

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

**Análisis petrográfico de las areniscas de la Formación San Cayetano
en el pozo ANH-SSJ-15-STR-S**

Laura Andrea Corredor Hernández

Trabajo de Grado para optar el título de Geóloga

Director:

Rigo Alfredo Ramírez Jiménez

Geólogo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2022

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Dedicatoria

A Dios, quien es milagroso, abre caminos y cumple promesas.

A mi papá Jaime, mi ángel en el cielo y quien fue un regalo de Dios en mi vida.

A mi mamá Lucila, quien, con su amor, dedicación, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional acompaña cada etapa de mi vida.

A mi hermano Julián, quien ha sido luz, es mi ejemplo a seguir y junto con mi mamá son el amor de mi vida.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Agradecimientos

Especialmente al geólogo Rigo Ramírez director de mi proyecto de grado, por su dedicación, por compartir sus conocimientos, por su paciencia y por su disposición para enseñar.

A Hocol SA y a Gabriel Veloza por el préstamo de las secciones delgadas y la información suministrada para el desarrollo de mi trabajo de grado.

A Génesis Consultoría en Geología, por abrirme sus puertas.

A David, Gabriel, Ángela, Jahir, Viviana, Sebastián, Nanffy y Alexandra.

A la señora Teresa y a la señora Esperanza.

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Geología y a cada uno de los profesores y compañeros que contribuyeron en mi formación integral durante estos años.

A mi familia, especialmente a mi tía Gloria y a mi tía Hilda por brindarme su amor y su apoyo.

A mis mejores amigos Meli, Daniel y Óscar por estar siempre.

A Mafe G.P, Juan Ricardo, Camila, Mafe G.S y Gustavo, grandes amigos que me regaló la geología.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Tabla de Contenido

| | |
|--|-----|
| Introducción | 12 |
| 1. Generalidades | 13 |
| 1.1 Localización | 13 |
| 1.2 Antecedentes Estratigráficos | 16 |
| 1.2.1 Formación San Cayetano. | 16 |
| 1.3 Justificación | 19 |
| 1.4 Objetivos | 20 |
| 1.4.1 Objetivo general: | 20 |
| 1.4.2 Objetivos específicos: | 20 |
| 1.5 Metodología | 21 |
| 2. Análisis petrográfico | 27 |
| 2.1 Identificación de constituyentes. | 28 |
| 2.2 Identificación petrográfica. | 80 |
| 2.3 Análisis de Procedencia | 87 |
| 3. Conclusiones | 99 |
| 4. Recomendaciones..... | 101 |
| Referencias bibliográficas..... | 102 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Mapa de localización del pozo ANH-SSJ-15-STR-S..... | 13 |
| Figura 2 Localización del pozo ANH-SSJ-15-STR-S (Punto de color rojo) en el Mapa geológico del Caribe Colombiano. | 14 |
| Figura 3 Comparador visual para determinar el calibrado en areniscas. | 22 |
| Figura 4 Comparador visual para determinar la redondez en areniscas. | 23 |
| Figura 5 Posición estratigráfica de las muestras seleccionadas en este trabajo de grado. | 26 |
| Figura 6 Secciones delgadas utilizadas para el análisis petrográfico. | 28 |
| Figura 7 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'..... | 37 |
| Figura 8 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'..... | 38 |
| Figura 9 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'..... | 39 |
| Figura 10 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-371.66'..... | 44 |
| Figura 11 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-371.66'..... | 45 |
| Figura 12 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-371.66'..... | 46 |
| Figura 13 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'..... | 51 |
| Figura 14 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'..... | 52 |
| Figura 15 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'..... | 53 |
| Figura 16 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'..... | 58 |
| Figura 17 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'..... | 59 |
| Figura 18 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'..... | 60 |
| Figura 19 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'. | 65 |
| Figura 20 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'. | 66 |
| Figura 21 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'. | 67 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | |
|--|----|
| Figura 22 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42' | 71 |
| Figura 23 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42' | 72 |
| Figura 24 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42' | 73 |
| Figura 25 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33' | 77 |
| Figura 26 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33' | 78 |
| Figura 27 Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33' | 79 |
| Figura 28 Clasificación en el diagrama triangular TAO de Folk (1974)..... | 80 |
| Figura 29 Clasificación composicional con énfasis en la madurez QtFL de Dickinson (1985) en el diagrama propuesto por Folk (1974)..... | 83 |
| Figura 30 Clasificación composicional con énfasis en la procedencia de las areniscas (Dickinson, 1985). | 84 |
| Figura 31 Clasificación petrográfica simple propuesta por Garzanti(2016)..... | 85 |
| Figura 32 Clasificación composicional con base en el contenido de líticos..... | 86 |
| Figura 33 Granos de cuarzo identificados en este estudio..... | 89 |
| Figura 34 Granos de feldespato identificados en este estudio. | 90 |
| Figura 35 Fragmentos líticos identificados en este estudio. | 94 |
| Figura 36 Resultados del análisis petrográficos..... | 95 |
| Figura 37 Diagrama triangular QmFLt con énfasis en la madurez propuesto por Dickinson (1985)..... | 96 |
| Figura 38 Diagrama triangular QtFL con énfasis en la procedencia propuesto por Dickinson (1985)..... | 97 |
| Figura 39 Diagrama triangular QmPK con énfasis en la procedencia propuesto por Dickinson (1985)..... | 97 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 40 Diagrama triangular QtFL de procedencia propuesto por Garzanti (2016). 98

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Espesor de capas y láminas..... | 21 |
| Tabla 2 Clasificación de la bioperturbación con base en la destrucción de las estructuras sedimentarias..... | 23 |
| Tabla 3 Escala de consistencia de las rocas..... | 23 |
| Tabla 4 Información de las secciones delgadas analizadas..... | 27 |
| Tabla 5 Partículas identificadas durante el análisis petrográfico con los códigos de las clasificaciones propuestas por Folk (1974), Dickinson (1985) y Garzanti (2016)..... | 29 |
| Tabla 6 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-87.00' | 33 |
| Tabla 7 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-371.66' | 40 |
| Tabla 8 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-895,75' | 47 |
| Tabla 9 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1199' | 54 |
| Tabla 10 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1390,08' | 61 |
| Tabla 11 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1923.42' | 68 |
| Tabla 12 Análisis petrográfico de la sección SSJ15-2175.33' | 74 |
| Tabla 13 Porcentaje de constituyentes terrígenos(T), alquímicos(A) y ortoquímicos (O)..... | 80 |
| Tabla 14 Porcentajes de armazón, pseudomatriz, matriz y cemento..... | 81 |
| Tabla 15 Resultados de los análisis petrográfico normalizados a porcentaje de cuarzo total (Qt), feldespatos(F) y líticos(L) propuesto Folk (1974)..... | 82 |
| Tabla 16 Resultados de los análisis petrográficos normalizados a porcentaje de cuarzo monocristalino (Qm), feldespatos(F) y líticos totales (Lt)..... | 83 |
| Tabla 17 Resultados de los análisis petrográficos normalizados a porcentaje de Qt, F y L propuesto por Garzanti (2016)..... | 84 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | |
|--|----|
| Tabla 18 Resultados de los Líticos ígneos (Li), Líticos metamórficos (Lm). y Líticos sedimentarios (Ls)..... | 86 |
|--|----|

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Resumen

Título: Análisis petrográfico de las areniscas de la Formación San Cayetano en el Pozo ANH-SSJ-15-STR-S.

Autor: Laura Andrea Corredor Hernández**

Palabras clave: Análisis petrográfico, procedencia, areniscas, Paleoceno superior – Eoceno inferior, Formación San Cayetano, Cinturón plegado de San Jacinto.

Descripción:

El pozo ANH-SSJ-15-STR-S se localiza al sur de la ciudad de Montería, en el departamento de Córdoba, Colombia. (Coordenadas 1.455.274 N y 799.962 E, origen Bogotá). En este pozo se tomaron 2188 pies de núcleos de perforación (9.36'-2198') de la Formación San Cayetano (Paleoceno superior–Eoceno inferior).

Este trabajo de grado consiste en un análisis petrográfico realizado en siete muestras tomadas en las profundidades 87', 371.66', 895.75', 1199', 1390.08', 1923.42' y 2175.33' de los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15-STR-S.

Las siete secciones delgadas analizadas en ese estudio son rocas terrígenas (87.74-97.39%T, 2.61-5.4%A, 0-8.49%O), de las cuales seis son arenitas (con matriz 4.23-7.23%) y una es una arenita lodosa (13.84% de matriz).

En el diagrama triangular QtFL se determinaron seis litoarenitas (35.76-53.68 %Qt, 4.59-10.95%F, 37.19-57.29%L) y una litowacka (59.30%Qt, 3.10%F, 37.60%L); de otra manera en el diagrama triangular QmFLt se determinaron seis litoarenitas (21.97-34.39%Qm, 4.59-10.95%F 56.49-71.21%Lt) y una litowacka (37.21%Qm, 3.10%F, 59.69%Lt).

En el diagrama triangular FRS (líticos sedimentarios), FRV (líticos ígneos) y FRM (líticos metamórficos) corresponden con filarenitas. Se resalta la presencia de líticos metamórficos (hasta 54,86%) como esquistos, cuarcitas y neises. En menor proporción líticos ígneos (hasta 6,11%) granitoides y basaltos y líticos sedimentarios (hasta 3,46 %) de chert (algunos con radiolarios), limolitas, calizas y areniscas.

Se resalta la presencia de granos de cuarzo con evidencias de deformación plástica y recristalización estática y rocas de falla. Con base en lo anterior se determina que la procedencia de las areniscas de la Formación San Cayetano analizadas en este estudio corresponde con un orógeno reciclado.

*Trabajo de grado.

*Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Rigo Alfredo Ramírez Jiménez

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Abstract

Title: Petrographic analysis of sandstones from San Cayetano Formation in ANH-SSJ-15-STR-S Well.

Author: Laura Andrea Corredor Hernández**

Key Words: Petrographic analysis, provenance, sandstones, Upper Paleocene-Lower Eocene, San Cayetano Formation, San Jacinto Fold Belt.

