesa: 30,303%

o Arena gruesa: 34,848%

o Arena media: 18,182%

o Arena fina: 4,545%

o Arena muy fina: 0%

Fracción lodo: 0%

4.9.2.3. **Forma de grano.** Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos.

Redondez: las partículas son principalmente subredondeadas a subangulares.

4.9.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

Terrígenos:

Cuarzo: Está distribuido en un 22,327% (57,258% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena media y arena muy gruesa (rango completo: 0,25 a 3,75 mm), con algunas partículas de arena fina y gránulo. Se presenta como cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: representa un 20,126% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena media y arena muy gruesa (rango completo: 0,25 a 3,375 mm), con algunos granos de arena fina y gránulo, mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se distinguen cuarzos con extinción recta, extinción ondulante y algunos con inclusiones de apatito subhedral de hábito prismático corto.

Cuarzo policristalino: constituye un 2,201% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra principalmente entre arena media y arena muy gruesa con algunas partículas que alcanzan el tamaño gránulo (rango completo: 0,33 a 3,75 mm), mal calibrado, forma anhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se observan distintas texturas del cuarzo policristalino:

- (i) Con bordes suturados entre los cristales y extinción ondulante. Algunos granos con bordes suturados presentan cristales con una ligera orientación, no del todo desarrollada.
- (ii) Con bordes poligonales entre los cristales y extinción recta u ondulante,
- (iii) Recristalizados o con zonas recristalizadas.

Feldespatos: representa el 6,918% (41,129% recalculado, adicionando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre arena media y arena muy gruesa, con algunas partículas de tamaño arena fina (rango completo: 0,145 a 1,575 mm) y mal calibrado. A continuación se describen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: constituye el 2,516% de la sección delgada, con tamaño de grano entre arena media a gruesa (rango completo: 0,475 a 0,66 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen granos frescos y algunos alterando ligeramente a caolinita, con macla de la microclina y textura peritética en venas o en parches.

Plagioclasa: representa un 4,403% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra en el rango entre arena media y muy gruesa, aunque algunas partículas solo alcanzan el tamaño arena fina (rango completo: 0,145 a 1,575 mm), mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

La mayoría de plagioclasas se encuentran frescas y algunas alterando a sericita, epidota o saussurita. Se observa, en ocasiones, que la epidota rellena las fracturas de algunas plagioclasas.

Mica: corresponde a un 0,943% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y media (rango completo: 0,198 a 0,675 mm), presenta calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Se observa biotita y moscovita ligeramente oxidadas. En ocasiones, se distinguen micas unidas en una especie de red, con pequeños granos de óxidos.

Fragmentos de roca: conforman el 9,748% (1,613% recalculado sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena media a muy gruesa (rango completo: 0,165 a 6,5 mm), con algunas partículas de arena fina, gránulo y guija, presentan mal calibrado, subangulares a subredondados y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos de roca volcánica y plutónica

Fragmentos de roca volcánica: se encuentran distribuidos en un 0,629% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y gruesa (rango completo: 0,198 a 0,75 mm), calibrado moderado, subredondeados a redondeados y contacto flotante a puntual.

Es posible observar fragmentos volcánicos de textura porfírica microcristalina

Fragmentos de roca plutónica: representa el 9,119% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena media y arena muy gruesa (rango completo: 0,165 a 6,5 mm), con algunos granos de tamaño arena fina, gránulo y guija, mal calibrado, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Las variedades observadas fueron: (i) fragmentos compuestos por cuarzo policristalino con bordes poligonales entre sus cristales y extinción recta u ondulante, junto a cristales de feldespato potásico con textura peritítica en venas, (ii) fragmentos compuestos por cuarzo monocristalino y plagioclasa, en ocasiones el cuarzo monocristalino presenta textura mirmequítica.

Otros: conforman el 0,629% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, óxidos, titanita y opacos.

Epidota: corresponde al 0,629% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,079 a 0,264 mm), calibrado

moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual. Se presentan las variedades epidota y clinozoisita.

Se observó un grano de epidota con macla simple.

Anfibol: corresponde a anfíbol tipo hornblenda, distribuido uniformemente en un porcentaje traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina a media, con algunos granos de tamaño arena muy fina (rango completo: 0,112 a 0,297 mm), presenta calibrado moderado, forma subhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Titanita: representa un porcentaje traza de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena fina (0,231 mm), forma anhedral, no esférica, subredondeada y contacto flotante a puntual.

Óxidos: constituye trazas de la muestra de roca en sección delgada, distribuidos de forma heterogénea. Se concentran en algunas zonas del cemento, proporcionando un tono rojizo, mientras que otras áreas se encuentran completamente libres de óxidos. No forman granos.

Opacos: se encuentran en un porcentaje traza dentro de la sección delgada, con forma anhedral a subhedral, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual. El tamaño de grano corresponde a arena muy fina a fina (rango completo: 0,104 a 0,182 mm), buen calibrado.

Aloquímicos: está distribuido uniformemente en un 3,8% de la lámina delgada. Consisten en fragmentos subredondeados y angulares (posiblemente por el mal estado de la placa) de conchas gruesas y delgadas de moluscos, no presentan bioerosión

Esta sección delgada presenta muchos aloquímicos completa o parcialmente disueltos, por lo que solo se conservan los moldes de lo que posiblemente eran fragmentos de conchas de gran tamaño. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el valor original de aloquímicos, probablemente era mayor. Incluso, si se tiene en cuenta el porcentaje contado de moldes vacíos en la sección, el porcentaje de aloquímicos asciende a 14,5%, con 36% de terrígenos y 49,4% de ortoquímicos, clasificando como una roca aloquímica impura.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: forma el cemento de la roca y constituye el 55,660% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico, con cristales de tamaño entre limo fino y arena muy fina, sin macla polisintética, tienen forma anhedral a subhedral y se encuentra invadiendo los bordes de algunos granos. Algunas partículas terrígenas presentan un revestimiento de calcita cristalina fina alrededor de sus bordes.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: las partículas, en su mayoría, no presentan orientación. Algunas, principalmente hacia la base de la lámina delgada, se encuentran inclinadas de forma discontinua en un ángulo de aproximadamente 50°.

Microfacies (Ba3): Roca ortoquímica impura: bioesparita arenosa. Mal calibrado (1,16 phi), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con 57,528% de cuarzo, 41,129% de feldespatos y 1,613% de fragmentos de roca.

Hacia la base se observan algunas partículas inclinadas de forma discontinua en un ángulo aproximadamente de 50°. Algunas partículas presentan una capa de calcita cristalina fina alrededor de sus bordes.

Presenta un 3,8% de aloquímicos, que consisten en fragmentos subredondeados de conchas gruesas y delgadas de moluscos.

Cabe aclarar que, debido a la disolución de la mayoría de los componentes aloquímicos de la lámina delgada, el porcentaje proporcionado para éstos es mucho menor al real.

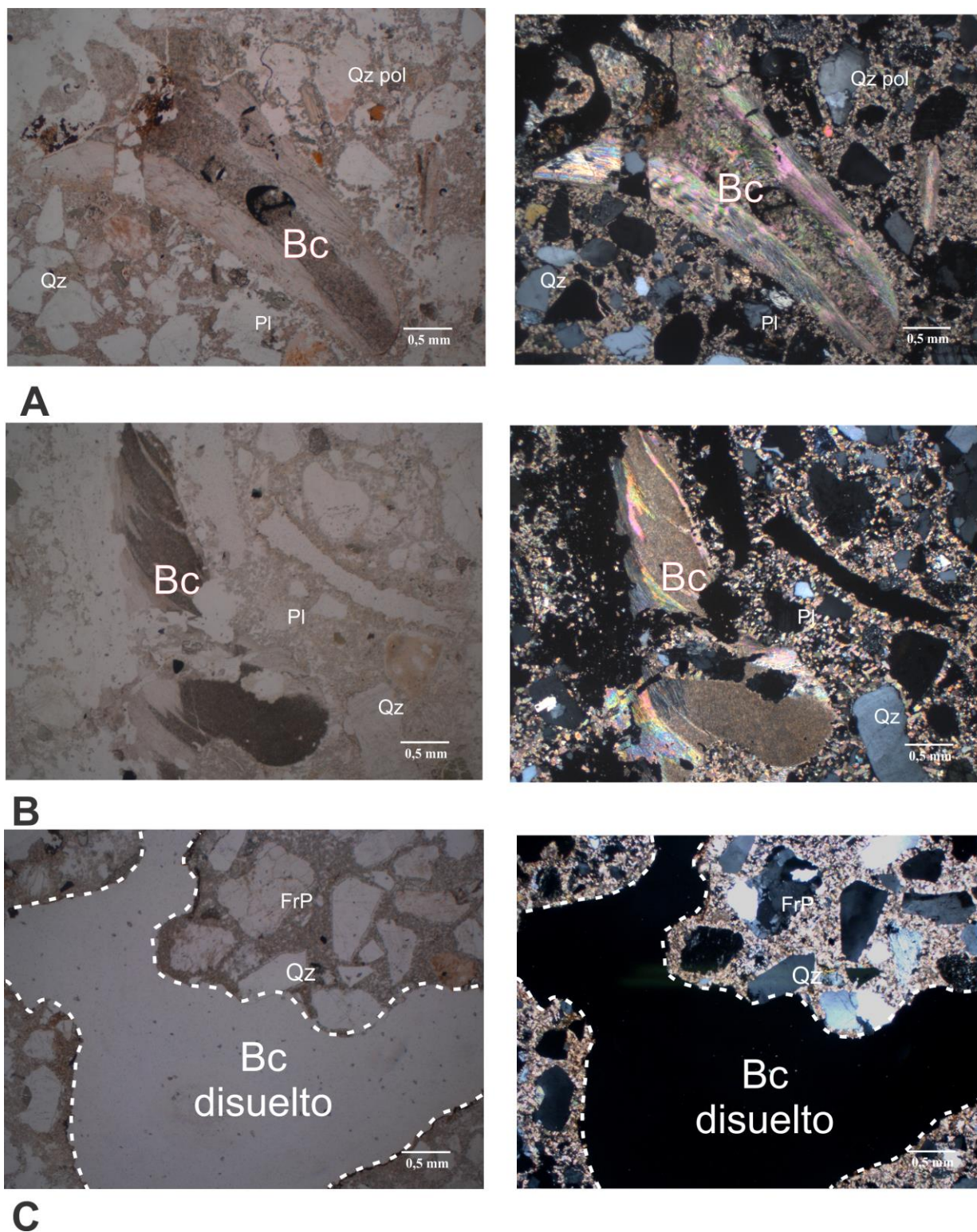


Figura 39. A y B: fragmentos de conchas gruesas con evidencias de disolución. C: molde vacío por disolución de un aloquímico. **Bc: bioclasto.**

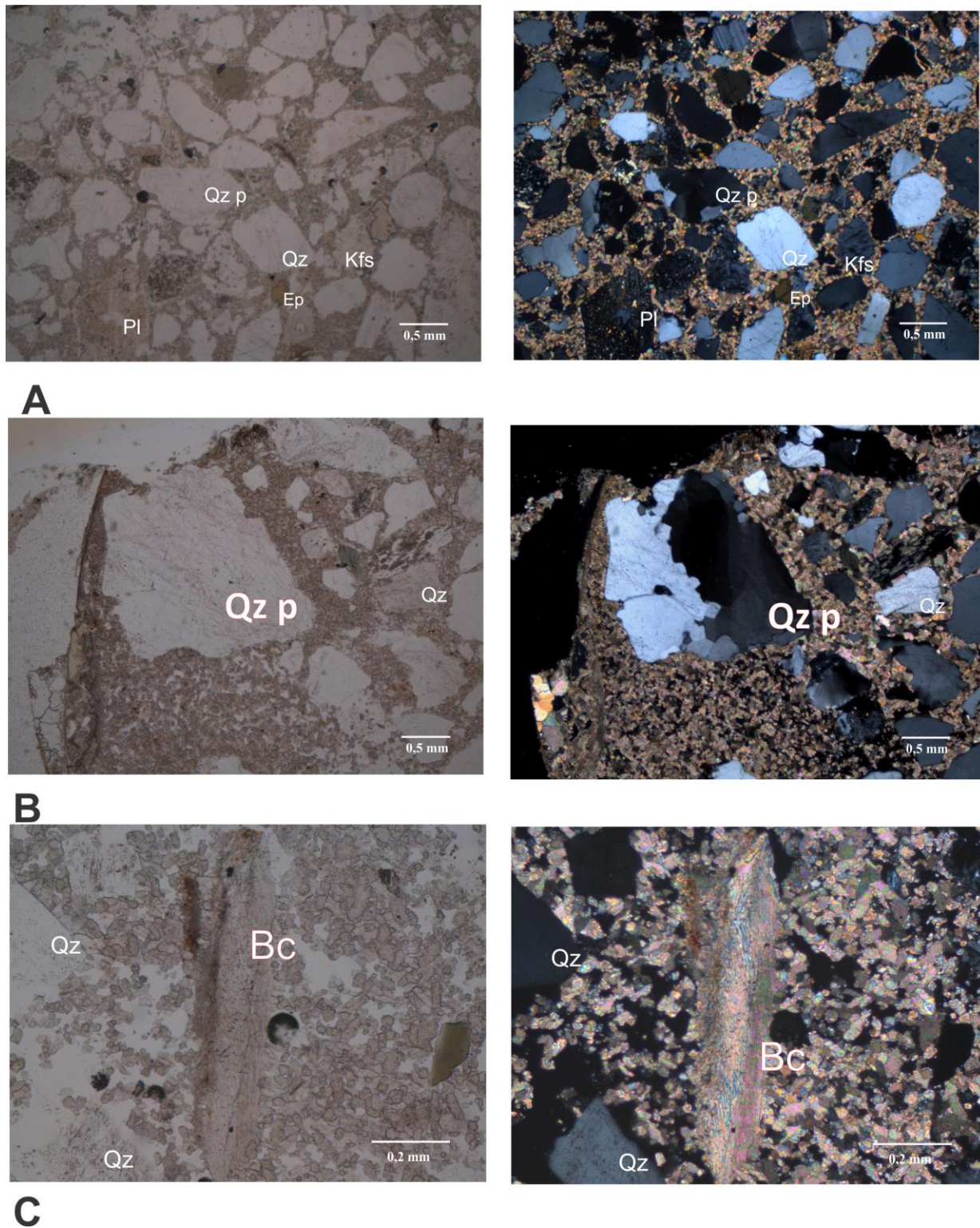
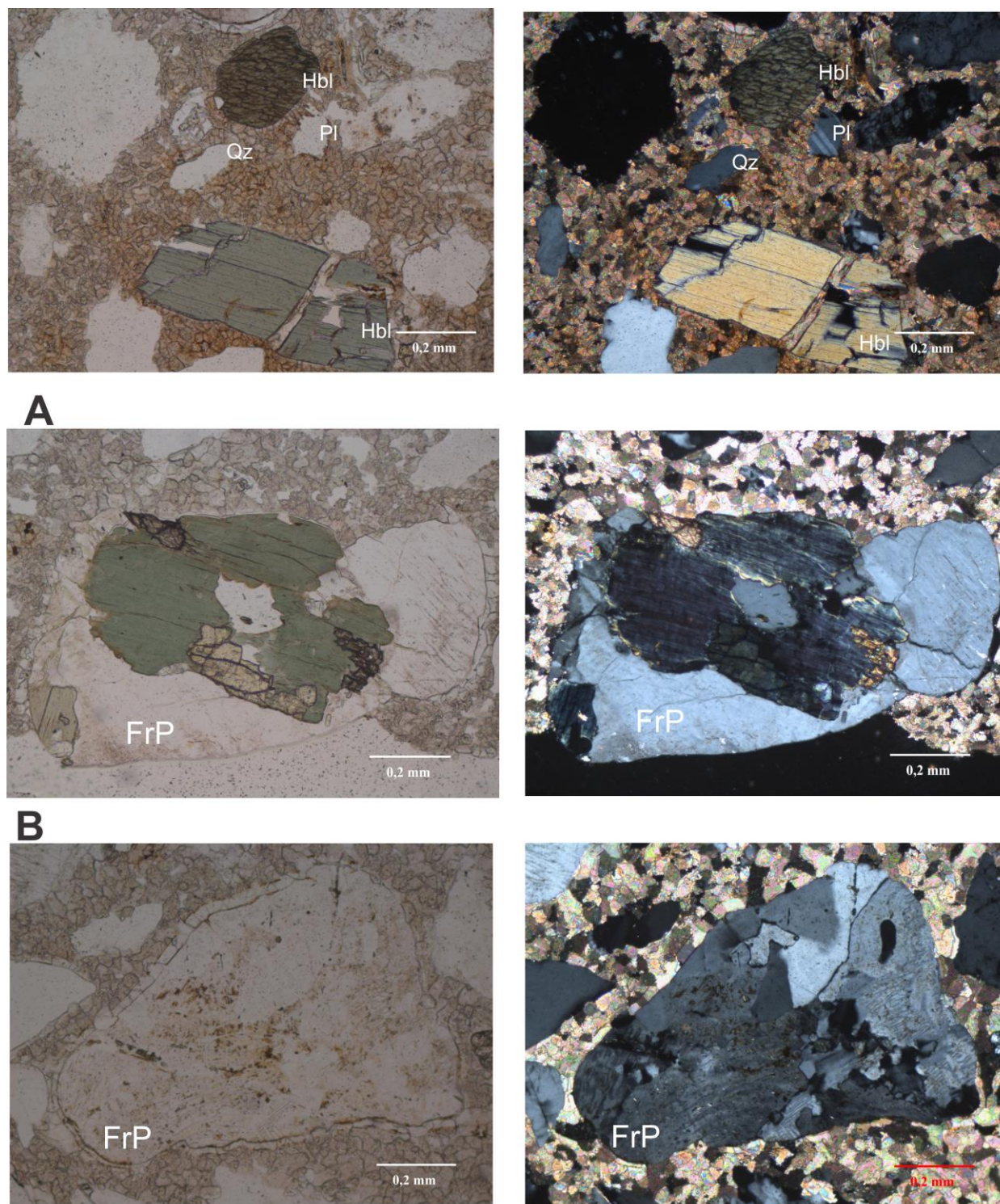