Description:

The ANH-SSJ-15-STR -S Well is located to the south of Monteria city, Córdoba department, Colombia (Coordinates 1.455.274 N, 799.962 E, Bogotá origin). 2188 ft of drilling cores were taken (9,36'-2198') belonging to the San Cayetano Formation (Upper Paleocene-Lower Eocene).

This work consists of one petrographic analysis performed in seven samples, taken at depths 87', 371.66', 895.75', 1199', 1390.08', 1923.42' and 2175.33' in drilling cores from ANH-SSJ-15-STR-S Well.

Seven thin sections analyzed in this study are terrigenous rocks (87.74-97.39%T, 2.61-5.4%A, 0-8.49%O), of which six are arenites (with matrix 4.23-7.23%) and one wacke (13.84% matrix).

Based on QtFL diagram, it was possible to determine six litharenites (35.76-53.68% Qt, 4.59-10.95%F, 37.19-57.29%L) and one lithicwacke (59.30%Qt, 3.10%F, 37.60%L); on the other hand, using QmFLt diagram were determined six litharenites (21.97-34.39%Qm, 4.59-10.95%F, 56.49-71.21%Lt) and one lithicwacke (37.21%Qm, 3.10%F, 59.69%Lt).

The samples were classified in SRF (Sedimentary rock fragments), IRF (Igneous rock fragments) and MRF (metamorphic rock fragments) diagrams, and they correspond with Phyllarenites. It is highlighted by the presence of MRF (up to 54.86%) as schists, quartzites and gneisses. To a lesser extent, IRF (up to 6,11%) as granitoids and basalts, and SRF (up to 3,46%) of chert (someone with radiolarians), siltstones, limestones and sandstones were identified.

The presence of quartz grains is highlighted with evidence of plastic deformation and static recrystallization, and also fault-rocks.

Based on information presented above, it was determined that provenance of sandstones from San Cayetano Formation analyzed in this study correspond to a Recycled Orogen.

*Bachelor Thesis.

**Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Rigo Alfredo Ramírez Jiménez

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Introducción

La petrografía sedimentaria nace a finales del siglo XIX con la invención de la sección delgada por H.C. Sorby. A comienzos del siglo XX, P.D Krynine, después de realizar muchos estudios de petrografía en rocas sedimentarias observó que la composición de las areniscas está relacionada con el área fuente de los sedimentos. Durante las décadas de 1940, 1950 y 1960, se utilizaron e innovaron los diagramas triangulares para las clasificaciones petrográficas de las areniscas; Krynine (1948), Pettijohn, (1949); Dapples et al., (1953), Folk (1954), Bokman (1955), McBride (1963), entre otros.

Folk (1969) definió los constituyentes terrígenos como aquellas partículas derivadas de la erosión de un área de tierra fuera de la cuenca de depósito y transportadas a la cuenca como sólidos. Con el concepto de terrígeno en mente; Dickinson (1970), utilizó la composición de los granos de las areniscas para proponer entornos tectónicos de los terrenos de procedencia (Dickinson y Suczek, 1979; Dickinson, 1985).

En los estudios más recientes, Garzanti (2016) demuestra que a partir de los estudios petrográficos en areniscas se puede determinar los terrenos de origen (continental, arco y oceánico) de los granos de las areniscas y su relación tectonoestratigráfica con la erosión, el espacio y el tiempo.

Los análisis petrográficos realizados con la ayuda del microscopio de luz polarizada son un método efectivo en la petrografía sedimentaria tradicional, que permite identificar y cuantificar de manera estadística la composición de los constituyentes de las rocas sedimentarias tamaño arena de una manera sencilla, económica y eficiente (Garzanti, 2016).

Sin embargo, este análisis petrográfico realizado mediante el uso del microscopio petrográfico presenta limitaciones en la identificación de partículas tamaño lodo (<0.0625 mm).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

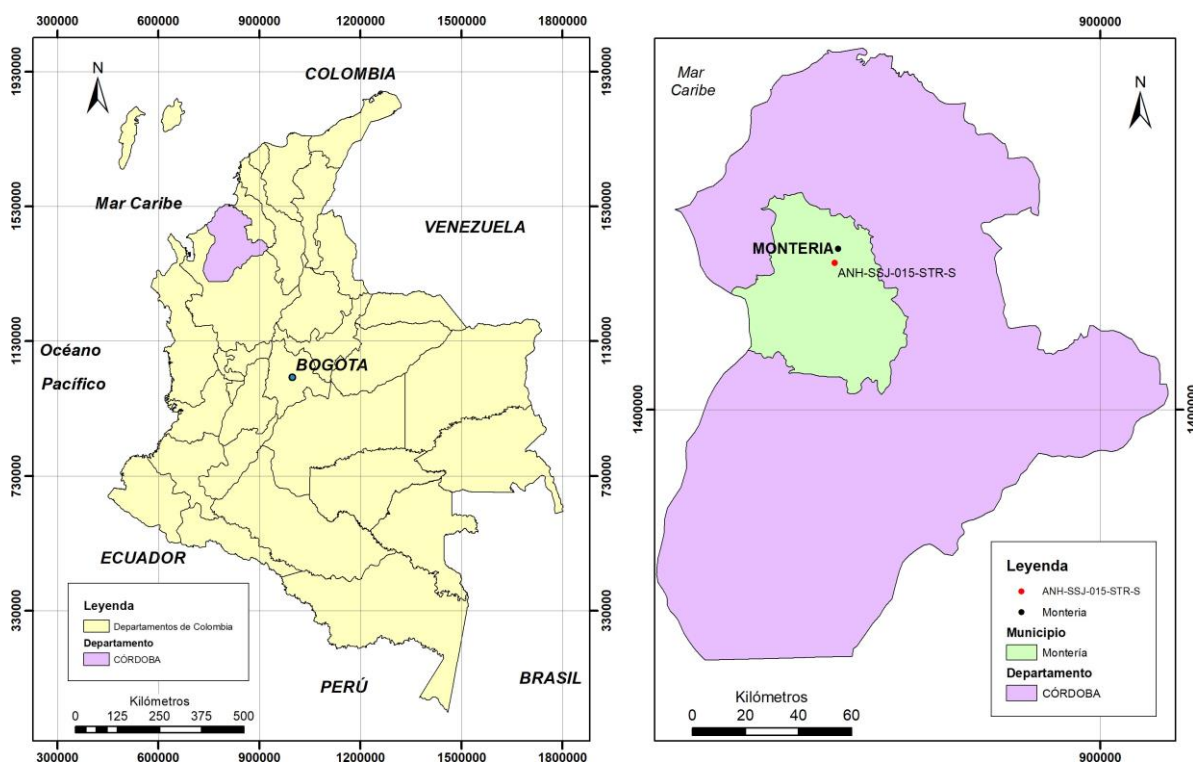
1. Generalidades

1.1 Localización

El pozo ANH-SSJ-15-STR-S fue perforado en el corregimiento de Guateque al sur de la ciudad de Montería, en el departamento de Córdoba, Colombia (Coordenadas 1.455.274 N y 799.962 E, origen Bogotá) (Echeverry y Rincón, 2013) (Figura 1).

Figura 1

Mapa de localización del pozo ANH-SSJ-15-STR-S.



Nota: Tomado de Ramírez et al 2020

El pozo estratigráfico ANH-SSJ-15-STR-S se perforó entre el 24 de octubre de 2012 y el 9 de febrero de 2013 por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), con el objetivo de realizar la recuperación de núcleos de perforación y la toma de los registros geofísicos y eléctricos: Potencial Espontáneo (*SP*), Rayos Gama (*Gama Ray*), Densidad- Neutrón, Sónico,

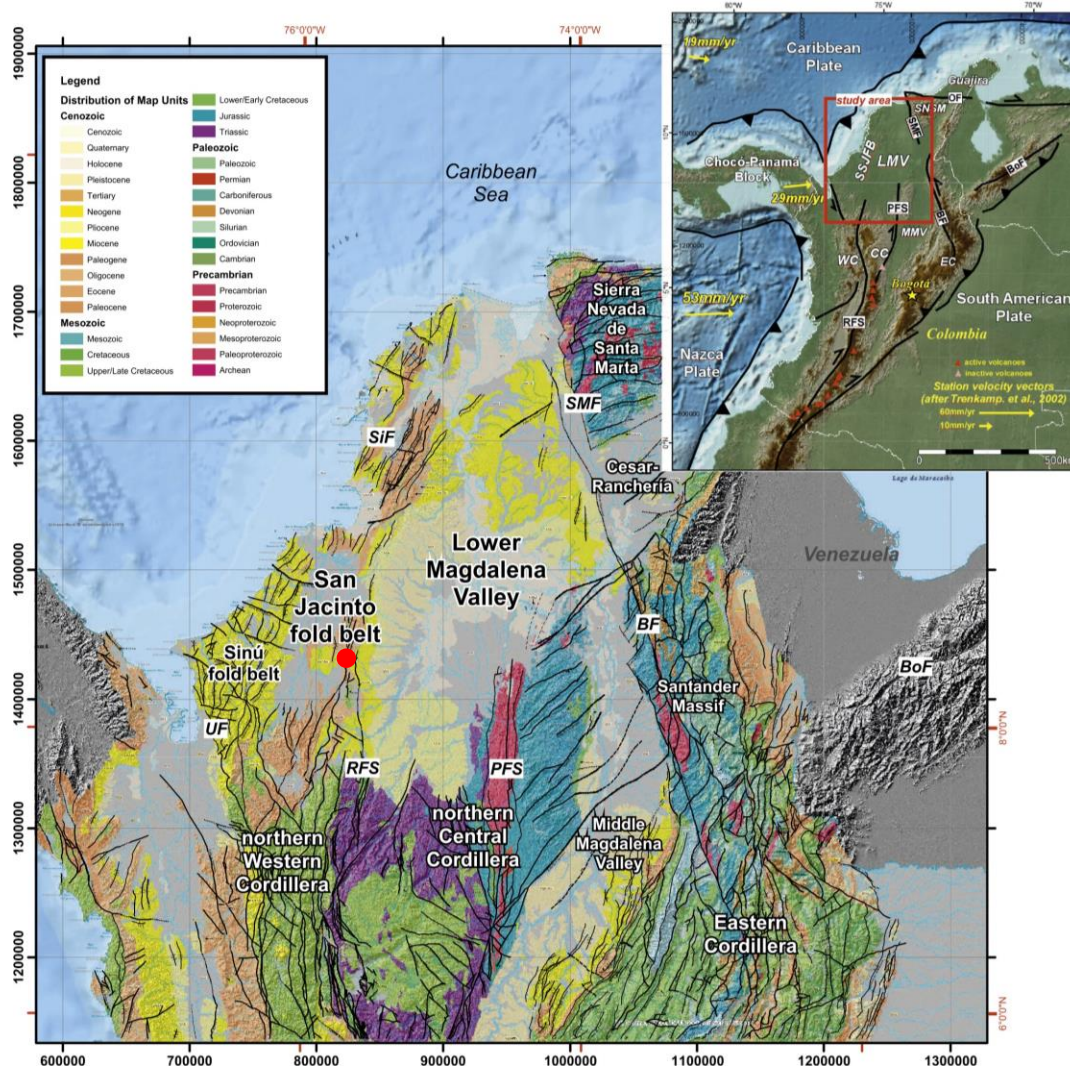
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Resistividades (Somero y Profundo), Buzamiento de Capas (*Dipmeter*), Caliper y ATV registro de imagen de pared (Echeverry y Rincón, 2013).