Figura 40. A: textura general de la roca, con granos subredondeados a subangulares. B: cuarzo policristalino con extinción ondulante y bordes ligeramente suturados. C: fragmento de una concha de braquiópodo. Bc: bioclasto.



C

Figura 41. A: granos de anfíbol tipo hornblenda. B: fragmento de roca plutónica con cuarzo, feldespato, clorita y titanita. C: fragmento de roca plutónica compuesta por cuarzo y feldespatos.

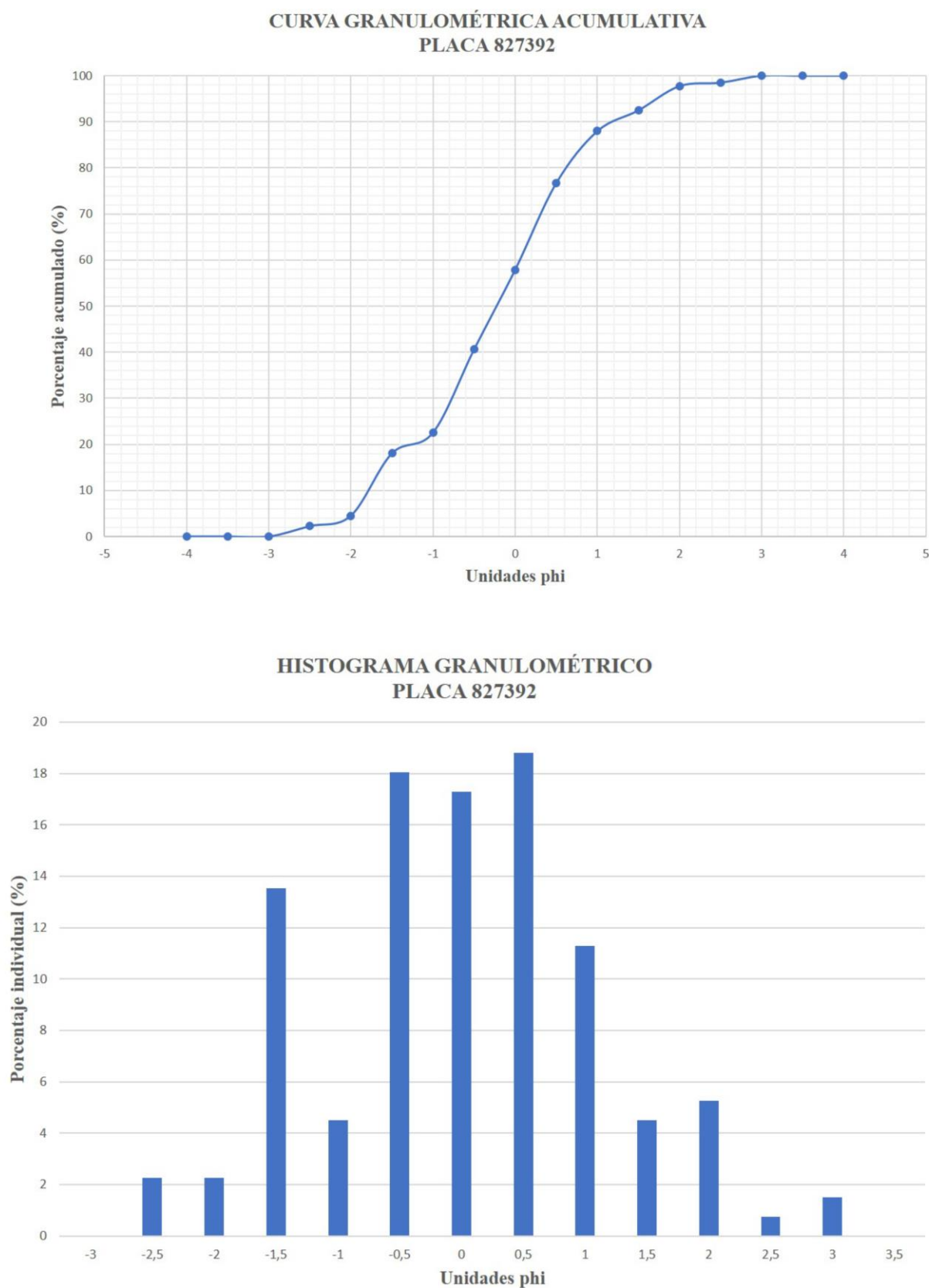


Figura 42. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.10. Sección delgada: 827393

Nombre textural: arenisca gruesa a media

Nombre composicional: arcosa

Número de puntos contados: 305

Descripción microscópica:

4.10.1. Breve resumen. Arenisca gruesa a media: arcosa submadura con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,8 phi), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con cuarzo 43,2%, feldespato 55,2% y fragmentos de roca 1,6%.

Los granos, en su mayoría, se encuentran distribuidos uniformemente. En algunos sectores se observan franjas ovaladas que contienen partículas de un menor tamaño comparado con las partículas adyacentes. En ocasiones, las partículas presentan óxidos o arcillas rodeando sus bordes.

4.10.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 68,525%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 2,295%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 29,180%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.10.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, la mayoría no reflejan orientación. Aunque es posible observar que algunos granos se orientan de forma discontinua, y en diferentes direcciones entre sí. Se observan algunas franjas en la lámina,

que presentan una forma ovalada y contienen partículas terrígenas de menor tamaño. El soporte y empaquetamiento es intermedio.

4.10.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena media (1,15 phi)

Rango extremo (100%): arena muy fina (4 phi)

Rango (16-84%): gránulo (-1,9 phi)

Selección en términos de phi: 0,8 phi (moderadamente seleccionado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Correlación del tamaño con la composición: el tamaño de grano grava corresponde a los aloquímicos, mientras el tamaño arena corresponde a las partículas terrígenas.

Fracción grava: 1,271%

Fracción arena: 98,729%

o Arena muy gruesa: 13,136%

o Arena gruesa: 40,678%

o Arena media: 27,966%

o Arena fina: 15,254%

o Arena muy fina: 1,695%

Fracción lodo: 1,724%

4.10.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: los granos son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: las partículas son no esféricas.

Redondez: los granos son, principalmente, subredondeados a subangulares.

4.10.2.4. **Madurez textural.** Submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, calibrado moderado y las partículas son subredondeadas a subangulares.

4.10.3. Composición: A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: se encuentra distribuido uniformemente en un 27,213% (43,229% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina a gruesa (rango completo: 0,104 a 1,192 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy fina y arena muy gruesa. Se observa cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, descritos a continuación

Cuarzo monocristalino: está distribuido en un 21,967% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y gruesa (rango completo: 0,104 a 1,192 mm), con algunas partículas de arena muy fina a muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se distinguen cuarzos con extinción recta y extinción ondulante. Algunos presentan vacuolas.

Cuarzo policristalino: representa un 5,246% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y arena gruesa (rango completo: 0,178 a 1,17 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy gruesa, mal calibrado, forma anhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se distinguen partículas de cuarzo policristalino recrystalizado, y otros con bordes poligonales o suturados entre sus cristales, con extinción recta u ondulante.

Chert: constituye trazas dentro de la sección delgada y está distribuido uniformemente. El tamaño de grano corresponde a arena media (rango: 0,264 mm), no esférico, redondeado y contacto flotante a puntual.

Feldespato: conforma el 24,262% (55,211% recalculado, adicionando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano que varía entre arena fina y gruesa (rango completo: 0,13 a 1,04 mm) con calibrado moderado. A continuación se describen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: representa un 3,279% de la sección delgada, distribuido uniformemente. Con un tamaño de grano entre arena media a gruesa, con algunas partículas que alcanzan el tamaño arena muy gruesa (rango completo: 0,208 a 1,04 mm), subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

La mayoría se encuentran frescos, pero algunos presentan una ligera alteración a caolinita. Presentan macla de la microclina y textura perítica en venas.

Plagioclasa: corresponde a un 20,984% de la sección delgada, distribuido uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a gruesa (rango completo: 0,13 a 0,754 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se pueden observar plagioclasas frescas y algunas alterando a sericita, epidota o saussurita. La mayoría presentan macla polisintética.

Mica: está distribuido uniformemente en un 0,328% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena media (rango completo: 0,231 a 0,468 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se observan partículas de moscovita y de biotita, algunas frescas y otras oxidadas o ligeramente cloritizadas. Algunas micas están unidas entre ellas formando una especie de red. Adicionalmente, se distinguen granos con características de deformación, esto es, pliegues y extinción ondulante.

Fragmentos de roca: están distribuidos uniformemente en un 11,475% (1,563% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la sección delgada. El tamaño de grano varía principalmente entre arena fina y gruesa (rango completo: 0,198 a 1,612 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy gruesa, presentan mal calibrado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de roca volcánica, plutónica, sedimentaria y metamórfica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentra distribuido uniformemente en un 0,328% de la sección delgada. Presenta un tamaño de grano entre arena fina a gruesa (rango completo: 0,198 a 0,78 mm), calibrado moderado, subredondeados y contacto flotante a puntual.

Presentan textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasa en una matriz microcristalina.

Fragmentos de roca plutónica: representa un 10,942% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena gruesa, con algunos fragmentos de tamaño arena media y muy gruesa (rango completo: 0,297 a 1,612 mm), calibrado moderado, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos compuestos por cuarzo junto a plagioclasa o feldespatos potásico y menos comúnmente, se aprecia cuarzo unido a anfíbol -no hay foliación-. En ocasiones, las plagioclasas de los fragmentos se encuentran alterando a sericita o epidota.

Fragmentos de roca sedimentaria: está presente en un porcentaje traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena media (0,297 mm), subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se aprecia un grano de arenisca con cuarzos subredondeados rodeados por óxidos en una matriz arcillosa de birrefringencia verde oscura.

Fragmentos de roca metamórfica: se encuentra distribuido uniformemente en un 0,656% de la sección delgada. El tamaño de grano se encuentra entre arena fina a gruesa, (rango completo: 0,244 a 0,364 mm), calibrado moderado, subangulares y contacto flotante a puntual.

Se encuentran esquistos cuarzosos compuestos por cuarzo y foliación de micas y minerales opacos.

Otros: conforman el 5,574% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, óxidos, titanita y opacos.

Epidota: conforma el 1,639% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y media (rango completo: 0,132 a 0,594 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy fina y arena gruesa, calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual. Se distinguen las variedades epidota y clinozoisita.

Anfibol: corresponde a anfíboles tipo hornblenda y constituye el 3,607% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina a media (rango completo: 0,132 a 0,33 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular y contacto flotante a puntual.

Titanita: representa trazas dentro de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,152 a 0,178 mm), buen calibrado, forma anhedral, no esférica, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Óxidos: se encuentran dispersos en la sección delgada, otorgando un tono marrón rojizo al cemento calcáreo de la roca. No forman granos.

Opacos: representa un porcentaje traza dentro de la sección delgada, con un tamaño de grano principalmente de limo grueso con algunas partículas que alcanzan el tamaño de arena muy fina (rango completo: 0,125 a 0,175 mm), buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Aloquímicos: corresponden al 2,3% de la muestra de roca en sección delgada y están distribuidos uniformemente. Consisten en fragmentos subredondeados a redondeados de conchas gruesas y delgadas, posiblemente de moluscos y braquiópodos. Miden entre arena gruesa y guijo. Algunos presentan bioerosión, con las cavidades rellenas de calcita afanocristalina y partículas terrígenas de cuarzo o plagioclasa.

Minerales ortoquímicos: corresponden al cemento de la roca y a los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita, epidota y saussurita.

Calcita: constituye el cemento de la roca y representa el 29,180% de la sección delgada, tiene una textura en mosaico, con cristales de tamaño entre arena fina y gruesa, sin macla polisintética, forma anhedral a subhedral y se encuentra invadiendo los bordes y fracturas de algunas partículas. En general, presenta un aspecto oxidado, con tonalidades marrón rojizo en núcleos paralelos.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: Se observan algunas zonas con forma ovalada o elíptica, que contienen partículas terrígenas de menor tamaño en comparación a los granos adyacentes.

Microfacies (Agm): Arenisca gruesa a media: arcosa submadura con cemento calcáreo. Calibrado moderado (0,8 phi), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con cuarzo 43,2%, feldespato 55,2% y fragmentos de roca 1,6%. En algunos sectores se observa bioperturbación, reflejada en franjas ovaladas que contienen granos terrígenos de un tamaño menor al de las partículas adyacentes. Algunas partículas presentan óxidos o arcillas rodeando sus bordes.

Contiene 2,3% de aloquímicos, que consisten en fragmentos subredondeados a redondeados de conchas gruesas y delgadas de moluscos y braquiópodos.