Aunque la prógnosis del pozo ANH-SSJ-15-STR-S era encontrar el contacto inferior de la Formación San Cayetano con la Formación Cansona, este no se encontró en el intervalo corazonado (Echeverry y Rincón, 2013).

Figura 2

Localización del pozo ANH-SSJ-15-STR-S (Punto de color rojo) en el Mapa geológico del Caribe Colombiano.



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Nota: Cinturón Plegado de San Jacinto (SJFB). RFS: Sistema de fallas de Romeral, PFS: Sistema de Falla de Palestina, SiF: Falla de Sinú, BF: Falla de Bucaramanga, SMF: Falla de Santa Marta, OF: Falla de Oca, UF: Falla de Urumita, BoF: Falla de Bocono. Tomada y modificada de Mora et al., (2018)

En el contexto geológico propuesto por Mora et al., (2018), el pozo ANH-SSJ-15-STR-S fue perforado en el Cinturón Plegado de San Jacinto (Figura 2).

Al ubicar el pozo ANH SSJ 15 STR S en el contexto de la cartografía geológica realizada por Cáceres et al., (1999), y Roncancio y Pedraza., (2018); y el estudio geológico de Echeverry & Rincón., (2013) los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15-STR-S hacen parte de la Formación San Cayetano.

En el 2019 Hocol S.A., contrató a Génesis Consultoría en Geología S.A.S., para realizar un estudio sedimentológico en los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15-STR-S, cuyo informe reposa en la Litoteca Nacional Tierra de Paz del Servicio Geológico Colombiano como:

Ramírez, R., Torres, A., Jiménez, G., Carvajalino, S. & González, V. (2020). Análisis sedimentológico a escala 1:25 de los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15- STR-S (9'-2198'), Colombia. Informe técnico para Hocol S.A. Bogotá, Colombia.

De acuerdo con Ramírez et al., (2020) los 2188 pies de núcleos de perforación (9'-2198') del pozo ANH-SSJ-15-STR- S hacen parte de la Formación San Cayetano.

Con base en la descripción sedimentológica realizada en el pozo ANH-SSJ-15-STR por Ramírez et al., (2020), se seleccionaron 7 muestras para realizar el análisis petrográfico de las areniscas de la Formación San Cayetano.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

1.2 Antecedentes Estratigráficos

A modo de aclaración este trabajo de grado no pretende modificar la nomenclatura estratigráfica de la Formación San Cayetano.

Para esta investigación se adoptaron los criterios litoestratigráficos consignados en los trabajos de Chenevart (1963), Julivert (1968), De Porta (1974), Cáceres et al., (1999) y Roncancio y Pedraza (2018) en el área de Montería.

A continuación, se presenta una síntesis estratigráfica de la Formación San Cayetano.

1.2.1 Formación San Cayetano.

Nombre y localidad tipo

Fue nombrada por primera vez como Formación San Cayetano por Chenevart (1963), en una descripción de la estratigrafía de los Montes de María en el departamento de Bolívar; probablemente, el nombre de esta unidad litoestratigráfica proviene del corregimiento de San Cayetano (que se encuentra al noroeste del municipio de San Juan Nepomuceno), donde aflora la Formación San Cayetano (Julivert,1968; De Porta, 1974; Guzmán y Hernández,1990).

Posición estratigráfica

En el área de Montería, la Formación San Cayetano se encuentra estratigráficamente debajo de la Formación Ciénaga de Oro (Roncancio y Pedraza,2018) y estratigráficamente encima de la Formación Cansona (INGEOMINAS,1997).

Contacto inferior

El contacto inferior de la Formación San Cayetano con la Formación Cansona corresponde con una discordancia angular (INGEOMINAS,1997). En los alrededores de la ciudad Montería, el contacto inferior de la Formación San Cayetano no ha encontrado hasta el momento.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Contacto superior

En la vía Montería- Planeta Rica, el contacto superior de la Formación San Cayetano con la Formación Ciénaga de Oro se trata de una discordancia angular (Roncancio y Pedraza, 2018.).

Espesor

En el área de Montería no se conoce el espesor estratigráfico de la Formación San Cayetano.

En el estudio realizado por Roncancio y Pedraza (2018), en la carretera Montería-Planeta Rica, estiman que el espesor de la Formación San Cayetano puede ser mayor de 573 m, pero debido a la complejidad estructural presente en el área no se ha determinado el espesor estratigráfico.

Litología

En la vía Montería-Planeta Rica, la Formación San Cayetano consiste en intercalaciones de lodolitas con areniscas y esporádicas calizas (Roncancio y Pedraza, 2018).

Cerca del pozo ANH-SSJ-15-STR-S se encuentra la cantera Villa Cielo (Coordenadas 1.455.209N, 1.130.074E, origen Magna Oeste). De acuerdo con Roncancio y Pedraza (2018); en esta cantera afloran 163,5 m de intercalaciones de conglomerados, areniscas y lodolitas de la Formación San Cayetano.

En los núcleos de perforación (9'-2198') del pozo ANH-SSJ-15-STR-S la Formación San Cayetano está constituida por 33.24% de lodolitas, 59.4% de areniscas, 0.38% de conglomerados, 0.25% de calizas, 6.29% de zonas con deformación tectónica y 0.44% de intervalos no recuperados *GAP*. Las zonas con deformación tectónica se presentan a partir de 827.30' y se intensifican de 1481.97' hacia la base del pozo (Ramírez et al., 2020).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Edad

Debido a la presencia de *Rzehakina epigona* (Rzehak) y *Spiroplectamina grzybowskii* Frizzel, la edad de la Formación San Cayetano es Paleoceno superior –Eoceno inferior (Chenevart 1993; Duque- Caro, 1968 en De Porta, 1974; Guzmán & Hernández, 1990).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

1.3 Justificación

El trabajo de grado, titulado: “*Análisis Petrográfico de las areniscas de la Formación San Cayetano en los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15-STR-S*” lo realice como requisito para optar a mi título de geóloga.

El análisis petrográfico realizado con la ayuda del microscopio de luz polarizada es un método efectivo, porque permite identificar y cuantificar de manera estadística la composición de los constituyentes de las rocas sedimentarias (Folk, 1969; Garzanti, 2016).

A modo de aclaración, en una roca sedimentaria; Los constituyentes terrígenos son aquellas partículas derivadas de la erosión de un área externa de la cuenca de depósito y transportadas a la cuenca como sólidos (Folk, 1974), es decir, los terrígenos son partículas que fueron erodadas, transportadas y acumuladas en el fondo de depósito.

Las areniscas son rocas sedimentarias conformadas por más del 50% de granos (que en su esencia son partículas terrígenas) cuyo tamaño varía entre 0,0625 y 2mm.

Comprender el significado genético de las partículas terrígenas de las areniscas de la Formación San Cayetano, ayudará a esbozar mapas paleogeográficos del territorio colombiano durante el Paleoceno tardío- Eoceno temprano; en los alrededores de la ciudad de Montería, departamento de Córdoba, Colombia.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Realizar un análisis petrográfico en siete muestras de areniscas de la Formación San Cayetano tomadas en los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15-STR-S.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Identificar los constituyentes terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos en las secciones delgadas seleccionadas de areniscas de la Formación San Cayetano del pozo ANH-SSJ-15-STR-S.

- Determinar la procedencia de 7 muestras de areniscas de la Formación San Cayetano.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

1.5 Metodología

A continuación, se presentan los criterios utilizados en este trabajo de grado:

- Folk (1974), en la determinación de los constituyentes terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos.
- Campbell (1967) en la determinación del espesor de la capa (Tabla 1).

Tabla 1

Espesor de capas y láminas.

| Espesor en centímetros | Nomenclatura |
|-------------------------------|---------------------|
| Mayor de 100 cm | Capa muy gruesa |
| 30-100 cm | Capa gruesa |
| 10-30 cm | Capa mediana |
| 3-10 cm | Capa delgada |
| 1-3 cm | Capa muy delgada |
| menor de 1 cm | Lámina |

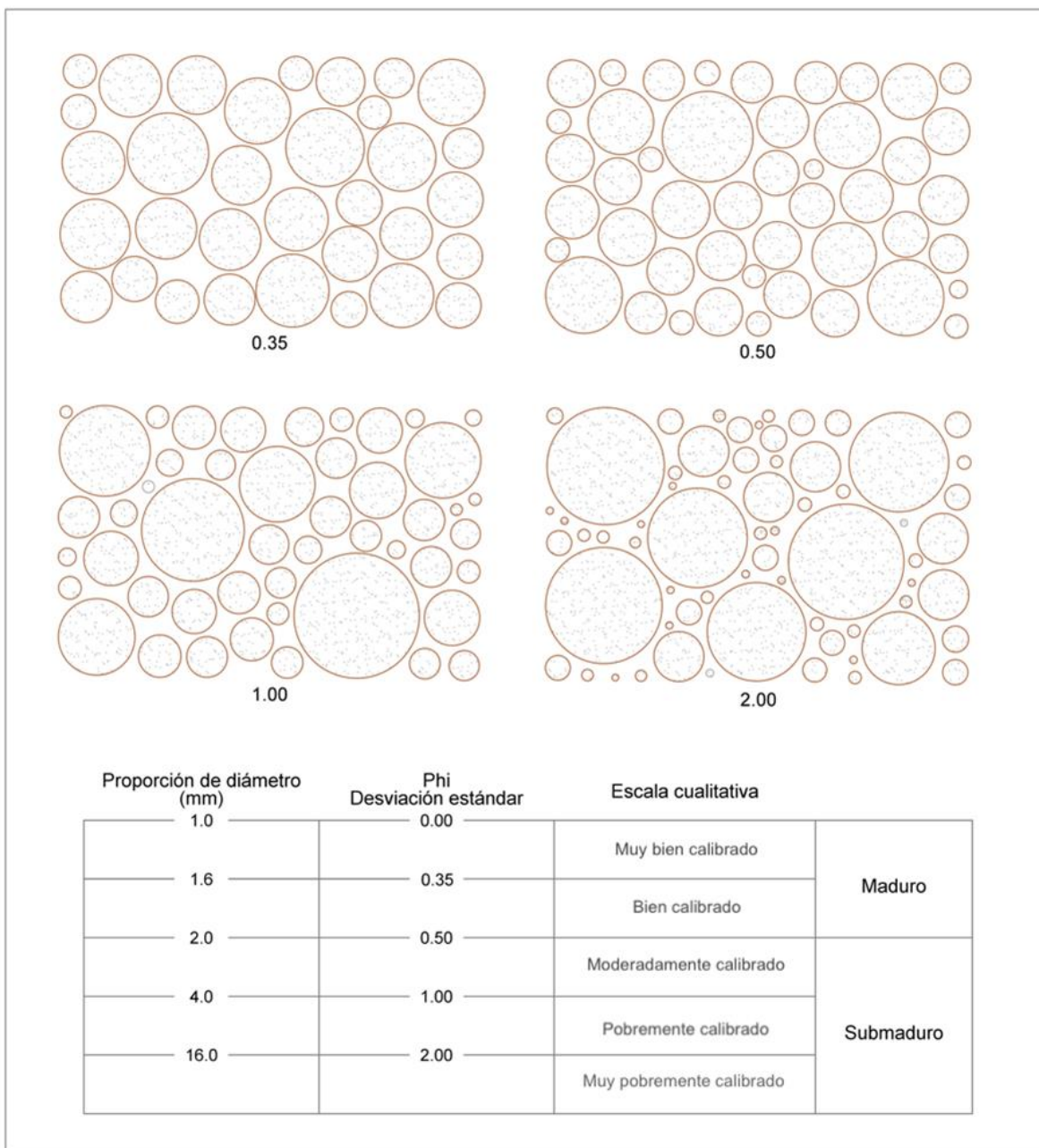
Nota: Modificado de Campbell (1967)

- Munsell Color (2011) en la determinación del color de la roca.
- Wentworth (1922) para la clasificación del tamaño de grano de las areniscas.
- Dott (1964) en la discriminación de arenitas y arenitas lodosas.
- Folk (1969) y Pettijohn et al., (1973) en la determinación del calibrado (Figura 3).
- Powers (1953) en la determinación de la redondez de las partículas (Figura 4).
- Pemberton et al., (1992) en la estimación del porcentaje de biopertubación (Tabla 2).
- Compton (1984) en la consolidación de la roca (descripción macroscópica) (Tabla 3).
- Ulmer-Scholle et al., (2014) en la determinación de los tipos de porosidad.
- Young (1976), Passchier & Trouw (2005), Trouw et al., 2010, Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., (2014), en la identificación de los tipos de texturas de cuarzo.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 3

Comparador visual para determinar el calibrado en areniscas.

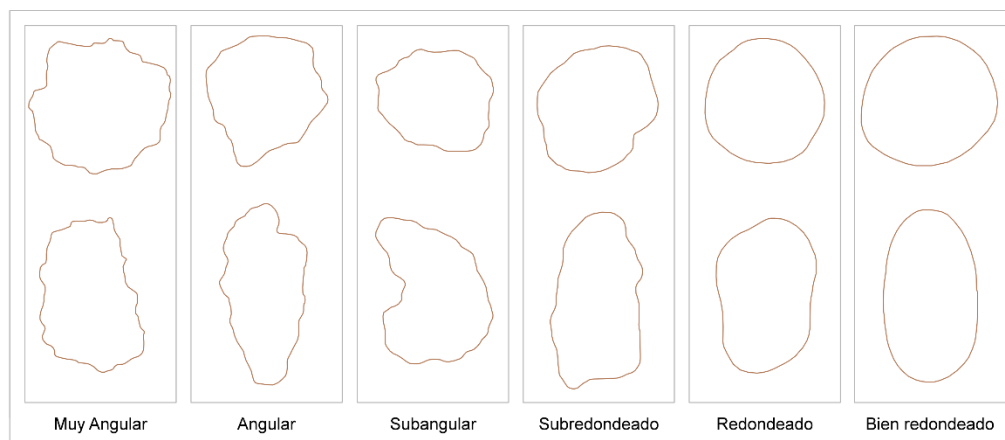


Nota: Modificado de Folk (1974) y Pettijohn et al., (1973 p. 585).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 4

Comparador visual para determinar la redondez en areniscas.



Nota: Modificado de Powers (1953).

Tabla 2

Clasificación de la bioperturbación con base en la destrucción de las estructuras sedimentarias.

| Grado | Porcentaje de bioperturbación | Clasificación |
|--------------|--------------------------------------|--|
| 0 | 0% | Sin bioperturbación (Nulo) |
| 1 | 1-5% | Muy ligeramente bioperturbada (Muy ligero) |
| 2 | 5-30% | Ligeramente bioperturbada (Ligero) |
| 3 | 30-60% | Moderadamente bioperturbada (Moderado) |
| 4 | 60-90% | Altamente bioperturbada (Alto) |
| 5 | 90-99% | Intensamente bioperturbada (Intenso) |
| 6 | 100% | Completamente bioperturbada (Completo) |

Nota: Modificado de Pemberton et al. (1992 p.22)

Tabla 3

Escala de consistencia de las rocas.

| Consolidación | Scale of Strength | Clasificación |
|------------------------|--------------------------|---|
| Suelto | Loose | Sedimento no consolidado |
| Friable | Friable | Se desmenuza con una leve presión de los dedos |
| Firme | Firm | Se parte con una fuerte presión de las manos |
| Consolidado | Strong | Se necesita un martillo para tomar una muestra |
| Muy Consolidado | Very Strong | Se necesita un golpe muy fuerte con un martillo para tomar una muestra. |

Nota: Modificada de Compton (1985).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Melgarejo (1997), Raith et al, (2012) y Ulmer-Scholle et al., (2014) en la identificación de los tipos de feldespatos potásico y plagioclasa.
- MacKenzie et al., (1982), MacKenzie et al., (1996), Gifkins et al., (2005), Ulmer-Scholle et al, (2014) en la identificación de fragmentos de rocas ígneas.
- Breitzkreuz y Arnosio (2006), y McPhie et al., (1993) en la identificación de fragmentos de rocas volcánicas.
- Yardley et al., (1990), Melgarejo (1997), Passchier & Trouw (2005), García (2007), Trouw et al., 2010 y Ulmer-Scholle et al, (2014) en la identificación de fragmentos de rocas metamórficas.
- Folk (1969), Sedimentation Seminar (1977) y Ulmer-Scholle et al, (2014) en la identificación de fragmentos de rocas sedimentarias.
- El diagrama triangular sugerido por Folk (1969) para la clasificación de rocas sedimentarias con base en los constituyentes terrígenos (T), aloquímicos (A) y ortoquímicos (O) TAO.
- Los diagramas triangulares de Folk (1974) para una clasificación composicional con énfasis en la madurez (QtFL) y con énfasis en la procedencia (QmFLt) propuesto por Dickinson (1985).
- El diagrama triangular QFL propuesto por Garzanti (2016) para una clasificación composicional.
- Los diagramas triangulares (QmFLt, QtFL) de Dickinson (1985) y el diagrama triangular QtFL propuesto por Garzanti (2016) en la determinación de la procedencia de las partículas de las areniscas.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Se utilizó el método estadístico de Gazzi- Dickinson (Ingersol et al.,1984) para el análisis petrográfico de las areniscas.
- Se realizó un registro fotográfico de las características petrográficas más importantes.

En la sección estratigráfica del pozo ANH SSJ15-STR-S realizada por Ramírez et al, (2020) se seleccionaron siete muestras de areniscas de la Formación San Cayetano (Figura 5),

teniendo en cuenta los siguientes criterios:

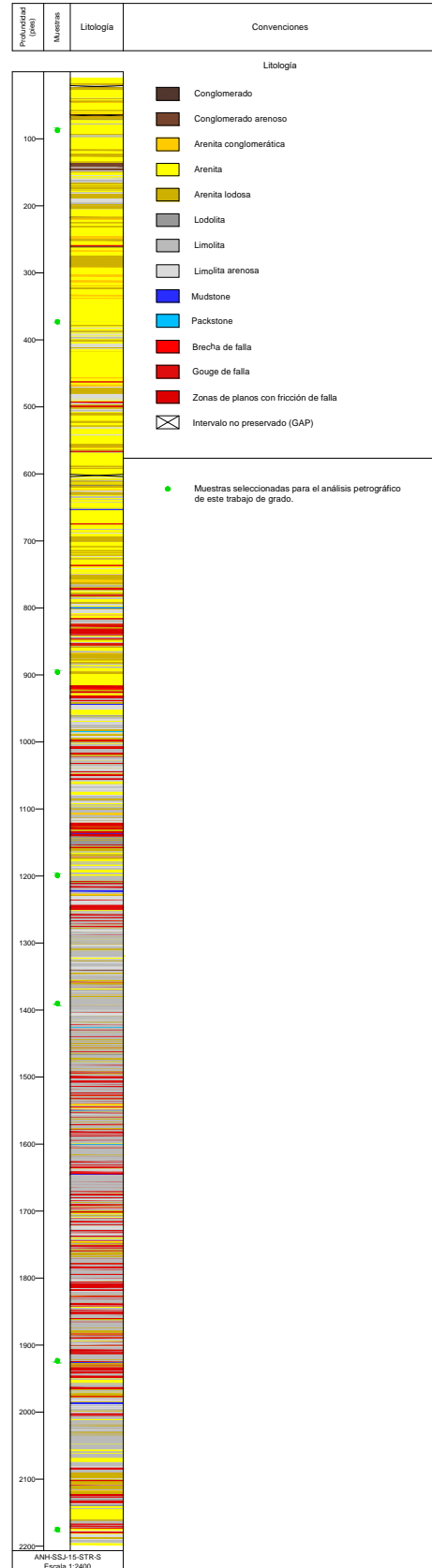
- El tamaño de grano arena, en el rango de medio a grueso (Dickinson ,1985).
- Sin bioperturbación a ligera bioperturbación.
- Sin deformación estructural.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 5

Posición estratigráfica de las muestras seleccionadas en este trabajo de grado.