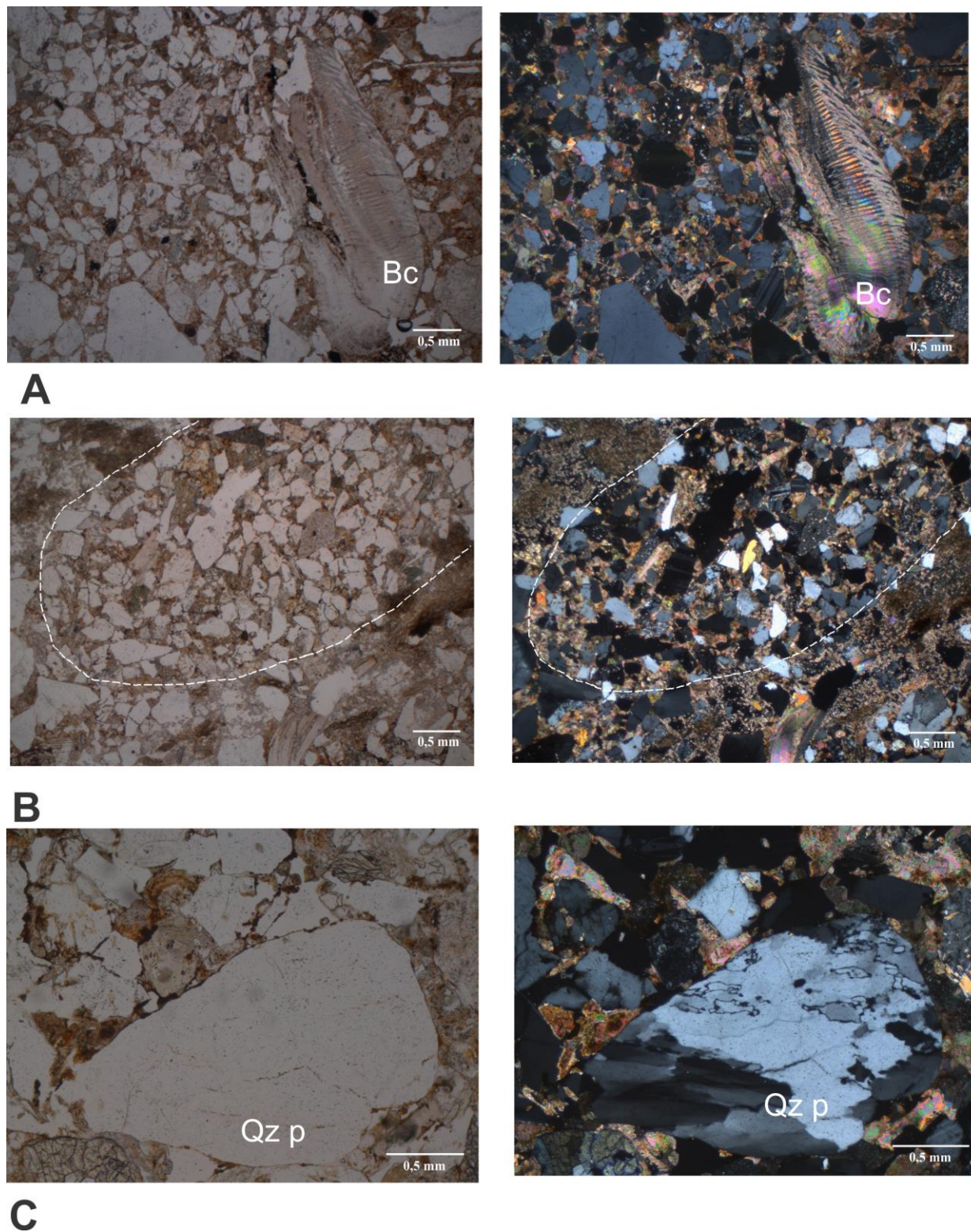


Figura 43. A: fragmento de una concha gruesa de molusco. B: franja ovalada rellena de granos con un tamaño de grano menor que los de su alrededor, posiblemente refleja bioperturbación en la roca. C: cuarzo policristalino con extinción ondulada, cristales elongados y bordes suturados.

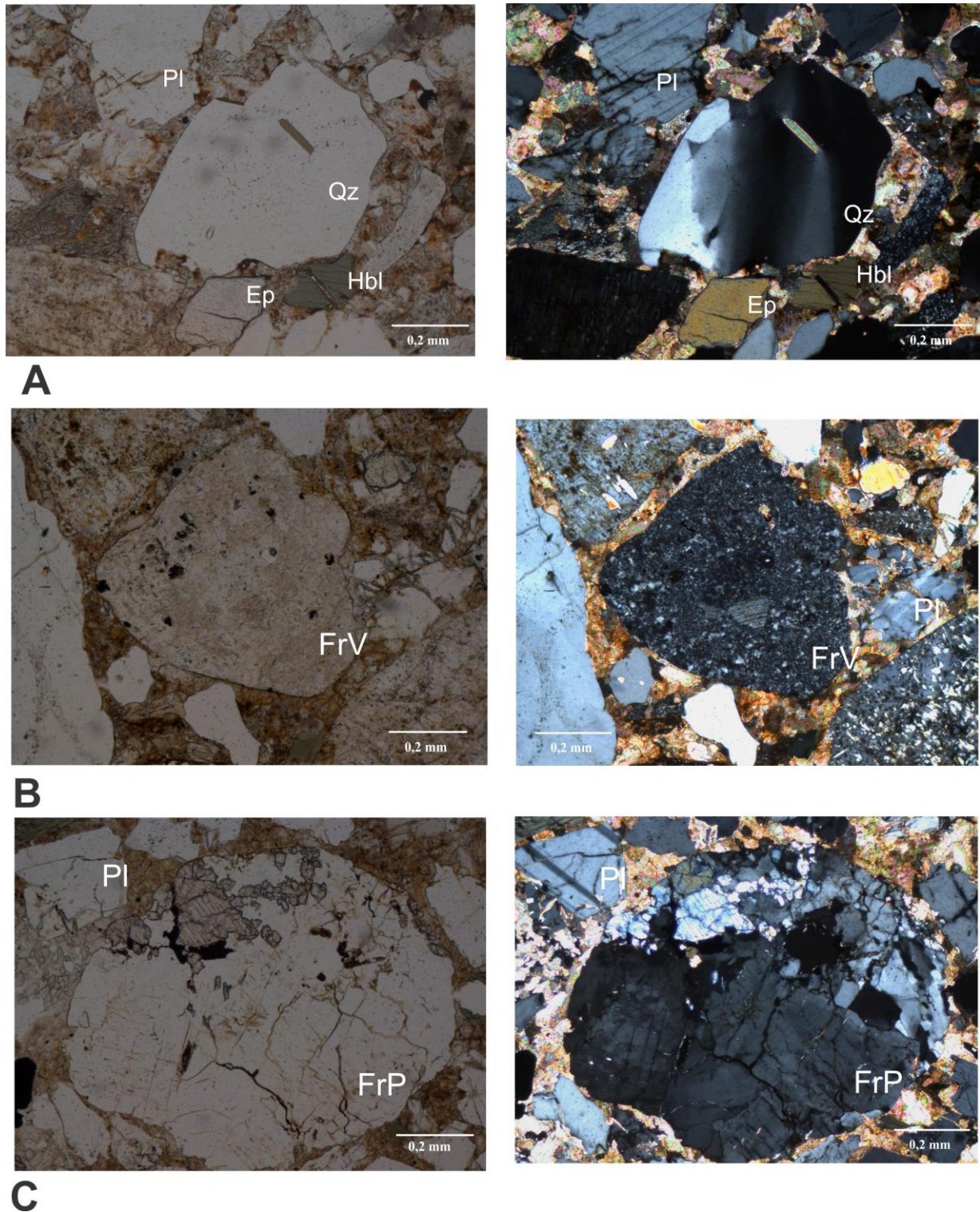


Figura 44. A: cuarzo con extinción ondulante. B: fragmento de roca volcánica con fenocristales de plagioclasea en una matriz microcristalina. C: fragmento redondeado de roca plutónica compuesto por cuarzo, feldespato y epidota.

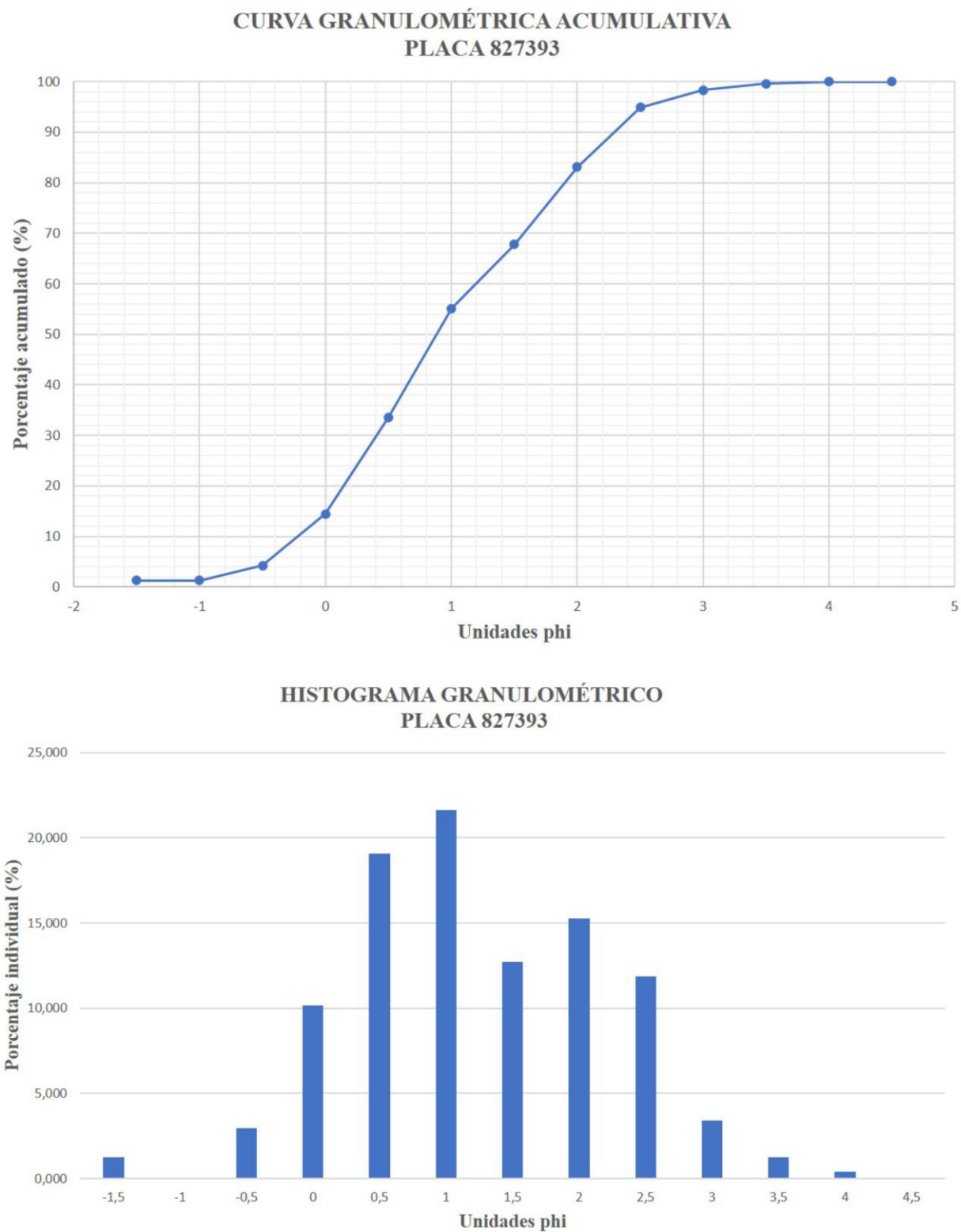


Figura 45. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.11. Sección delgada: 827409

Nombre textural: arenisca fina ligeramente conglomerática

Nombre composicional: Arcosa.

Número de puntos contados: 306

Descripción microscópica:

4.11.1. Breve resumen. Arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa micácea, submadura, con cemento carbonatado. Presenta calibrado moderado (0,87 phi), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con cuarzo 51,3%, feldespato 47,4% y fragmentos de roca 1,3%.

Los granos, en su mayoría, se encuentran distribuidos uniformemente. Las partículas de mayor tamaño, entre arena media y gránulo, se encuentran inclinadas en un ángulo de aproximadamente 20°, formando dos franjas, de 10 y 5 mm, en la zona inferior y superior de la placa, respectivamente.

El cemento de la roca está constituido principalmente por dolomita, pero en algunos sectores de la lámina delgada se observan formas elípticas o circulares rellenas de micrita.

4.11.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 57,516%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 0,327%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 42,157%
- Grupo de roca principal: Terrígena

4.11.2.1. Fábrica. *La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, la mayoría sin orientación. Las partículas de mayor tamaño, entre arena media y gruesa, se encuentran inclinadas en un ángulo de aproximadamente 20°. El cemento es principalmente de dolomita, con algunas zonas con formas elípticas o circulares rellenas de micrita.*

4.11.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena fina (2,4 phi)

Rango extremo (100%): limo medio (5,5 phi)

Rango (16-84%): -1,3 phi

Selección en términos de phi: 0,87 phi (moderadamente seleccionado)

Unimodal o bimodal: bimodal. Presenta dos poblaciones, la más abundante es arena fina con un 58% y le sigue arena gruesa con un 6,9%.

Fracción grava: 2,299%

Fracción arena: 95,977%

o Arena muy gruesa: 4,023%

o Arena gruesa: 6,897%

o Arena media: 13,793%

o Arena fina: 58,046%

o Arena muy fina: 13,218%

Fracción lodo: 1,724%

4.11.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: las partículas son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos.

Redondez: las partículas son principalmente subredondeadas a subangulares, con algunos granos angulares.

4.11.2.4. Madurez textural. submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, calibrado moderado y las partículas son subredondeadas a subangulares.

4.11.3. Composición. A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: está distribuido uniformemente en un 26,144% (51,613% recalculado) de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a gruesa (rango completo: 0,052 a 2,6 mm), con algunas partículas de limo grueso y gránulo, con mal calibrado. Se presenta como cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: representa un 21,895% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y arena gruesa (rango completo: 0,052 a 2,6 mm), con algunos granos de limo grueso y gránulo, mal calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se distinguen cuarzos con extinción recta y extinción ondulante.

Cuarzo policristalino: constituye un 4,248% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde principalmente a arena fina (rango completo: 0,132 a 0,574 mm), con algunas partículas de tamaño arena media y gruesa, buen calibrado, forma anhedral, no esférico, subredondeado a subangular y contacto flotante a puntual.

Se observaron granos de cuarzo policristalino con bordes ligeramente suturados entre sus cristales y extinción recta u ondulante.

Feldespatos: representa el 18,301% (47,403% recalculado, adicionando los fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada, con tamaño de grano entre arena fina y arena gruesa (rango completo: 0,079 a 2,08 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy fina a gránulo, presenta mal calibrado y distribución uniforme. A continuación se describen las variedades de feldespato potásico y plagioclasa.

Feldespato potásico: constituye el 3,268% de la sección delgada, con tamaño de grano entre arena fina a gruesa (rango completo: 0,237 a 2,08 mm), con algunas partículas de tamaño gránulo, mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Se distinguen partículas con macla de Tartán y textura peritética. La mayoría se encuentran frescos, pero algunos tienen evidencia de una ligera alteración a caolinita.

Plagioclasa: representa el 15,033% de la sección delgada, con tamaño de grano entre arena muy fina a media, con algunos granos que alcanzan el tamaño arena gruesa (rango completo: 0,079 a 0,990 mm), mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual.

Se observan plagioclasas con macla polisintética, algunas frescas y otras alterando a sericita, epidota y saussurita.

Mica: está distribuida uniformemente en un 2,614% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y media (rango completo: 0,099 a 0,448 mm), con algunas partículas de tamaño arena muy fina, presenta buen calibrado, forma subhedral, no esférica, subangular y contacto flotante a puntual.

Se encuentra moscovita y biotita, en ocasiones frescas, ligeramente alteradas a clorita u oxidadas. Se observan micas unidas formando estructuras en red, en ocasiones presentan inclusiones de minerales opacos.

Fragmentos de roca: conforman el 6,209% (1,299% recalculado, sin fragmentos de roca plutónica) de la muestra de roca en sección delgada y están distribuidos uniformemente. El tamaño de grano varía entre arena fina a gruesa, con algunas partículas de arena muy fina (rango completo: 0,099 a 1,540 mm), presentan calibrado moderado, subredondados a subangulares y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos de roca volcánica, sedimentaria, metamórfica y plutónica.

Fragmentos de roca volcánica: se encuentran distribuidos uniformemente en un 0,327% de la sección delgada. Presentan un tamaño de grano entre arena muy fina y fina (rango completo: 0,099 a 0,178 mm), buen calibrado, subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen fragmentos de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa, algunos con macla simple, en una matriz microcristalina.

Fragmentos de roca plutónica: representa el 5,556% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena media a muy gruesa, (rango completo: 0,2 a 1,540 mm) con algunos granos de tamaño arena fina, gránulo y guija, mal calibrado, subangulares a subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se distinguen las siguientes variedades:

(i) Cristales de cuarzo policristalino con zonas recrystalizadas y plagioclasa tabular alterando a sericita. En ocasiones, también se presentan con anfíbol, titanita o minerales opacos.

(ii) Cristales de plagioclasa y microclina con textura peritética en venas, con exsolución de plagioclasa y cuarzo alrededor de todo el fragmento.

Fragmentos de roca sedimentaria: representa un porcentaje traza dentro de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina y gruesa (rango completo: 0,217 a 0,924 mm), calibrado moderado, subredondeados y contacto flotante a puntual. Se distinguen fragmentos de calizas con fósiles.

Fragmentos de roca metamórfica: se encuentran distribuidos en un 0,327% de la sección delgada. El tamaño de grano corresponde a arena fina (0,198 mm), buen calibrado, subredondeados y contacto flotante a puntual.

Se observan fragmentos de esquistos cuarzosos, constituidos por cuarzo policristalino con bordes poligonales entre sus cristales y foliación de micas.

Otros: conforman el 4,575% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Componen esta categoría la hornblenda, epidota, óxidos, titanita y opacos.

Epidota: corresponde al 1,634% de la muestra de roca en sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a fina (rango completo: 0,079 a 0,165 mm), buen calibrado, forma anhedral a subhedral, no esférica, subangular a subredondeada y contacto flotante a puntual. Se observan las variedades de epidota y clinozoisita.

Anfibol: corresponde a anfíboles tipo hornblenda. Está distribuido uniformemente en un 2,288% de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena fina a media (rango completo: 0,151 a 0,254 mm), presenta buen calibrado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contacto flotante a puntual.

Titanita: representa trazas dentro de la sección delgada. El tamaño de grano varía entre arena muy fina y fina (rango completo: 0,066 a 0,165 mm), presenta buen calibrado, forma anhedral, no esférica, subredondeada a subangular y contacto flotante a puntual.

Opacos: se encuentran en un porcentaje traza dentro de la sección delgada, con forma anhedral a subhedral, subredondeados a subangulares y contacto flotante a puntual. El tamaño de grano corresponde a arena fina (rango completo: 0,13 a 0,182 mm), buen calibrado.

Aloquímicos: corresponde al 0,327% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Consisten en fragmentos de conchas gruesas de bivalvos, subangulares a redondeados, de tamaño gránulo, que en ocasiones presentan bioerosión.

Minerales ortoquímicos: comprenden el cemento de la roca, la micrita y los minerales de alteración.

Dolomita: conforma el cemento de la roca y representa el 39,6% de la sección delgada. Presenta principalmente una textura en mosaico con cristales de tamaño fino, pero en ocasiones se observa con textura “drusy”, en la cual los cristales de dolomita van aumentando su tamaño hacia la parte central de los poros de la roca, pero no los rellena por completo.

Micrita: está distribuida heterogéneamente en un 2,6%, formando elipses o círculos, en los que se pueden observar diminutos cristales de tamaño entre 2 a 4 micras (0,0027 a 0,0040 mm). En ocasiones, se encuentra rodeando los bordes de algunas partículas.

Sericita: se presenta como un conjunto de minerales arcillosos de alta birrefringencia, que son producto de alteración de las plagioclasas.

Epidota: se encuentra como mineral detrítico, el cual fue descrito en apartados anteriores, o como mineral ortoquímico cuando se produce por alteración de plagioclasas. Este último, presenta forma subhedral a anhedral y se observa reemplazando plagioclasas detríticas o plagioclasas que hacen parte de fragmentos de roca plutónica.

Saussurita: se presenta como alteración de las plagioclasas, lo que les proporciona un aspecto oscuro o turbio, comúnmente compuesto por epidota y sericita.

Estructuras: las partículas de mayor tamaño de la sección delgada, entre arena media a gránulo (0,2 a 2,75 mm), se encuentran acumuladas formando franjas de 1 cm y 5 mm, inclinadas en un ángulo de aproximadamente 25°, ubicadas en la zona inferior y superior de la placa, respectivamente. Adicionalmente, en la porción intermedia de la lámina delgada, se observan zonas con formas elípticas y circulares rellenas de micrita.

Microfacies (AlcD): arenisca fina ligeramente conglomerática: arcosa micácea, submadura, con cemento carbonatado (principalmente dolomita). Calibrado moderado (0,87 phi), granos subredondeados a subangulares, contactos flotantes a puntuales, con cuarzo 51,3%, feldespato 47,4% y fragmentos de roca 1,3%. Presenta laminaciones de 10 y 5 mm, compuestas por las partículas terrígenas de mayor tamaño (arena media y gránulo), inclinadas en un ángulo de aproximadamente 20°. Se observan sectores con formas elípticas y circulares rellenos de micrita. Menos del 1% de aloquímicos, que consisten en fragmentos de conchas gruesas de moluscos, algunos con bioerosión.

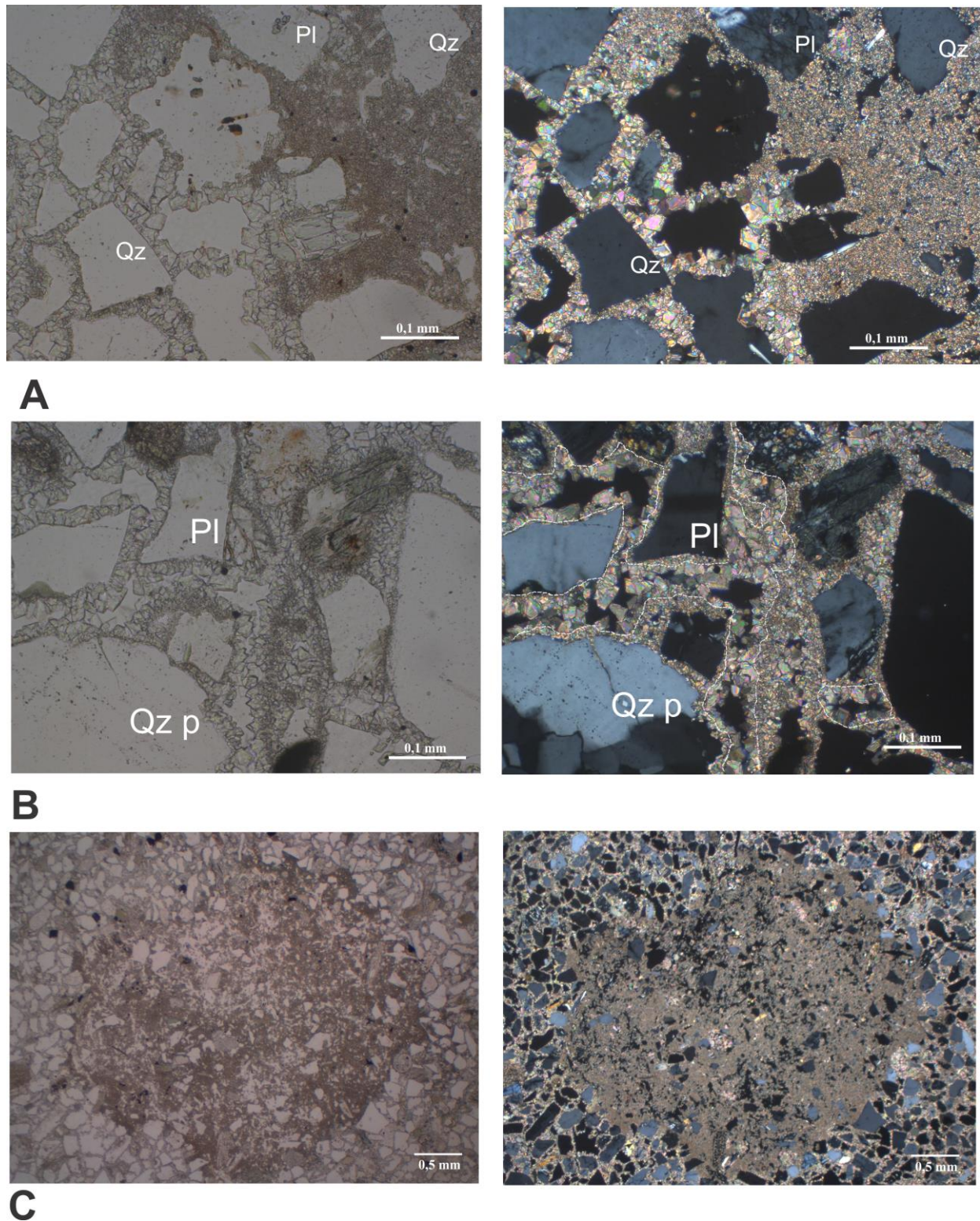


Figura 46. A: contacto entre las zonas rellenas de micrita (derecha) y el cemento de dolomita (izquierda), B: cemento de dolomita con textura drusy, se evidencia un aumento en el tamaño del cristal al acercarse a los poros de la roca, C: área circular rellena de micrita.

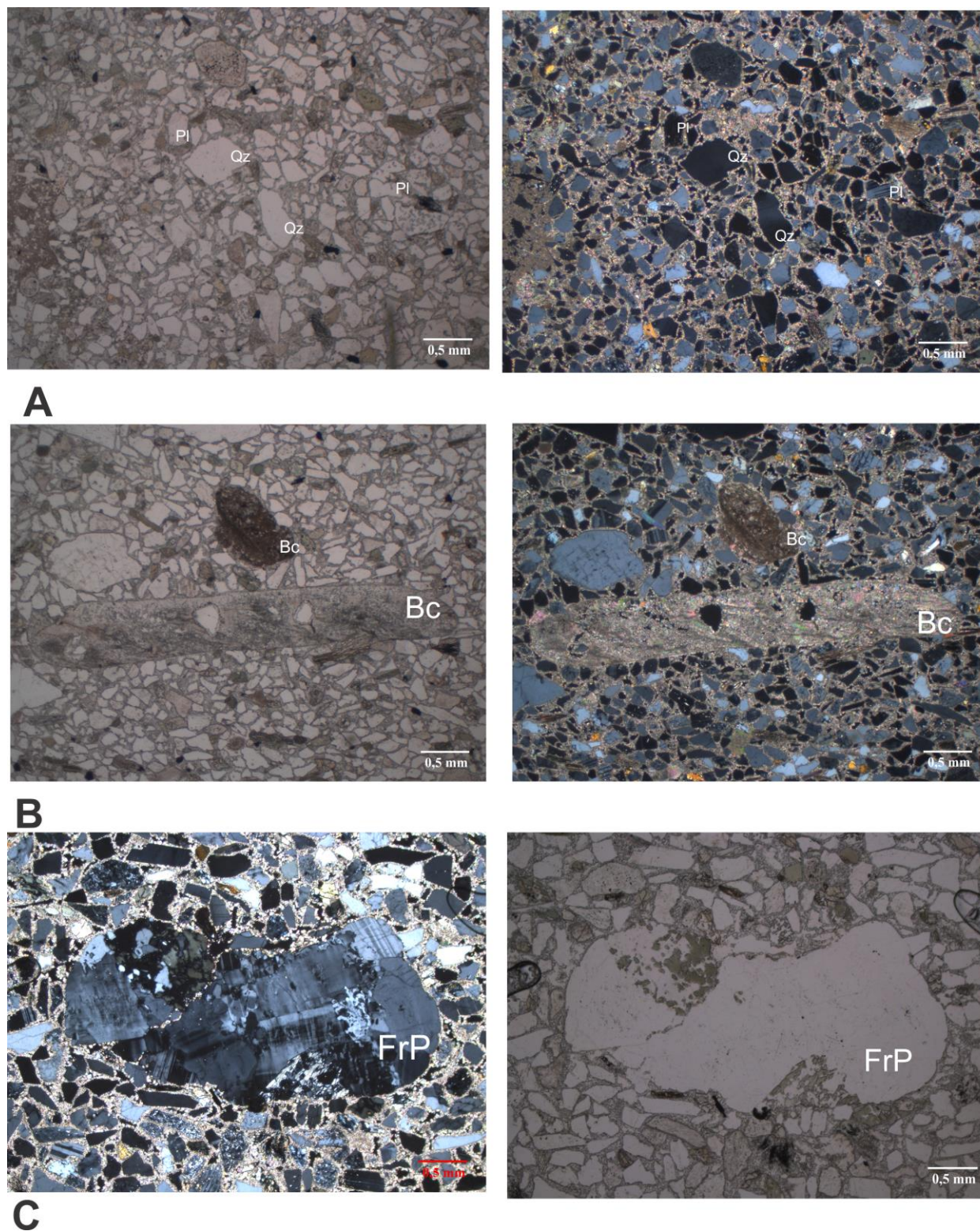


Figura 47. A: textura general de la roca, con granos subredondeados a subangulares, B: fragmento de una concha gruesa de molusco (abajo) y un fragmento de caliza, C: fragmento plutónico de cuarzo, plagioclasea y anfíbol.