Nota: las muestras seleccionadas se tomaron en las siguientes profundidades: 87', 371.66', 895.75', 1199', 1390.08', 1923.42' y 2175.33'. Sección estratigráfica del pozo ANH-SSJ-15-STR-S, escala vertical 1:2400). Tomada y modificada de Ramírez et al., (2020)



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

2. Análisis petrográfico

En este estudio se realizó un análisis petrográfico en 7 secciones delgadas tomadas en los núcleos de perforación del pozo ANH SSJ 15 STR S pertenecientes a la Formación San Cayetano (Figura 5 y Figura 6). En la Tabla 4 se sintetiza el nombre del pozo, la profundidad de la muestra, la sección delgada (analizada en este estudio), la unidad litoestratigráfica y el código de la sección delgada referidos en los diagramas triangulares.

Tabla 4

Información de las secciones delgadas analizadas.

| Pozo | Profundidad | Sección delgada | Unidad Litoestratigráfica | Código |
|------------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|---------------|
| ANH SSJ 15 STR S | 87' | SSJ15-87.00' | Fm San Cayetano | 1 |
| ANH SSJ 15 STR S | 371,66' | SSJ15-371.66' | Fm San Cayetano | 2 |
| ANH SSJ 15 STR S | 895,75' | SSJ15-895,75' | Fm San Cayetano | 3 |
| ANH SSJ 15 STR S | 1199' | SSJ15-1199' | Fm San Cayetano | 4 |
| ANH SSJ 15 STR S | 1390,08' | SSJ15-1390,08' | Fm San Cayetano | 5 |
| ANH SSJ 15 STR S | 1923,42' | SSJ15-1923,42' | Fm San Cayetano | 6 |
| ANH SSJ 15 STR S | 2175,33' | SSJ15-2175,33' | Fm San Cayetano | 7 |

Nota: Las secciones delgadas utilizadas para este estudio petrográfico fueron proporcionados por Hocol S.A.

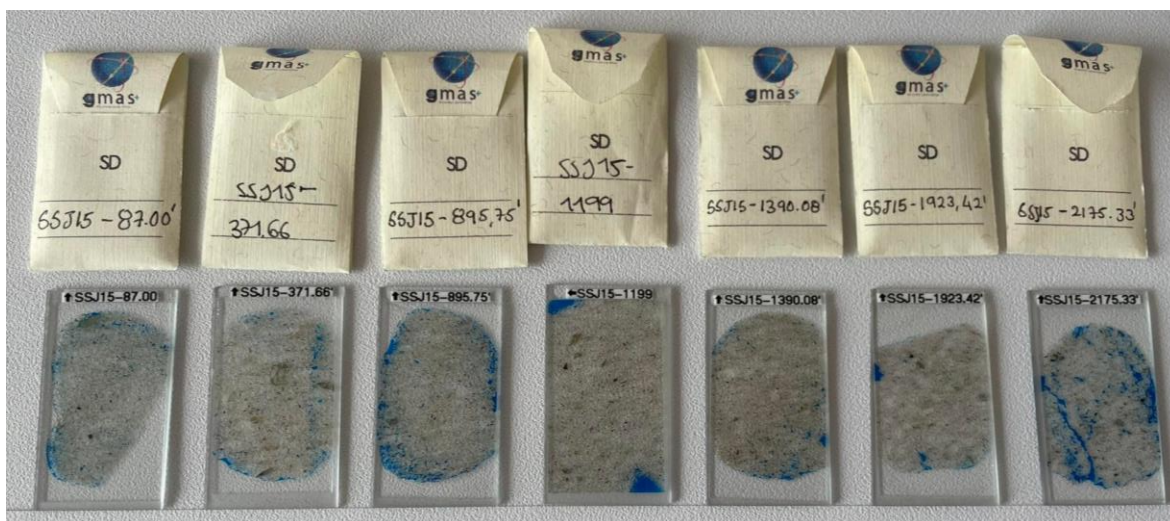
Las secciones delgadas fueron marcadas con la abreviatura del nombre del pozo (SSJ15) y su respectiva profundidad; de esta manera, la muestra SSJ15-87.00' fue tomada de los núcleos de perforación del pozo ANH SSJ 15 STR S, en la profundidad 87'.

En la elaboración de las secciones delgadas se utilizó epóxico azul con el objetivo de resaltar la porosidad. El análisis petrográfico se desarrolló empleando un microscopio de luz transmitida marca Nikon YS2-T con objetivos de 10X, 4X, 2X y 1X, mediante el conteo de 320 puntos.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 6

Secciones delgadas utilizadas para el análisis petrográfico.



2.1 Identificación de constituyentes.

En este estudio se tuvieron en cuenta los criterios sugeridos por:

- Folk (1969,1974) para la clasificación fundamental de rocas sedimentarias teniendo en cuenta los constituyentes terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos.
- Folk (1974) para la clasificación composicional de areniscas.
- Dickinson (1985) y Garzanti (2016) para la determinación de la procedencia.

En la Tabla 5, se presentan los tipos de partículas identificadas en este análisis petrográfico y se encuentran codificados de acuerdo a las clasificaciones de la siguiente manera:

La columna TAO corresponde si el constituyente es terrígeno (T), aloquímico(A) u ortoquímicos (O) de acuerdo a lo propuesto por Folk (1974). En las columnas QtFL y QmFLt se identificaron los constituyentes de acuerdo a lo propuesto por Dickinson (1985); la columna de QtFL se clasifica si el constituyente es cuarzo total (Qt), feldespato (F) o es un lítico (L) y en la columna QmFLt se identifica si el constituyente es clasificado como cuarzo monocristalino

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

(Qm), feldespato(F) o es lítico total (Lt). La columna QFL hace referencia a si el constituyente es cuarzo (Q), feldespato (F) o lítico (L) de acuerdo con Garzanti (2016). La columna Tipo hace referencia a si el constituyente identificado es cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp), feldespato potásico (K), plagioclasa (P), lítico ígneo plutónico (Li), lítico volcánico (Lv), lítico metamórfico (Lm) y lítico sedimentario (Ls). Por último, la columna Constituyente es una breve descripción del constituyente identificado en el análisis petrográfico.

Tabla 5

Partículas identificadas durante el análisis petrográfico con los códigos de las clasificaciones propuestas por Folk (1974), Dickinson (1985) y Garzanti (2016).

| TAO | QtFL | QmFLt | QFL | Tipo | Constituyente |
|-----|------|-------|-----|------|--|
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Cuarzo monocristalino (Qm) con extinción recta |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con extinción recta con inclusiones |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con extinción ondulosa |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con extinción ondulosa con inclusiones |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm como matriz |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Cuarzo (Q) bipiramidal |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q evidencias de sobrecrecimiento de cemento de sílice |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con bahía |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con deformación "lamellae", Tipo A (Young,1976) (QmA) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con extinción segmentada, Tipo B (Young, 1976) (QmB) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Qm con bandas de deformación y formación de nuevos cristales, Tipo C (Young, 1976) (QmC) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q deformado con bandas kink |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | QmA y límites de subgranos transectados por bandas de nuevos granos (Passchier & Trouw, 2005) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con deformación cataclástica (Raith et al, 2012). |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con deformación plástica mostrando dominios de subgranos elongados paralelos (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con recristalización estática en el borde del grano (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con recristalización dinámica con granos elongados y bordes de grano aserrados (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q altamente deformado con bordes de grano dentados (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con textura de tablero de ajedrez (Raith et al,2012). |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q localmente con textura de tablero de ajedrez y con bandas de nuevos granos. |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | | | | |
|---|----|----|---|----|---|
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q parcialmente recristalizado mostrando dominios de subgranos (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Qm | Q | Qm | Q con evidencia de deformación plástica y recristalización estática (Raith et al, 2012) |
| T | Qt | Lt | Q | Qp | Cuarzo policristalino (Qp) con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976). (QpD) |
| T | Qt | Lt | Q | Qp | QpD con inclusiones |
| T | Qt | Lt | Q | Qp | Qp con evidencias de recristalización primaria y formación de cristales (Tipo E según Young, 1976) (QpE) |
| T | Qt | Lt | Q | Qp | Qp con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976). (QpF) |
| T | Qt | Lt | Q | Qp | QpF con inclusiones |
| T | F | F | F | K | Microclina (Mc) |
| T | F | F | F | K | Feldespato potásico (K) |
| T | F | F | F | K | K con inclusiones no identificadas |
| T | F | F | F | K | Pertita |
| T | F | F | F | P | Plagioclasa (P) |
| T | F | F | F | P | P (matriz) |
| T | F | F | F | P | P alterada con relleno de esparita |
| T | F | F | F | P | P deformada con inclusiones no identificadas |
| T | L | Lt | L | Li | Fragmento de roca ígnea (FRI): Q y biotita (Bt) |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P y Q |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P alterada y Q |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P alterada, Q y Micas |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P alterada, Cal y Q |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P alterada, Q, micas y opacos (Op) |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P, K, micas y Q |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P, K, Q, Cal, apatito y clorita (Chl) |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P y K |
| T | L | Lt | L | Li | FRI de textura mimerquítica compuesto por K, P y Q |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: P, Q, K y Q con textura micrográfica |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: Q, K alterado, Ms, Mc con textura micrográfica relictica de Q y K. |
| T | L | Lt | L | Li | FRI: Q y K, localmente con textura micrográfica |
| T | L | Lt | L | Li | FRI indiferenciado |
| T | L | Lt | L | Lv | Fragmento de roca volcánica (FRV) (basalto):P y vidrio volcánico exhibiendo textura microlítica |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV (basalto) con textura glomeroporfídica: P, vidrio volcánico alterado y amígdalas |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV con textura variolítica: P, vidrio volcánico y amígdalas |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV con textura traquítica (traquita): sanidina y vidrio volcánico |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV: vidrio volcánico, P, Q, micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV: vidrio y P |
| T | L | Lt | L | Lv | FRV: vidrio volcánico |
| T | L | Lt | L | Lm | Fragmento de roca metamórfica (FRM): QmA y moscovita (Ms) |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QmA, K alterado a caolinita. |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | | | | |
|---|---|----|---|----|--|
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QmA, QpF, K alterado y Ms |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QmA y QpF |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QmC y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QmC y P |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, micas y epidota (Ep) |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD y Cal |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD y K alterado |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, K alterado y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, P y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD y P |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, P y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpD, QpF, Ep y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpE y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y Sillimanita (Sil) |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y Cal |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, Mc, P, Ms y Gr |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, Ms, Bt-Chl, Pl alterada a Cal y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y P |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, P y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, P y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, P, K y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, K y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, K, micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: QpF, K y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, micas y Gr |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, micas y Ep |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y Ep |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y Gr |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y Op (leucoxeno) |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P y Ep |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y P |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P, K, Chl y Ep |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P, K y Micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, P, K, Micas y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, K y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, K y Micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Q, K, Chl y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Micas y Op |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | | | | |
|----|------------------------------|----|---|----|---|
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Micas y Gr |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: sericita y Ms |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: P y micas |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Mc y K |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Ms, K, Chl y Op |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Cataclasita (Sibson, 1977) |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM: Milonita |
| T | L | Lt | L | Lm | FRM no identificado |
| T | L | Lt | L | Ls | Fragmento de roca sedimentaria (FRS) de arcillolita |
| T | L | Lt | L | Ls | FRS de limolita (pseudomatriz) |
| T | L | Lt | L | Ls | FRS de limolita |
| T | L | Lt | L | Ls | FRS de arenisca |
| T | L | Lt | L | Ls | FRS de caliza |
| T | L | Lt | L | Ls | FRS de chert |
| T | Minerales pesados: no opacos | | | | Epidota (Ep) |
| T | Mica | | | | Moscovita (Ms) |
| T | Mica | | | | Moscovita (Ms) (pseudomatriz) |
| T | Mica | | | | Biotita (Bt) |
| T | Mica | | | | Biotita (Bt) (pseudomatriz) |
| T | Mica | | | | Biotita (Bt) alterando a clorita (Chl) |
| T | Mica | | | | Clorita (Chl) |
| T | Mica | | | | Clorita (Chl) (pseudomatriz) |
| T | Minerales accesorios | | | | Sillimanita (Sill) |
| T | Minerales accesorios | | | | Clinopiroxeno-Augita (Aug) |
| A | Minerales accesorios | | | | Glauconita (Gy) |
| A | Minerales accesorios | | | | Glauconita (Gy) (pseudomatriz) |
| A | Bioclasto | | | | Foraminíferos plantónicos (Fp) |
| A | Bioclasto | | | | Fragmento de alga |
| A | Intraclasto | | | | Intraclasto de limolita |
| A | Intraclasto | | | | Intraclasto de limolita (pseudomatriz) |
| T | Matriz | | | | Pseudoesparita con evidencias de neomorfismo (30-50 um) |
| T | Matriz | | | | Matriz arcillosa |
| O | Cemento | | | | Cemento arcilloso |
| Po | Tipo básico de porosidad | | | | Intergranular |
| Po | Tipo básico de porosidad | | | | Secundaria por disolución |
| Po | Tipo básico de porosidad | | | | Intragranular por Fractura |
| Po | Tipo básico de porosidad | | | | Intragranular |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-87.00'

Nombre: SSJ15-87.00'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano**Descripción macroscópica:**

Capa gruesa de arenita de color gris claro (N7), de grano medio bajo (en la base) y fino alto (hacia el tope) con gradación normal; matriz de 2 a 3%, calibrado de 2-1 (localmente se encuentran gránulos 1%), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentran intraclastos de lodolitas (1 a 4%), materia orgánica (1%) y micas. El grado de bioperturbación es nulo. La consolidación de la arenita es fuerte.

La matriz (2,28%) está constituida por cuarzo monocristalino (0,98%) y matriz arcillosa (1,30%). La pseudomatriz (1,95%) está constituida por: biotita (0,98%), clorita (0,33%), moscovita (0,33%) e intraclastos (0,33%).

Porosidad (%): 4,06%**Tamaño de Grano:** fino bajo a muy grueso**Clasificaciones**

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 97,39% | F=95,77% | Qt=44,53% | Qm=31,10% | Q=44,37% |
| A=2,61% | C=0% | F=4,59% | F=4,59% | F=4,58% |
| O= 0% | M=4,23% | L=50,88% | Lt=64,31% | L=51,05% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Litocuarzosa |

Tabla 6*Análisis petrográfico de la sección SSJ15-87.00'*

| SSJ15-87.00' | | | |
|---|--------------------|----------|--|
| Constituyentes | #Partículas | % | |
| Qm con extinción recta | 19 | 5,94 | |
| Qm con extinción recta con inclusiones | 1 | 0,31 | |
| Qm con extinción ondulosa | 43 | 13,44 | |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 11 | 3,44 | |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 | |
| QmA | 1 | 0,31 | |
| QmB | 2 | 0,63 | |
| QmC | 1 | 0,31 | |
| Q con deformación cataclástica (Raith et al, 2012). | 2 | 0,63 | |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|----|------|
| Q con deformación plástica mostrando dominios de subgranos elongados paralelos (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q con recristalización estática en el borde del grano (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q altamente deformado con bordes de grano dentados (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q con textura de tablero de ajedrez (Raith et al,2012). | 1 | 0,31 |
| Q parcialmente recristalizado mostrando dominios de subgranos (Raith et al, 2012) | 4 | 1,25 |
| QpD | 7 | 2,19 |
| QpD con inclusiones | 1 | 0,31 |
| QpE | 5 | 1,56 |
| QpF | 22 | 6,88 |
| QpF con inclusiones | 3 | 0,94 |
| K | 4 | 1,25 |
| K con inclusiones no identificadas | 2 | 0,63 |
| P | 7 | 2,19 |
| FRV: vidrio volcánico, P, Q, micas y Op | 2 | 0,63 |
| FRV: vidrio y P | 2 | 0,63 |
| FRM: QmA y moscovita | 1 | 0,31 |
| FRM: QmA y QpF | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 10 | 3,13 |
| FRM: QpD, micas y opacos | 2 | 0,63 |
| FRM: QpD, micas y epidota | 3 | 0,94 |
| FRM: QpD, P y K | 2 | 0,63 |
| FRM: QpD, QpF, epidota y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpE y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 17 | 5,31 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y K | 4 | 1,25 |
| FRM: QpF, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 25 | 7,81 |
| FRM: Q, micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, micas y Ep | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y Ep | 6 | 1,88 |
| FRM: Q y Gr | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P y Ep | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y P | 3 | 0,94 |
| FRM: Q, P y K | 6 | 1,88 |
| FRM: Q, P, K y Micas | 2 | 0,63 |
| FRM: Q, P, K, Micas y Op | 5 | 1,56 |
| FRM: Q y K | 18 | 5,63 |
| FRM: Q, K y Micas | 10 | 3,13 |
| FRM: Q, K, Chl y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Op | 2 | 0,63 |
| FRM: Micas y Gr | 3 | 0,94 |
| FRM: sericita y Ms | 1 | 0,31 |
| FRM: P y micas | 1 | 0,31 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|------------|------------|
| FRM: Mc y K | 1 | 0,31 |
| FRM: Ms, K, Chl y Op | 1 | 0,31 |
| FRM no identificado | 1 | 0,31 |
| FRS de limolita | 2 | 0,63 |
| FRS de chert | 1 | 0,31 |
| Moscovita | 1 | 0,31 |
| Moscovita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Biotita | 3 | 0,94 |
| Biotita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |
| Clorita | 2 | 0,63 |
| Clorita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Clinopiroxeno-Augita | 1 | 0,31 |
| Intraclasto de limolita | 3 | 0,94 |
| Intraclasto de limolita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Matriz arcillosa | 4 | 1,25 |
| Porosidad secundaria por disolución | 5 | 1,56 |
| Porosidad Intragranular por Fractura | 7 | 2,19 |
| Porosidad Intergranular | 1 | 0,31 |
| Partículas identificadas | 320 | 100 |

Comentarios SSJ15-87.00'

Figura 7. A. FRM1: Fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita, sillimanita, clorita y opacos, **FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y grafito con evidencia de microcrenulación, **Qm:** grano de cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **Bt:** biotita deformada por el armazón. **B. Qp:** Grano de cuarzo parcialmente recristalizados mostrando dominios de subgranos, **Qm:** Granos de cuarzo monocristalino, **QmA:** Cuarzo monocristalino con deformación "lamellae", Tipo A (Young,1976), **Bt:** biotita deformada por el armazón y **K:** feldespatos potásicos alterados.