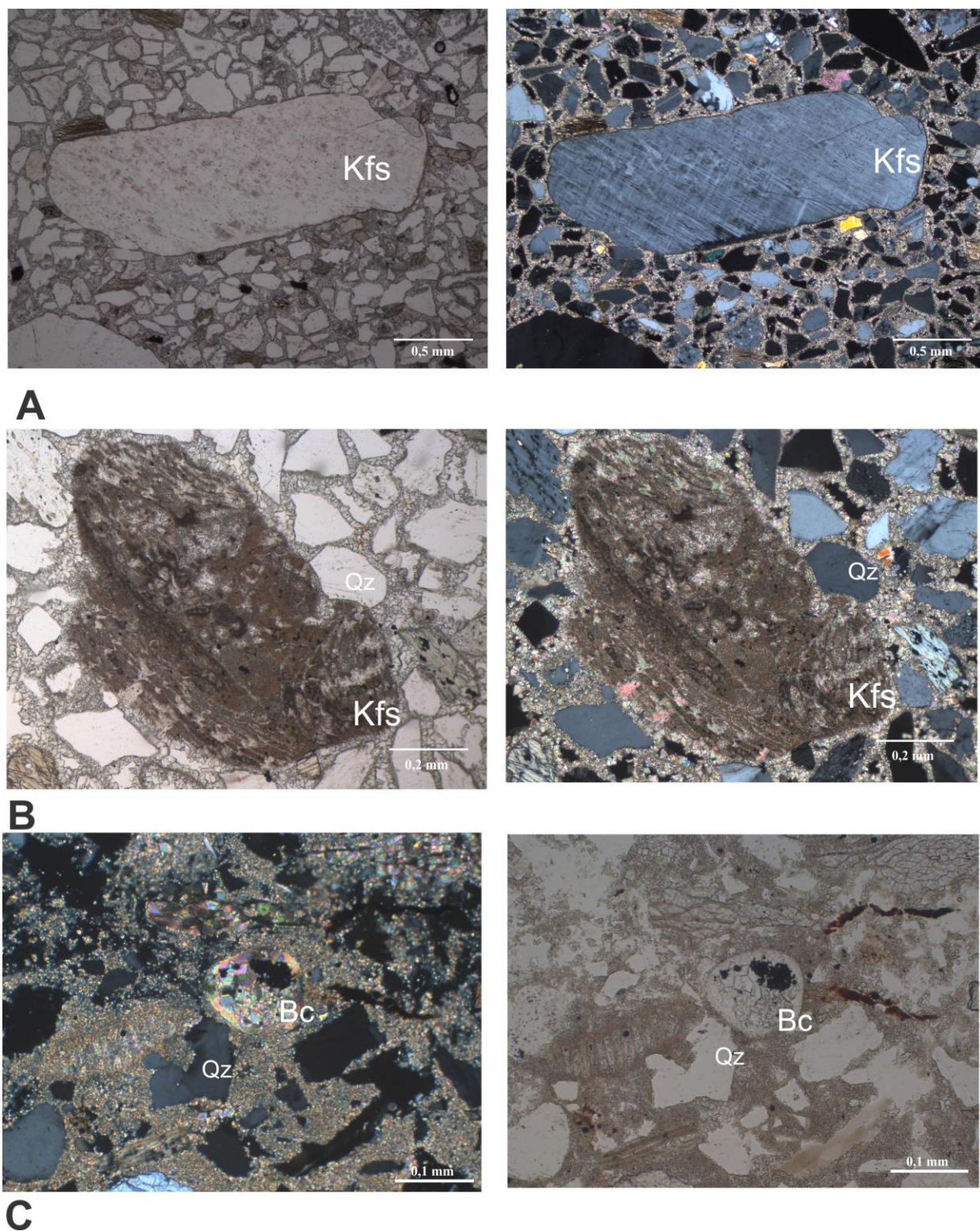


Figura 48. A: feldespato potásico con textura pertítica en venas, B: fragmento de caliza fosilífera, C: foraminífero relleno de calcita y minerales opacos.

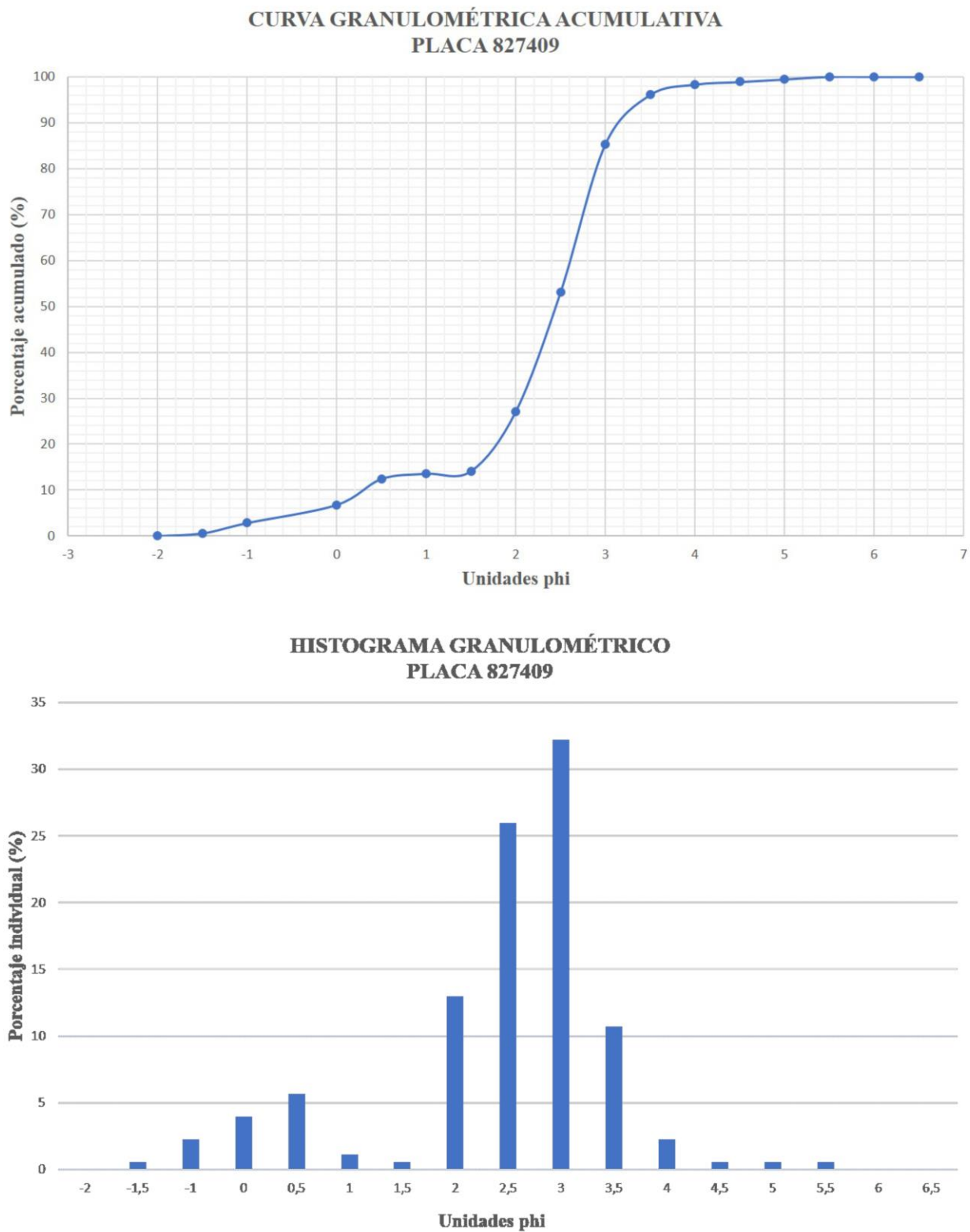


Figura 49. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.12. Sección: ANM-152-P 5064408

Nombre textural: arenisca fina a media ligeramente conglomerática

Nombre composicional: litoarenita feldespática

Número de puntos contados: 348

Descripción microscópica:

4.12.1. Breve resumen. Arenisca fina a media ligeramente conglomerática: litoarenita feldespática con cemento calcáreo. Presenta calibrado moderado (0,78 ϕ), granos subangulares a subredondeados, contactos flotantes a puntuales, con 42,523% cuarzo, 25,234% feldespato y 32,243% de fragmentos de roca. Las partículas están distribuidas uniformemente y sin orientación.

Se observan fragmentos redondeados de calizas: un fragmento de micrita fresca, un fragmento de micrita con los bordes muy oxidados y un fragmento de bioesparita. Se distinguen también una costra de óxido y un mineral opaco, de tamaño gránulo.

4.12.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 66,379%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 0%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 33,621%
- Grupo de roca principal: terrígena

4.12.2.1. Fábrica. La roca es homogénea, con granos en contacto flotante a puntual, distribuidos uniformemente y sin orientación. Presenta soporte y empaquetamiento intermedio.

4.12.2.2. Tamaño de grano. Mediana: arena fina (2,4 phi)

Rango extremo (100%): limo grueso (5 phi)

Rango (16-84%): -1,7 phi

Calibrado en términos de phi: 0,78 (calibrado moderado)

Unimodal o bimodal: unimodal

Fracción grava: 2,463%

Fracción arena: 96,552%

o Arena muy gruesa: 0,985%

o Arena gruesa: 2,463%

o Arena media: 27,094%

o Arena fina: 54,187%

o Arena muy fina: 11,823%

Fracción lodo: 0,985%

4.12.2.3. Forma de grano. Idiomorfismo: los granos son anhedrales a subhedrales.

Esfericidad: los granos son no esféricos.

Redondez: las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.12.2.4. **Madurez textural.** Submadura. Presenta menos del 5% de arcillas, calibrado moderado y las partículas son subangulares a subredondeadas.

4.12.3. **Composición:** A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca

Terrígenos:

Cuarzo: representa el 25,706% (41,364% recalculado) de la muestra de roca en sección delgada. Se encuentra distribuido uniformemente, con un tamaño de grano entre limo grueso y arena media, con algunas partículas de tamaño limo medio y (rango completo: 0,019 a 5 mm). Presenta dos variedades, cuarzo monocristalino y cuarzo policristalino, los cuales serán descritos a continuación.

Cuarzo monocristalino: se encuentra distribuido uniformemente en un 20,904% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre limo grueso y arena media, con algunas partículas de tamaño limo medio (rango completo: 0,019 a 0,38 mm), mal calibrado, con forma anhedral, no esférico, partículas subangulares a subredondeadas y contactos flotantes a puntuales. Algunos presentan fracturas que han sido rellenas por el cemento calcáreo.

Según sus características petrográficas, se distinguen: cuarzoes con extinción recta y cuarzoes con extinción ondulante.

Cuarzo policristalino: distribuido uniformemente en un 4,802% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena muy fina a gruesa, con algunas partículas de guija (rango completo: 0,114 a 5 mm), mal calibrado, con forma anhedral, no esférico, partículas subredondeadas a subangulares y contactos flotantes a puntuales.

Según sus características petrográficas de extinción y forma de los bordes entre sus cristales, se distinguen:

- (iv) Cuarzos policristalinos con extinción ondulante y bordes suturados.
- (v) Cuarzos policristalinos con extinción recta y bordes poligonales,

Chert: presenta una distribución uniforme, representando el 0,282% de la muestra de roca. El tamaño de grano varía entre arena fina y media (rango completo: 0,209 a 0,5 mm), buen calibrado, no esférico, subredondeado a subangular, contactos flotantes a puntuales.

Feldespato: se encuentra distribuido uniformemente y representa el 14,407% del total de la sección delgada (24,545 % recalculado, sumando el valor de los fragmentos de roca plutónica). El tamaño de grano varía entre arena muy fina y media (rango completo: 0,095 a 0,38 mm).

Se observan las variedades de feldespato potásico y plagioclasa, que serán descritas a continuación.

Feldespato potásico: Se observa con una distribución uniforme, en un 1,977% de la sección delgada. El tamaño de grano varía, principalmente, entre arena fina y media, con algunas partículas de tamaño arena muy fina (rango completo: 0,095 a 0,38 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférico, subangular a subredondeado y contactos flotantes a puntuales.

Se distinguen partículas de feldespato potásico frescas y algunas ligeramente alteradas a caolinita. Presentan macla de Tartán y textura peritética en venas.

Plagioclasa: Se encuentra distribuido uniformemente en un 12,429% de la muestra de roca. El tamaño de grano varía entre arena muy fina a media (rango completo: 0,066 a 0,38 mm), calibrado moderado, forma subhedral a anhedral, no esférica, subangular a angular y contactos flotantes a puntuales. En la mayoría de los granos se observan fracturas y corrosión en los bordes por la acción del cemento calcáreo.

Se reconocen partículas frescas de plagioclasa, con macla polisintética o zonación oscilatoria, y otras que se encuentran alteradas a sericita o epidota.

Micas: están distribuidas de forma uniforme en un 0,282% de la sección delgada. Presentan un tamaño de grano entre arena fina y media (rango completo: 0,25 a 0,375 mm), buen calibrado, con forma subhedral, no esférica, subangular y contactos flotantes a puntuales. Se distinguen micas de tipo moscovita y biotita, frescas, ligeramente cloritizadas y en ocasiones, oxidadas.

Fragmentos de roca: están distribuidos uniformemente en un 20,339% de la muestra de roca en sección delgada (34,091 % recalculado, restando los fragmentos de roca plutónica). El tamaño de grano se encuentra entre arena fina y gránulo (rango total: 0,123 a 12 mm). Se presentan las tres variedades de fragmentos de roca, esto es, fragmentos volcánicos, plutónicos, sedimentarios y metamórficos.

Fragmentos de roca volcánica: constituyen el 6,215% de la sección delgada, con tamaño de grano, principalmente, de arena fina a media, con algunas partículas que solo alcanzan el tamaño arena muy fina (rango completo: 0,123 a 0,475 mm), calibrado moderado, no esférico, subredondeado a subangular, contactos flotantes a puntuales.

Se distinguen las siguientes variedades:

(iii) Fragmento volcánico de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasas tabulares y prismáticas largas, en una matriz microcristalina. Se observó un fenocristal de plagioclasa con sobrecrecimiento autigénico.

(iv) Fragmento volcánico de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa tabular en una matriz afanítica.

Fragmentos de roca plutónica: representan el 0,847% de la muestra de roca, con un tamaño de grano, principalmente de arena media, con algunas partículas de tamaño arena muy gruesa

(rango completo: 0,327 a 1,512 mm). El calibrado es moderado, las partículas son no esféricas, subredondeadas a subangulares y contactos flotantes a puntuales.

Se distinguen fragmentos compuestos por cuarzo y feldespato, posiblemente potásico.

Fragmentos de roca sedimentaria: forman el 8,757% de la sección delgada, con un tamaño de grano que varía entre arena fina y media, con algunas partículas de tamaño guija (rango completo: 0,218 a 12 mm), muy mal calibrado, no esféricos, subredondeados y contactos flotantes a puntuales.

Se observan fragmentos de arcillolitas, de tamaño arena fina a media y rocas carbonatadas, micrita y bioesparita, de tamaño grava.

La micrita posee los bordes fuertemente oxidados. La bioesparita presenta diversos fósiles y partículas terrígenas recubiertas por micrita.

Fragmentos de roca metamórfica: representan el 4,237% de la sección delgada, con un tamaño de grano que varía entre arena muy fina a gruesa (rango completo: 0,19 a 0,57 mm), mal calibrado, no esféricos, subredondeado a subangular y contactos flotantes a puntuales.

Están presentes las siguientes variedades:

(iii) Esquisto cuarzoso: compuesto en su mayoría, por cuarzo policristalino elongado y foliación bien definida de micas moscovita o clorita.

(iv) Pizarra: compuesto por minerales arcillosos que muestran una ligera orientación.

Otros: representan el 4,520% de la sección delgada, constituido por epidota, glauconita, anfíbol, titanita, opacos, óxidos y circón. Están distribuidos uniformemente.

Epidota: se encuentra distribuido uniformemente en un porcentaje traza de la sección delgada, con un tamaño de grano entre arena muy fina a fina (rango total: 0,125 a 0,187 mm),

buen calibrado, forma subhedral, no esférica, subangular y contactos flotantes a puntuales. Se distinguen las variedades clinozoisita y epidota.

Glauconita: forman el 0,847% de la lámina delgada, distribuida uniformemente. Poseen un tamaño de grano que varía entre arena fina a arena media (rango completo: 0,19 a 2,85 mm), calibrado moderado, forma anhedral, no esférica, redondeada y contactos flotantes a longitudinales. Se distinguen granos frescos y algunos ligeramente oxidados, adquiriendo tonalidades marrones o pardas en nícoles paralelos.

Anfibol: constituyen el 1,977% de la muestra de roca, con un tamaño de grano entre arena muy fina a media (rango completo: 0,076 a 0,323 mm), calibrado moderado, forma subhedral, no esférico, subangular y contactos flotantes a puntuales. Se presentan como anfíboles de tipo hornblenda, sin alteraciones

Óxidos: representan el 0,565% de la sección delgada y están distribuidos uniformemente. Principalmente se encuentran dispersos dentro del cemento de la roca, proporcionando una tonalidad rojiza y sin formar partículas. Sin embargo, se observó un grano de tamaño gránulo (3,6 mm), con forma anhedral, subredondeado y presentando algunas partículas terrígenas.