Figura 8 A. FRM1: Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y grafito con evidencia de microcrenulación, **FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita, sillimanita, clorita y opacos, **FRM3:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita y grafito, **Qm:** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, y **Chl:** Clorita deformada por el armazón. **B. FRM1:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

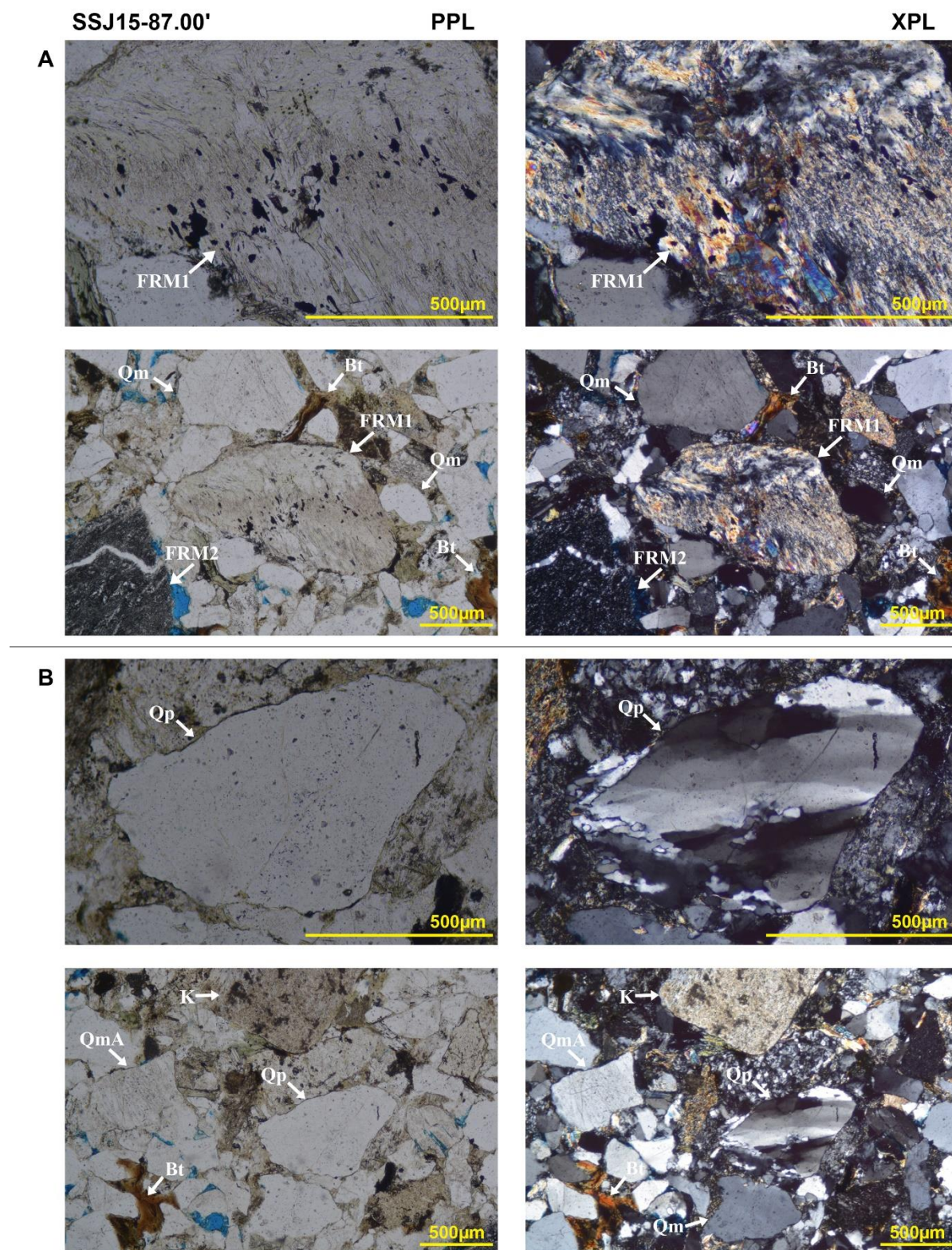
policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976) y moscovita, **FRM2**: Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y micas, **FRM3**: Fragmento de roca metamórfica compuesto por Cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), grafito y opacos, **Bt**: biotita deformada por el armazón, **Qm1**: Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa con inclusiones no identificadas, **Qm**: Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa.

Figura 9A. **Aug**: Fragmento de Clinopiroxeno (Augita), **Qm**: Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRM1**: Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y plagioclasa, **FRM2**: Fragmento de roca metamórfica compuesto por biotita y cuarzo. **B. P**: Fragmentos de plagioclasas alteradas, **Ep**: epidota, **Qm**: cuarzo monocristalino, **Ms**: moscovita.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 7

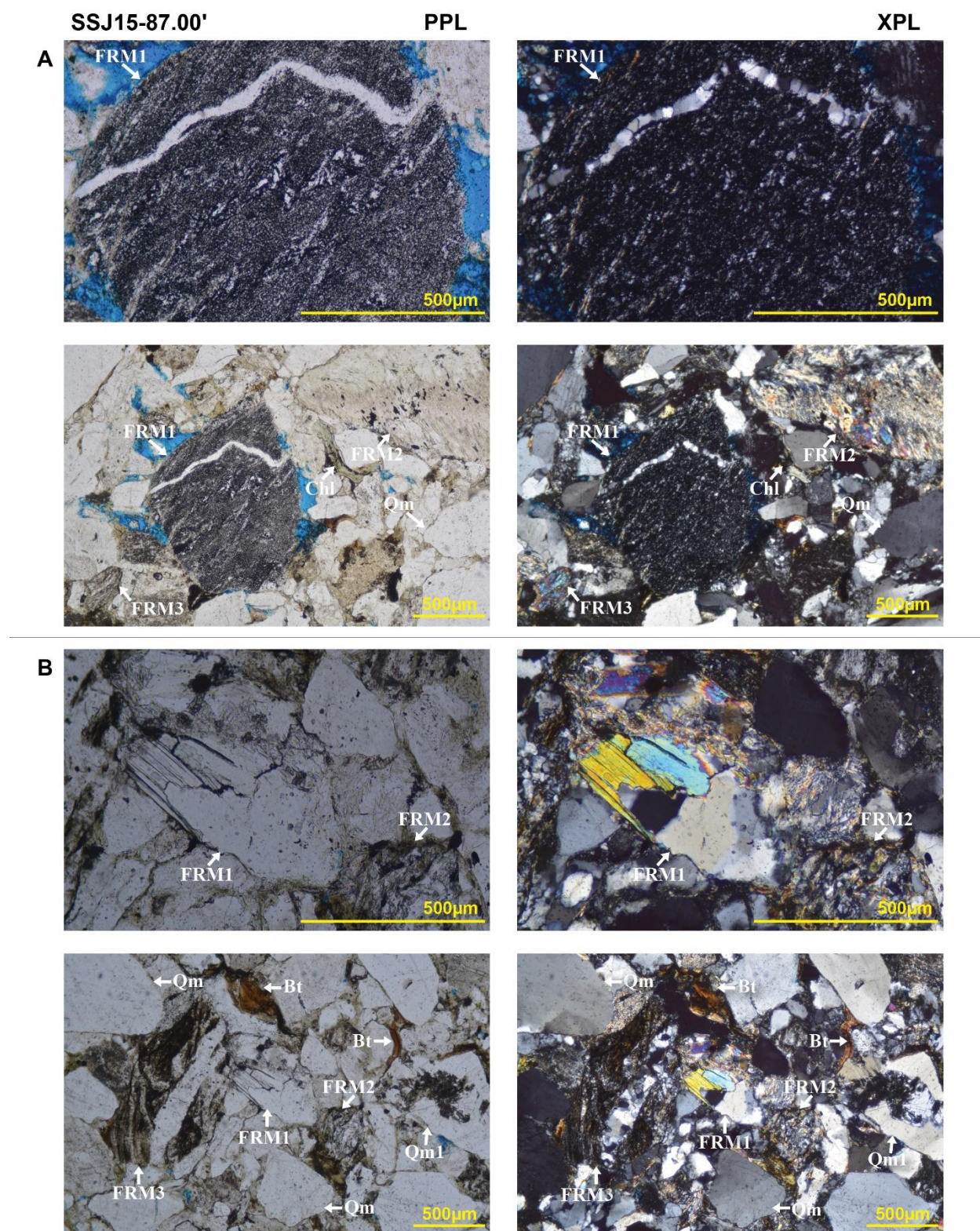
Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'



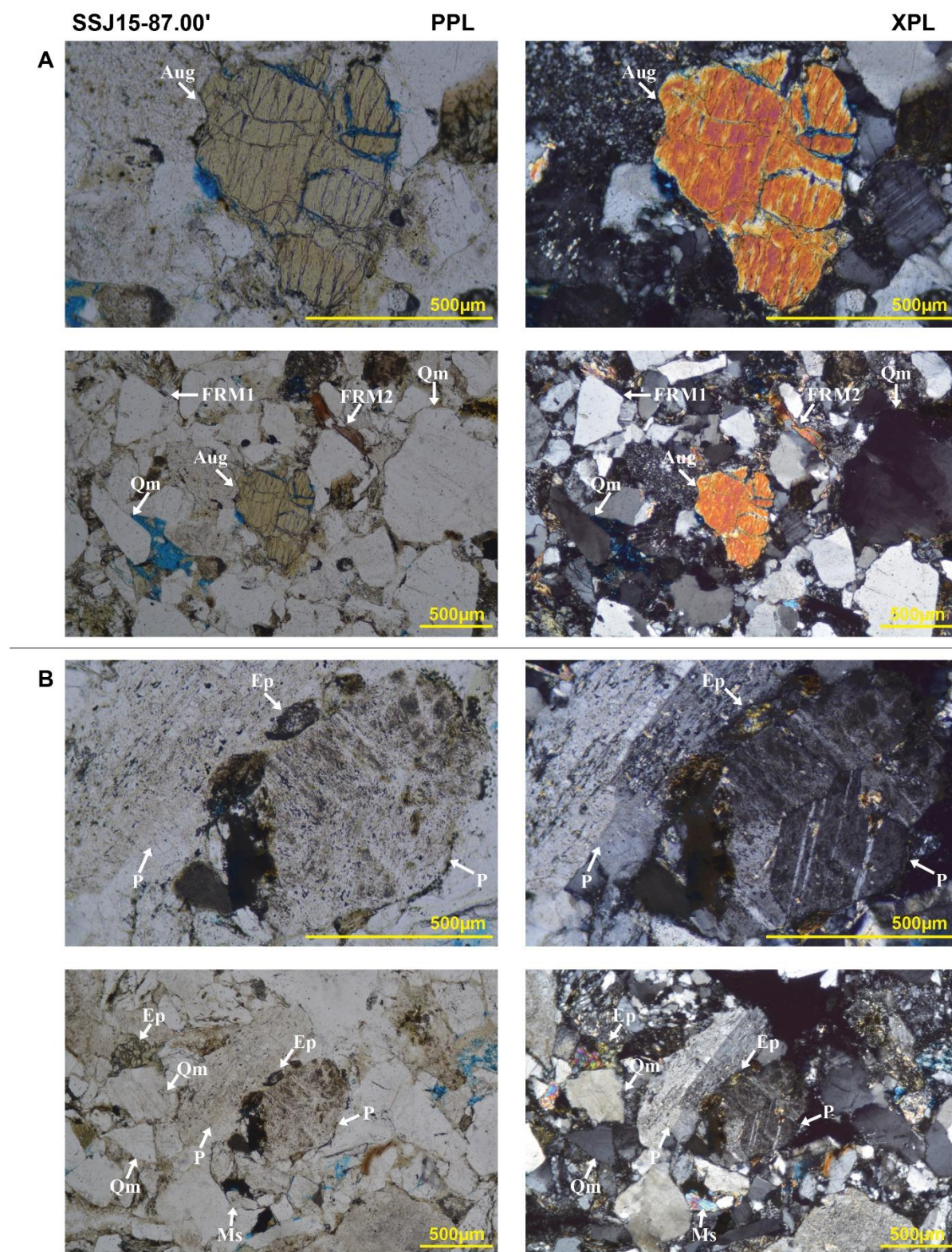
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 8

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 9*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-87,00'*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-371.66'

Nombre: SSJ15-371.66'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano**Descripción macroscópica:**

Capa gruesa de arenita de color gris muy claro (N8), de grano grueso bajo (en la base) y medio (hacia el tope) con gradación normal; matriz de 4 a 3%, calibrado de 2-1 (localmente se encuentran gránulos 2 a 4%), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentran intraclastos de lodolitas (3 a 1%), materia orgánica diseminada (1%) y micas. El grado de biopertubación es nulo. La consolidación de la arenita es fuerte.