Opacos: Constituyen el 1,130% de la sección delgada, con tamaño de grano entre arena muy fina a fina, con algunos granos de tamaño gránulo (rango completo: 0,106 a 3,075 mm), muy mal calibrado, forma subhedral a anhedral, no esféricos, subangular a subredondeados, y contactos flotantes a puntuales.

Titanita: constituye trazas en la sección delgada, su tamaño de grano corresponde a arena muy fina (0,095 mm), forma anhedral, no esférica, subredondeada y contactos flotantes a puntuales. Usualmente presenta fracturas.

Aloquímicos: no se observan aloquímicos en esta sección delgada.

Minerales ortoquímicos: hacen parte de esta categoría, los minerales producto de alteración, entre ellos la sericita y epidota; y el cemento de la roca.

Calcita: corresponde al cemento de la roca y está presente en el 33,051% de la sección delgada. Posee una textura en mosaico equidimensional, con cristales de tamaño medio (rango: 0,1 a 0,15 mm), con forma subhedral a anhedral, no presentan macla polisintética.

Sericita: se presenta como alteración de los granos de plagioclasa individuales o de plagioclasas que se encuentran dentro de fragmentos de roca plutónica.

Epidota: este mineral se presenta como mineral detrítico y como mineral ortoquímico, éste último asociado a la alteración de plagioclasas individuales y plagioclasas que forman parte de fragmentos plutónicos.

Estructuras: no se observan estructuras en esta sección delgada. Las partículas están dispuestas de forma uniforme y sin orientación.

Microfacies (Alc1): Arenisca fina a media ligeramente conglomerática: litoarenita feldespática con cemento calcáreo. Calibrado moderado (0,78 phi), granos subangulares a subredondeados, distribuidos uniformemente y sin orientación, contactos flotantes a puntuales, con 42,523% cuarzo, 25,234% feldespato y 32,243% de fragmentos de roca.

Contiene fragmentos redondeados de calizas: un fragmento de micrita fresca, otro con los bordes muy oxidados y un fragmento de bioesparita. Se distinguen también una costra de óxido y un mineral opaco, de tamaño gránulo. No presenta aloquímicos.

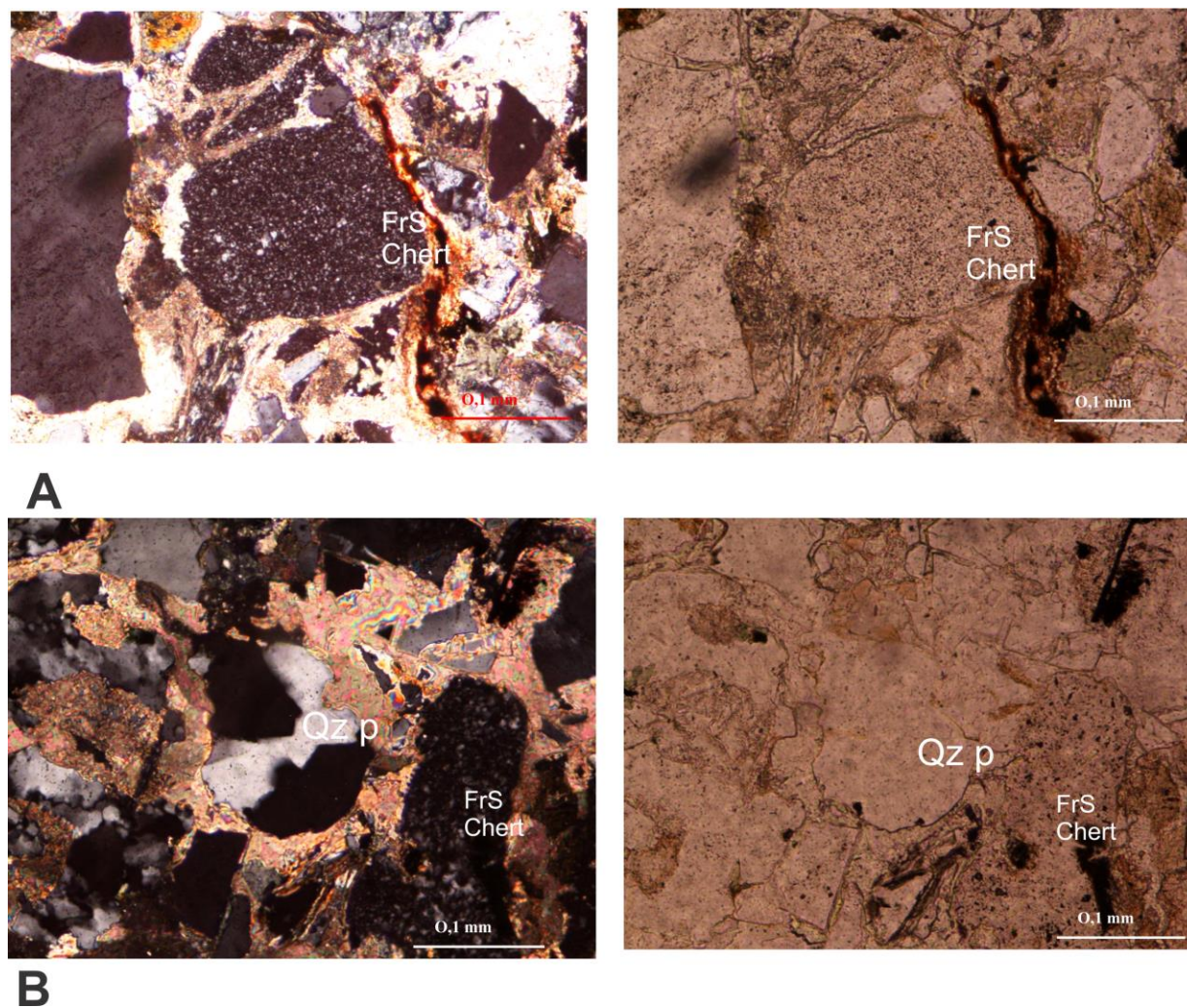


Figura 50. A: fragmento sedimentario de arenisca con matriz oxidada. B: Partícula fracturada de chert. C: cuarzo con extinción recta y bordes poligonales.

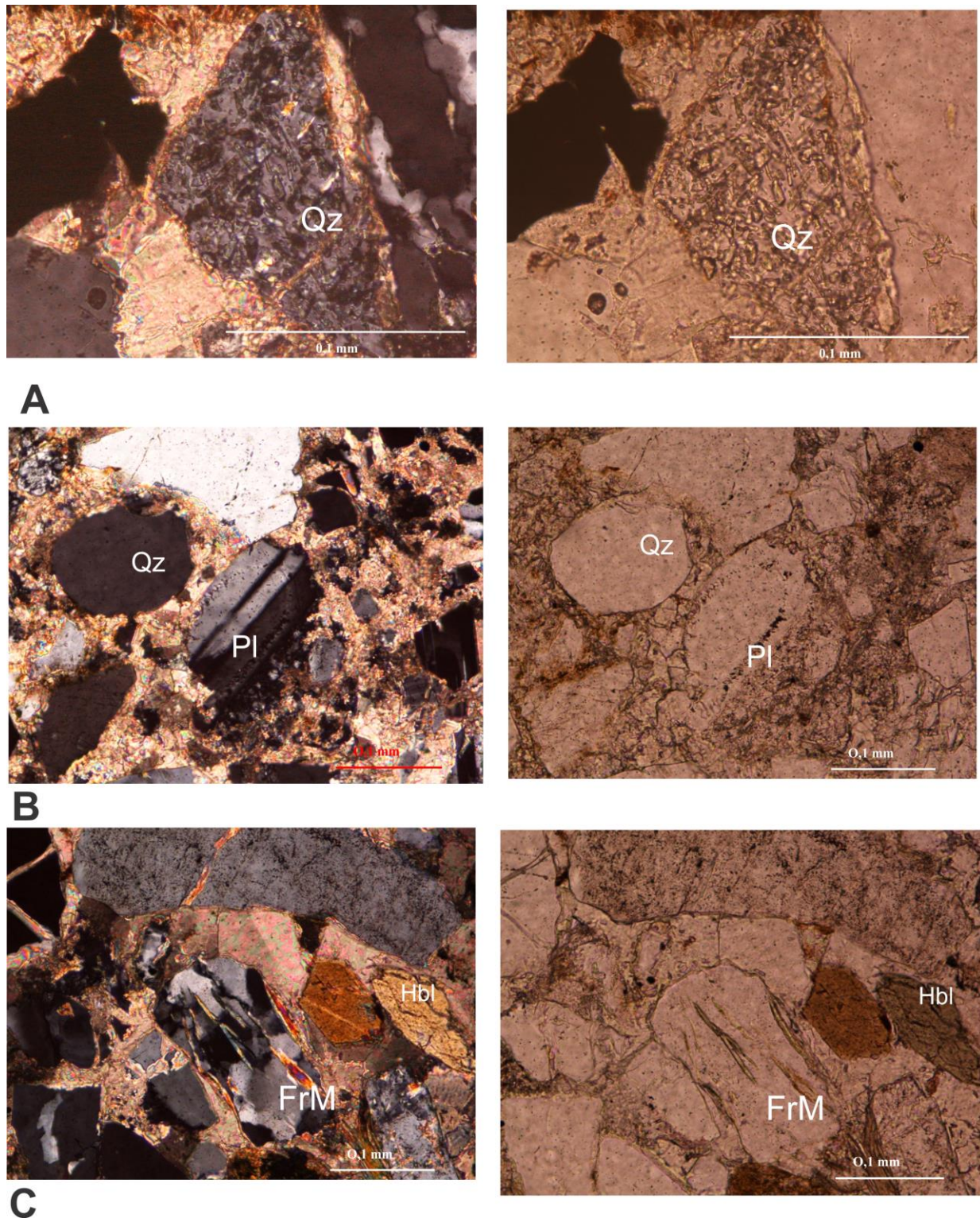


Figura 51. A: cuarzo con inclusiones de apatito. B: fragmento volcánico con fenocrystal de plagioclase con sobrecrecimiento en una matriz microcristalina. C: fragmento metamórfico de esquisto cuarzoso.

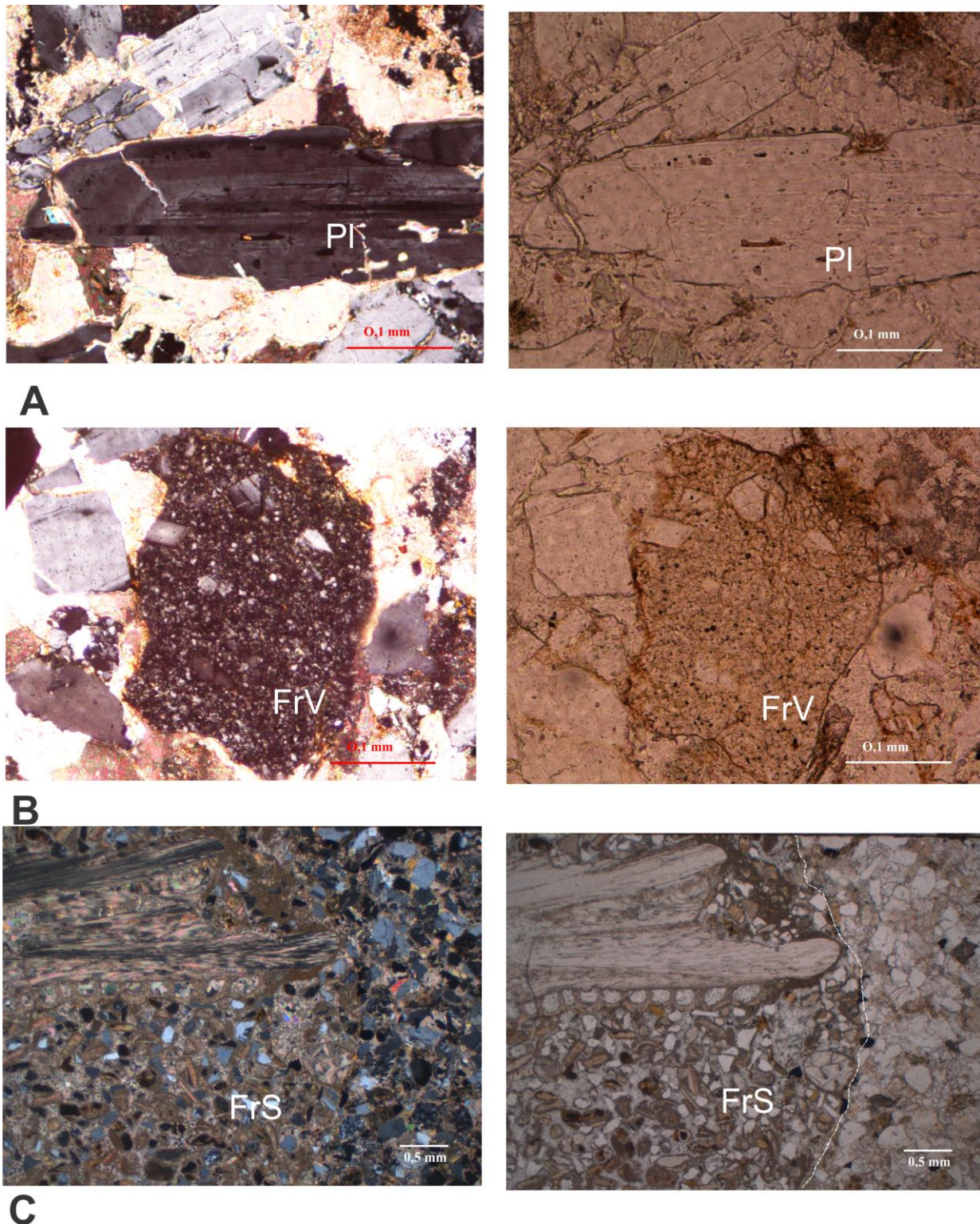
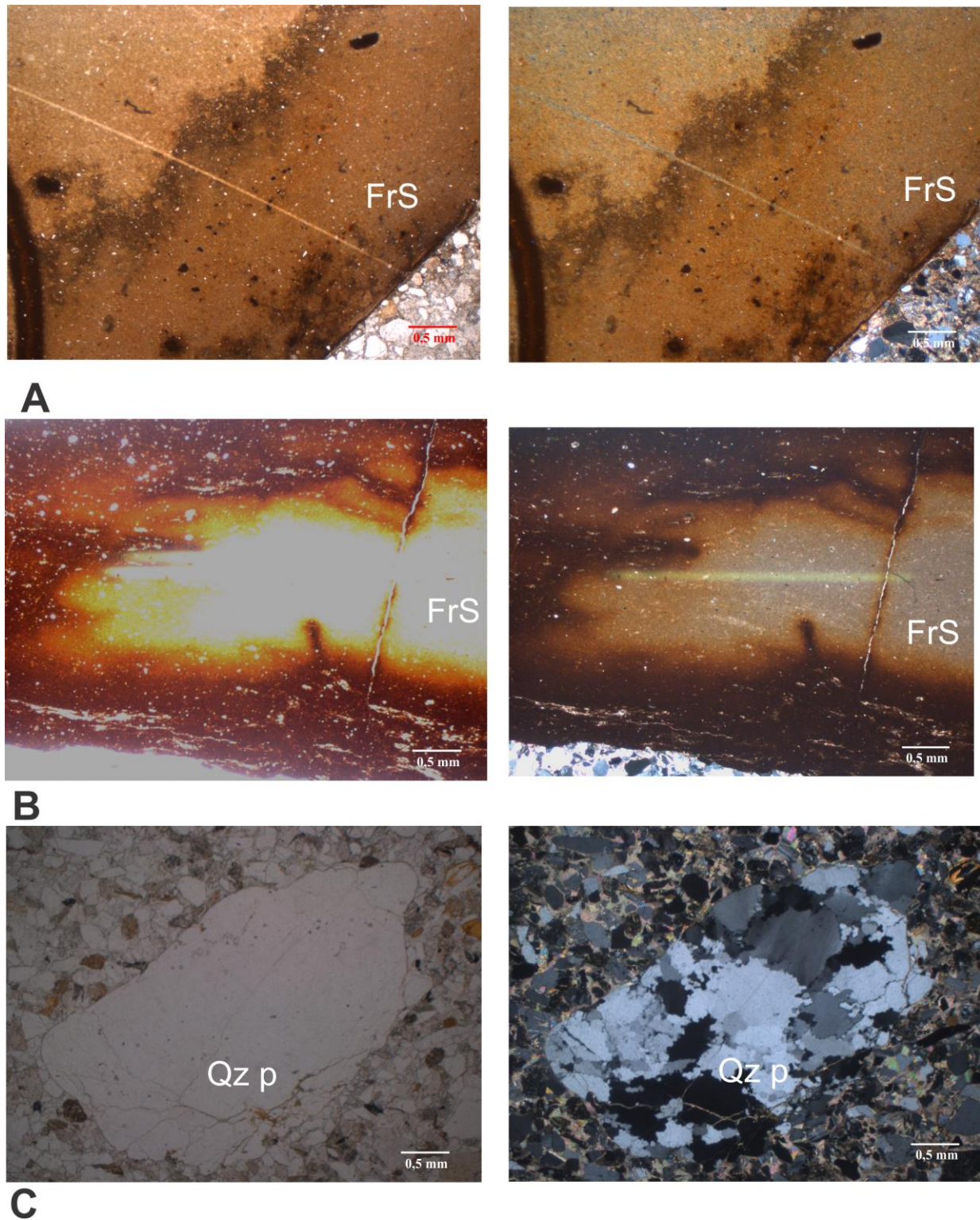


Figura 52. A: grano de plagioclasa con zonación oscilatoria. B: fragmento volcánico con fenocristales de plagioclasa en una matriz microcristalina. C: fragmento redondeado de una caliza fosilífera (no se observa completo).



C
Figura 53. A: fragmento sedimentario de caliza micrita B: fragmento sedimentario de caliza micrita con los bordes muy oxidados. C: cuarzo policristalino con extinción recta y bordes suturados.

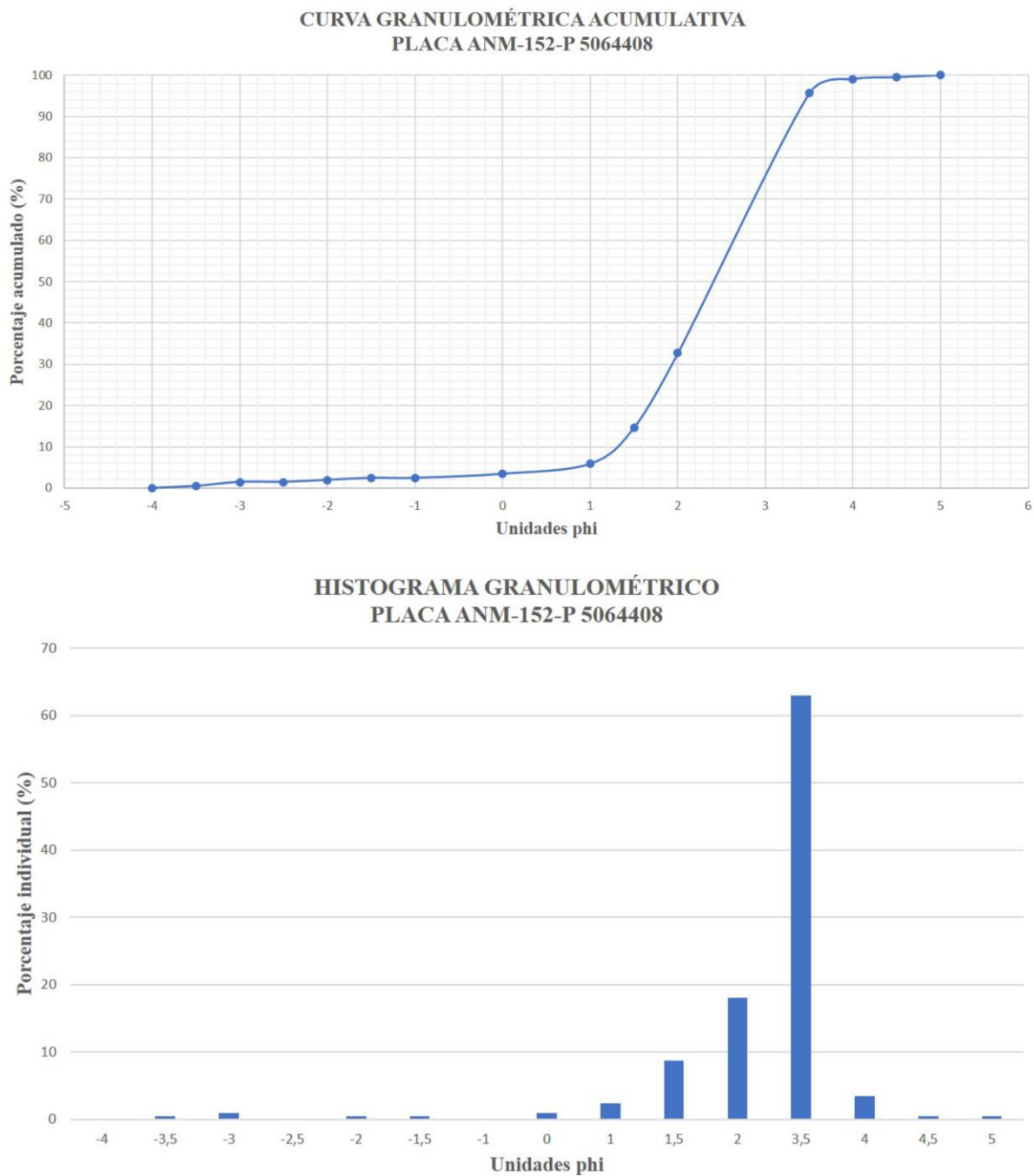


Figura 54. Curva granulométrica acumulativa e histograma granulométrico.

4.13. Sección delgada: 827399

Nombre textural: Micrita fosilífera

Número de puntos contados: 356

Descripción microscópica:

4.13.1. Breve resumen. Micrita fosilífera con 82,3% de micrita y algunas zonas irregulares rellenas de calcita tipo espar (2,8%). Presenta aloquímicos (9,3%) de foraminíferos y posiblemente, fragmentos de conchas recristalizadas, así como partículas terrígenas (5,618%) de cuarzo, feldespatos, fragmentos de roca volcánica, fragmentos de roca metamórfica, fragmentos de roca sedimentaria, epidota y hornblenda. Las partículas terrígenas se acumulan formando franjas ovaladas o sinuosas.

4.13.2. Textura. Componentes fundamentales:

- Porcentaje de terrígenos: 5,618%
- Porcentaje de materiales aloquímicos: 9,270%
- Porcentaje de materiales ortoquímicos: 85,112%
- Grupo de roca principal: Ortoquímica

4.13.3. Fábrica. La roca es lodo soportada y heterogénea, compuesta principalmente por micrita (82,3%), con algunas zonas irregulares compuestas por calcita tipo espar (2,8%). Los granos aloquímicos y las partículas terrígenas se encuentran en contacto flotante a puntual y sin orientación. El empaquetamiento de la roca es cerrado.

4.13.4. Composición. A continuación se describen las características petrográficas de las fracciones terrígenas, ortoquímicas y aloquímicas de la roca.

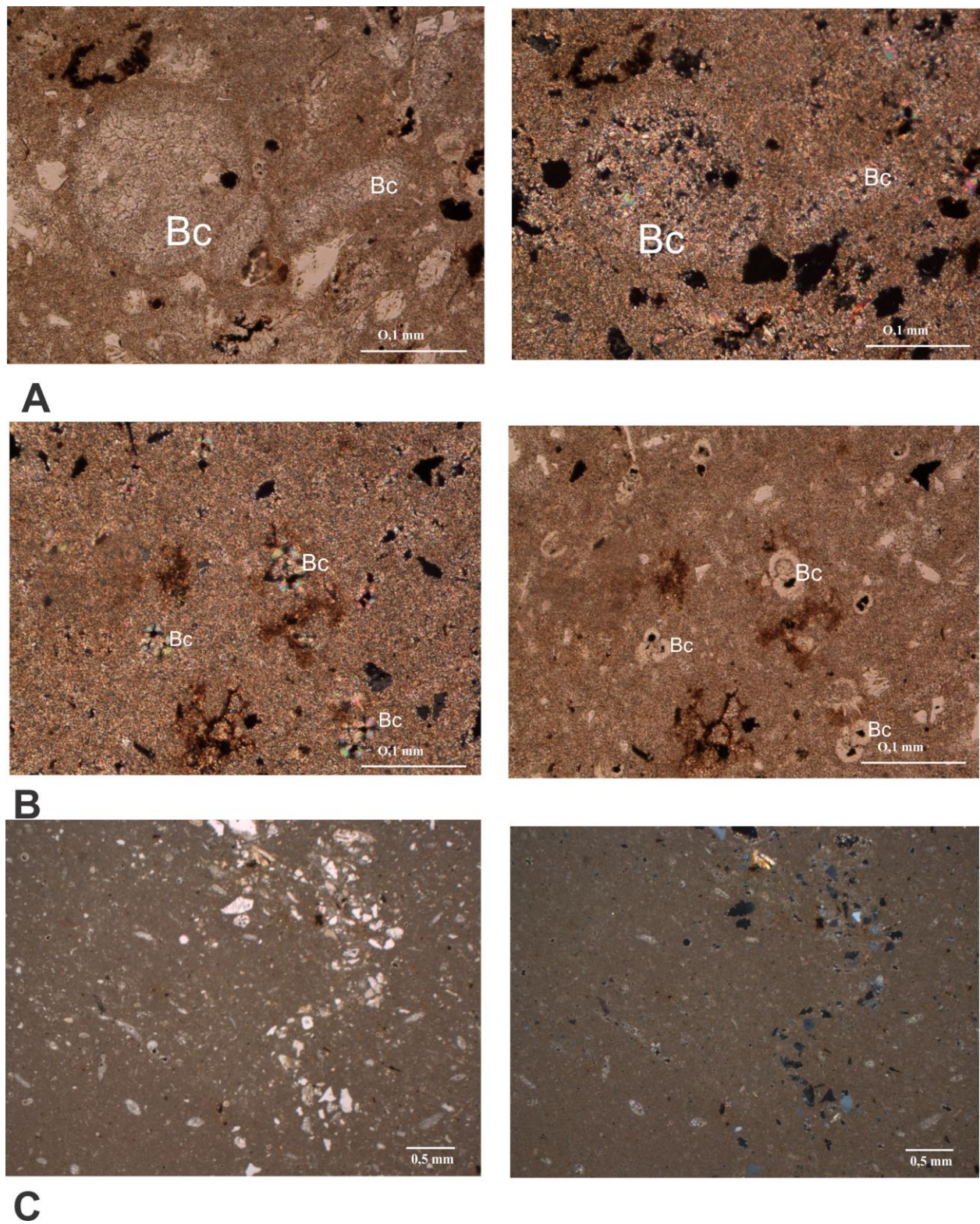
Ortoquímicos: corresponden al 85,112% de la muestra de roca en sección delgada, se observa principalmente como micrita (82,3%), aunque se presentan ciertas zonas con formas irregulares, rellenas de calcita tipo espar (2,8%) con cristales muy finos, de 0,01 mm a 0,02 mm. Las cuales contienen aloquímicos recrystalizados a calcita.

Aloquímicos: representa el 9,270% de la sección delgada y se encuentran distribuidos uniformemente, sin embargo, se observan algunas zonas con una mayor acumulación de aloquímicos, principalmente cerca de las franjas rellenas de espar. Está constituido por foraminíferos calcáreos con las cámaras rellenas por cristales de calcita u opacos, también se observan aloquímicos con formas ovaladas, rellenos de calcita tipo espar y sin estructuras visibles, que posiblemente sean fragmentos de conchas muy recrystalizados.

Terrígenos: constituye el 5,618% de la lámina delgada y presentan una distribución heterogénea, acumulándose en algunos sectores de la sección formando franjas ovaladas o sinuosas. Se observan granos subangulares a angulares de cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino con bordes ligeramente poligonales y suturados, plagioclasa con macla polisintética frescas y en ocasiones alterando a sericita, feldespato potásico, fragmentos de roca volcánica, fragmentos de roca metamórfica, fragmentos de roca sedimentaria, epidota y hornblenda, en contacto flotante a puntual.

Estructuras: se observan franjas ovaladas o sinuosas formadas por partículas terrígenas y zonas con formas irregulares rellenas de calcita tipo espar.

Microfacies (Mf): Micrita fosilífera que contiene foraminíferos calcáreos, con las cámaras rellenas de espar u opacos, y fragmentos de conchas recristalizadas. También presenta partículas terrígenas, subangulares a angulares, que se concentran formando franjas elípticas. En algunos sectores pueden observarse parches irregulares rellenos por espar.



C

Figura 55. A: foraminíferos planctónicos y conchas muy recristalizadas (se encuentran dentro de una zona rellena de espar). B: foraminíferos planctónicos (se encuentran dentro de una zona rellena de espar). C: partículas terrígenas formando franjas sinuosas en la matriz de micrita.

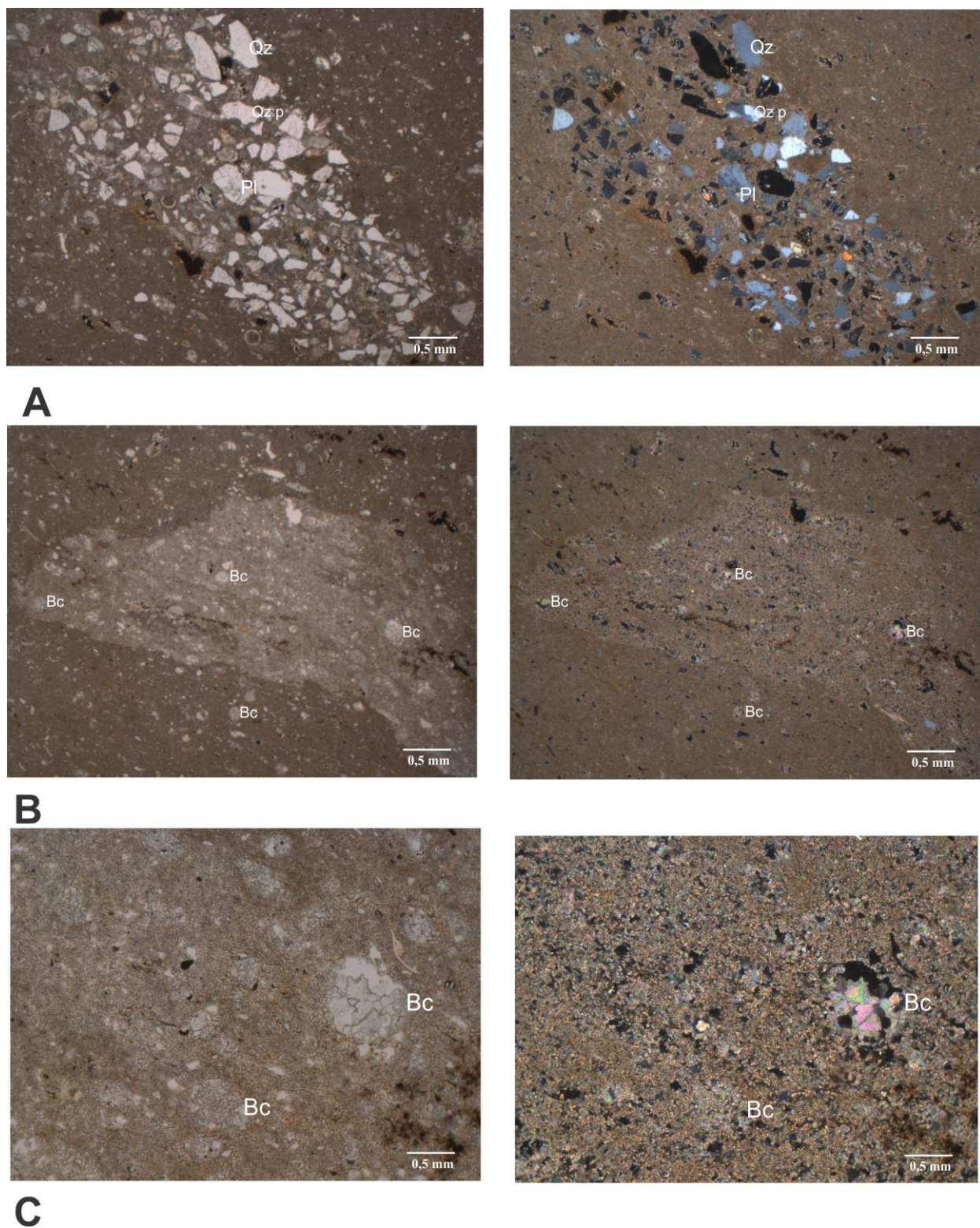


Figura 56. A: partículas terrígenas formando franjas ovaladas, posiblemente debido a bioperturbación B: parches irregulares rellenos de espar. C: foraminíferos recrystalizados a calcita dentro de zonas rellenas de espar.

5. Discusión

La Formación Tubará comprende una diversidad de tipos de rocas, entre terrígenas, aloquímicas impuras y ortoquímicas. Las rocas terrígenas estudiadas en este trabajo consisten principalmente en areniscas de tamaño de grano muy fino, medio a grueso y algunas ligeramente conglomeráticas, todas presentan cemento calcáreo y clasifican composicionalmente como arcosas, arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas. Las rocas aloquímicas impuras corresponden a bioesparitas arenosas y la roca ortoquímica consiste en una micrita fosilífera.

Estas muestras de rocas en sección delgada presentan un estado textural submaduro, por lo que se relacionan con un ambiente sedimentario con una efectividad intermedia en la selección y abrasión de las partículas.

En cuanto a la posición estratigráfica de las diferentes secciones delgadas, se observa que las muestras ubicadas en la plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla corresponden posiblemente a la parte superior de la unidad, ya que se encuentran similitudes al comparar la descripción realizada en este trabajo con la de las columnas levantadas por Barrera (2001) en los arroyos Morrotillo y Piojó cerca al área de recolección de las secciones 827409, 827392, 827393, 827395 y 827396, Barrera (2001) elabora la siguiente descripción para la parte superior de la unidad en el Arroyo Morrotillo: “arenitas feldespáticas grano decrecientes de grano grueso a fino, cemento calcáreo, ocasionalmente con guijos y gránulos de cuarzo y chert hacia la base de las capas. Una característica importante en gran parte de este conjunto es la presencia de abundantes fragmentos de moluscos (gasterópodos, bivalvos) además de la intensa bioturbación”, para el Arroyo Piojó afirma lo siguiente: “la parte más superior observada en esta

sección corresponde a capas lenticulares de arenitas de grano fino, sublíticas, de color gris oscuro, con cemento calcáreo, interpuestas con arcillolitas gris oscuras” y además, según esta descripción, solo la parte superior de la unidad contiene areniscas con cemento calcáreo. Sin embargo, las secciones delgadas 827407 y 827406 recolectadas en cercanías al Arroyo Piedras, al ser comparadas con la descripción de la columna estratigráfica de Molinares (2012) en este sector, presentan una diferencia importante ya que este autor no menciona el cemento calcáreo que se observó en las rocas estudiadas en este trabajo, aun así, parecen corresponder con la parte media de la unidad que Molinares (2012) describe como: “litoarenitas conglomeráticas fosilíferas con abundantes fragmentos de fósiles de moluscos pobremente seleccionados, con disminución de su proporción hacia el tope”.

Por su parte, las secciones delgadas ubicadas en las planchas 24 Sabanalarga y 23 Cartagena, no muestran una correspondencia exacta con la descripción realizada en las columnas estratigráficas de Reyes y Zapata (2001) y Reyes et al. (2001) en el Arroyo Gallinazo y en la carretera La Cordialidad, ya que en ninguna de estas secciones se registran areniscas con cemento calcáreo, sin embargo, la sección delgada ANM-048 parece corresponder con la parte superior de la unidad en el Arroyo Gallinazo, descrita por Reyes y Zapata (2001) como: “areniscas de cuarzo, con algún contenido de fragmentos líticos y conchas de bivalvos; son de grano grueso a conglomeráticas, blancas a amarillas, con moderada selección” y las secciones FGR-145-P, ANM-152-P y ANM-153-P corresponderían igualmente a la parte superior de la Formación Tubará según se describe por este mismo autor en la sección de la carretera de La Cordialidad: “litoarenitas de grano medio, de color gris verdoso, en capas gruesas”.

Por último, la única roca ortoquímica de tipo micrita estudiada en este trabajo se encuentra ubicada dentro de la plancha 16-17 en el límite entre la Formación Tubará y la infrayacente

Formación Hibácharo, la cual al ser comparada con la descripción de las secciones estratigráficas elaboradas por Barrera (2001), no se encuentra correspondencia litológica ni con relación a la Formación Tubará ni con la Formación Hibácharo, ya que para estas sucesiones no se registran calizas de tipo micrita.

Esto indica que la parte superior de la unidad se caracteriza principalmente por poseer areniscas finas a ligeramente conglomeráticas de composición arcósica con cemento calcáreo y bioesparitas arenosas con abundantes fragmentos de moluscos, además, que en las planchas 24 Sabanalarga y 23 Cartagena la Formación Tubará contiene areniscas finas a medias ligeramente conglomeráticas y bioesparitas arenosas que no han sido reportadas en la literatura de esta área. También se resalta que dentro de la Plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla se describe una muestra de micrita fosilífera hacia la base de la Formación Tubará, en el límite con la Formación Hibacharo, que tampoco ha sido descrita dentro de las litologías del área.

6. Recomendaciones

Según el estudio realizado en este trabajo y debido a sus limitaciones, no fue posible obtener conclusiones más profundas acerca de las condiciones ambientales, los procesos diagenéticos o la procedencia de la Formación Tubará. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomiendan estudios de campo y petrografía de la unidad, con secciones delgadas ubicadas en una columna estratigráfica, que permitan caracterizar con base en su posición dentro de la sucesión sedimentaria, las características litológicas de la Formación y estudiar sus condiciones ambientales.

Así mismo, en este trabajo se han observado características interesantes en cuanto a los procesos diagenéticos de las rocas de esta unidad, entre estas, parches de micrita en algunas areniscas con cemento de espar o dolomita, parches de espar en una micrita fosilífera, restos de yeso con fluorita en algunas areniscas calcáreas y cristales de calcita rodeando los bordes de los minerales. En cuanto a su procedencia, genera curiosidad el hecho de que estas litologías contienen gran cantidad de fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y de chert, así como abundancia de feldespatos no alterados, por lo que un estudio de procedencia aclararía el origen de tal mezcla de litologías.

7. Conclusiones

La Formación Tubará, según el estudio petrográfico de 13 secciones delgadas ubicadas en las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla, 23 Cartagena y 24 Sabanalarga a escala 1:100.000, comprende diversos tipos de rocas: rocas terrígenas, rocas aloquímicas impuras y una roca ortoquímica.

Las rocas terrígenas poseen cemento calcáreo y cada una clasifica, según Folk (1974), como: arenisca fina a media ligeramente conglomerática (litoarenita feldespática), arenisca media a gruesa ligeramente conglomerática (arcosa lítica), arenisca fina ligeramente conglomerática (arcosa micácea), arenisca fina (arcosa lítica), arenisca gruesa a media (arcosa), arenisca muy fina (arcosa lítica), arenisca gruesa a media (arcosa) y arenisca muy fina a fina limosa (arcosa lítica micácea).

Las rocas aloquímicas impuras corresponden a bioesparitas arenosas y la roca ortoquímica consiste en una micrita fosilífera.

Se destacan las siguientes características petrográficas de la unidad: presenta cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino con extinción recta y ondulante, con bordes poligonales o suturados, en ocasiones con recristalización, feldespatos potásicos con textura pertítica, plagioclasas con zonación oscilatoria, micas oxidadas y frescas, chert, abundantes fragmentos de roca plutónica, volcánica, metamórfica, sedimentaria y minerales pesados (hornblenda, epidota, titanita y opacos).

Se identificaron las microfacies: Mf, Alc1, AlcD, Agm, Ba1, Ba2, Ba3, Ba4, AmfL, Amf, Alc2, Afm y Alc3.

Por último, las secciones delgadas 827409, 827392, 827393, 827395 y 827386 de la plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla, posiblemente corresponden a la parte superior de esta unidad, consistiendo en areniscas finas a ligeramente conglomeráticas de composición arcósica con cemento calcáreo y bioesparitas arenosas con abundantes fragmentos de moluscos.

Referencias bibliográficas

Adams, A.E., MacKenzie, W.S. y Guilford, C. (1997). Atlas de rocas sedimentarias. Ed. Masson, 106 p.

Adams, A. E. & Mackenzie, W. S. (1998). A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks Under the Microscope. 180 pp. London: Manson Publishing.

Anderson, F.M., (1926). Original source of oil in Colombia. Bulletin of American Association of Petroleum Geologist. 10 (4): 382-40.

Anderson, F. M., (1927a). Non-marine Tertiary deposits of Colombia. Bull Geol. Soc. Amer., vol. 38, p. 591-644.

Anderson, F. M., (1927b). The marine Miocene deposits of North Colombia. Proc. Calif. Ac. Sc., (4ª ser.), vol. 16, p. 87-95.

Anderson, F. M., (1929). Marine Miocene and related deposits of North Colombia. Proc. Calif. Ac. Sc., (4ª ser.), vol. 18, p. 73-213.

Barrera, R., (1998). Mapa Geológico de la Plancha 16-17 Galerazamba-Barranquilla, escala 1:100.000. Ingeominas.

Barrera, R. (2001). Geología de las Planchas 16-17 (Galerazamba y Barranquilla). INGEOMINAS, Cartagena.

Barrera, R.; Reyes, G.; Guzmán, G. y Franco, V., (2001). Geología de la plancha 31 – Campo de la Cruz. Memoria Explicativa. Ingeominas, Bogotá.

Bordine, B.W. (1974). Neogene biostratigraphy and paleoenvironments Lower Magdalena Basin, Colombia. PH. D Dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. Department of Geology: 262 pp.

Bueno, R. (1970). The Geology of the Tubara region Lower Magdalena Basin. Eleventh Field Conference, 27-28 February: 299-324.

Bürgl, H., Barrios, M. & Rostrom, A.M. (1955). Micropaleontología y estratigrafía de la sección de Arroyo Saco, departamento del Atlántico. Boletín Geológico. 8 (1): 1-114.

Cruz, L. E. y Caballero, V. M. (2007). Guías de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos. Publicaciones UIS, 89 p

de Porta, J. (2003). La formación del istmo de Panamá. Su incidencia en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 27, 191-216

Duque-Caro, H., (1972^a). Ciclos tectónicos y sedimentarios en el norte de Colombia y sus relaciones con la paleoecología. Boletín Geológico. 19 (3): 1-23

Duque-Caro, H., (1972b). Relaciones entre la bioestratigrafía y la cronoestratigrafía en el llamado Geosinclinal de Bolívar. Boletín Geológico. 19 (3): 25-68.

Duque-Caro, H., (1975). Los foraminíferos planctónicos y el Terciario de Colombia. Revista Española de Micropaleontología. 7 (3): 403-427.

Duque-Caro, H., (1976). Características estratigráficas y sedimentarias del Terciario marino de Colombia. Segundo Congreso Latinoamericano de Geología. 945-964.

Duque-Caro, H., (1978). Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana. Boletín geológico Ingeominas, 23 (3). Bogotá.

Folk, R.L., (1974) Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co., Austin, 170 p

Germeraad, J.H., Hopping, C.A. & Muller, J. (1968). Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. Review of Palaeobotany and Palynology. 6 (3-4): 188-348.

Guzmán, G., Gómez, E. y Serrano, B., 2004. Geología de los Cinturones del Sinú, San Jacinto y borde occidental del Valle Inferior del Magdalena, Caribe Colombiano. Escala 1:300.000. Memoria técnica Ingeominas. Bogotá, 134 p.

Henao, L. D., 1951. Geología del departamento del Atlántico. Servicio Geológico Nacional, Informe 754 inédito, Bogotá.

Hopping, C.A. (1967). – Palynology and the Oil Industry, Rev. Palaeobotan. Palynol., vol. 2, nº 1-4, pp. 23-48, 13 fig., 2 pl. Amsterdam.

Molinares, C. E., Martinez, J. I., Fiorini, F., Escobar, J., & Jaramillo, C. (2012). Paleoenvironmental reconstruction for the lower Pliocene Arroyo Piedras section (Tubará–Colombia): Implications for the Magdalena River–paleodelta’s dynamic. Journal of South American Earth Sciences, 39, 170-183.

Molinares, C. E., Martinez, J. I., Fiorini, F., & Jaramillo, C. (2007). Ambientes de acumulación y foraminíferos bentónicos de la Formación Tubará (Plioceno del Valle Inferior del Magdalena). Boletín de Geología, 29(2).

Porta, J. de. (1974). Lexique Stratigraphique International. Volume V Amérique Latine. Fasc. 4: 1-692. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.

Raasveldt, H.C. (1954). Acerca del hallazgo de petróleo en una perforación de agua cerca de Tolú, Serv. Geol. Nal, Informe nº 1017 (inédito), Bogotá.

Redmond, C.D. (1953). Miocene foraminifera from Tubara Beds of Northern Colombia. *Journal of Paleontology*. 27 (5): 703-733.

Reyes, G., Guzmán, G., Barbosa, G., Zapata, G., (2001). Geología de las Planchas 23 Cartagena y 29 - 30 Arjona Escala 1:100.000. Memoria Explicativa. Ingeominas.

Reyes, G., Zapata, G. (2001). Geología de la plancha 24 Sabanalarga. Memoria Explicativa. Ingeominas, Ministerio de Minas y Energía, Colombia.

Reyes, G., Zapata, G., (1998). Mapa Geológico de la Plancha 24 Sabanalarga, escala 1:100.000. Ingeominas

Royo y Gómez, J. (1942). Fósiles del Terciario del Norte de Colombia. *Compilación Estudios Geológicos Oficiales de Colombia*. 5:461-488.

Ulmer-Scholle, D. S., Scholle, P. A., Schieber, J., & Raine, R. J. (2014). A color guide to the petrography of sandstones, siltstones, shales and associated rocks. *American Association of Petroleum Geologists*

Van Den Bold, W.A. (1966). Upper Miocene Ostracoda from the Tubará Formation (northern Colombia), *Micropaleontology*, vol. 12, nº 3, pp. 360-364, 2 text-fig., 1 pl., New York.