La matriz (2,85%) está constituida por cuarzo monocristalino (0,95%), matriz arcillosa (1,27%) y pseudoesparita (0,63). La pseudomatriz (1,59%) está constituida por: biotita (0,64) y moscovita (0,95%).

Cemento: cemento arcilloso.

Ortoquímicos (1%): Cemento arcilloso (0,31%) y pseudoesparita (0,63%)

Porosidad (%): 1,56%

Tamaño de Grano: fino bajo a muy grueso

Clasificaciones

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 93,65% | F=95,24% | Qt=51,82% | Qm=25,36% | Q=51,44% |
| A= 5,40% | C=0,32% | F=6,88% | F=6,88% | F=6,83% |
| O= 0,95% | M=4,44% | L=41,30% | Lt=67,76% | L=41,73% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Cuarzolítica |

Tabla 7*Análisis petrográfico de la sección SSJ15-371.66'*

SSJ15-371.66'

| Constituyentes | #Partículas | % |
|---|-------------|-------|
| Qm con extinción recta | 1 | 0,31 |
| Qm con extinción recta con inclusiones | 2 | 0,63 |
| Qm con extinción ondulosa | 49 | 15,31 |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 7 | 2,19 |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 |
| Q bipiramidal | 2 | 0,63 |
| QmA | 2 | 0,63 |
| QmC | 2 | 0,63 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|----|-------|
| Q con recristalización dinámica con granos elongados y bordes de grano aserrados (Raith et al, 2012) | 3 | 0,94 |
| Q parcialmente recristalizado mostrando dominios de subgranos (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q evidencia de deformación plástica y recristalización estática (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| QpD | 19 | 5,94 |
| QpD con inclusiones | 1 | 0,31 |
| QpF | 41 | 12,81 |
| QpF con inclusiones | 12 | 3,75 |
| K | 9 | 2,81 |
| Pertita | 1 | 0,31 |
| P | 9 | 2,81 |
| FRI: P alterada, Q, micas y opacos | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K, micas y Q | 1 | 0,31 |
| FRI: Q, K alterado, Ms, Mc con evidencia de textura micrográfica relictica de Q y K. | 1 | 0,31 |
| FRV con textura traquílica (traquita): sanidina y vidrio volcánico | 4 | 1,25 |
| FRV: vidrio volcánico | 2 | 0,63 |
| FRM: QmA, K alterado a caolinita. | 3 | 0,94 |
| FRM: QmA, QpF, K alterado y Ms | 1 | 0,31 |
| FRM: QmA y QpF | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD, micas y opacos | 2 | 0,63 |
| FRM: QpD, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpE y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 20 | 6,25 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 3 | 0,94 |
| FRM: QpF, moscovita, biotita-clorita, plagioclasa alterada a calcita y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y K | 6 | 1,88 |
| FRM: QpF, K y micas | 4 | 1,25 |
| FRM: QpF, K y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 20 | 6,25 |
| FRM: Q, micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, micas y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y Ep | 6 | 1,88 |
| FRM: Q, P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y P | 3 | 0,94 |
| FRM: Q, P y K | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, P, K, Chl y Ep | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P, K y Micas | 3 | 0,94 |
| FRM: Q y K | 7 | 2,19 |
| FRM: Q, K y Micas | 4 | 1,25 |
| FRM: Micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM: Cataclasita (Sibson, 1977) | 2 | 0,63 |
| FRS de limolita | 2 | 0,63 |
| FRS de chert | 2 | 0,63 |
| Moscovita | 6 | 1,88 |
| Moscovita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|------------|------------|
| Biotita | 2 | 0,63 |
| Biotita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Biotita alterando a clorita | 1 | 0,31 |
| Intraclasto de limolita | 13 | 4,06 |
| Seudoesparita con evidencias de neomorfismo (30-50 um) | 2 | 0,63 |
| Matriz arcillosa | 4 | 1,25 |
| Cemento arcilloso | 1 | 0,31 |
| Porosidad secundaria por disolución | 2 | 0,63 |
| Porosidad Intragranular por Fractura | 3 | 0,94 |
| Partículas identificadas | 320 | 100 |

Comentarios SSJ15-371.66'

Figura 10 A. Per: Fragmento de pertita, **P:** Plagioclasa alterada, **FRS:** fragmento de chert. **B. QpD:** Fragmento de cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **Qm:** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **Ms:** Moscovita.

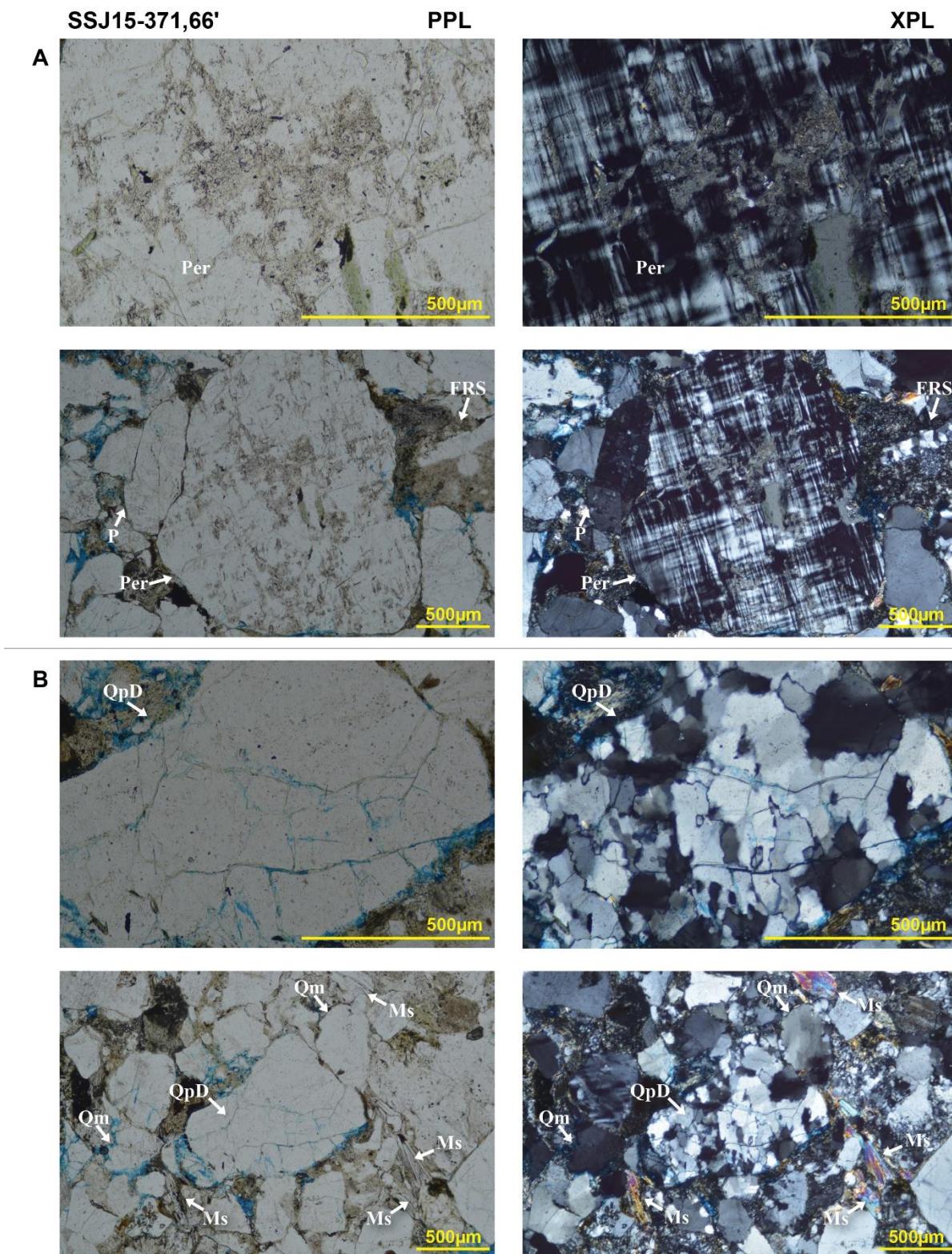
Figura 11 A. FRV: Fragmento de roca volcánica con textura traquítica (traquita) compuesta por sanidina y vidrio volcánico, **Qm:** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976). **B. FRI:** Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo, feldespatos potásicos alterados, moscovita, microclina deformada y moscovita, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), **Qm:** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **P:** Plagioclasa alterada, **Zr:** Circón.

Figura 12A. Qm1: cuarzo bipiramidal, **FRM1:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita y cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **FRI:** fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo y feldespatos potásicos, **Ms:** moscovita, **Qm2:** cuarzo monocristalino con inclusiones de epidota, **FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976),

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

plagioclasa y feldespato potásico. **B. FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y biotita(kink), **Qm1:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRS:** fragmento de limolita, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976) deformado.

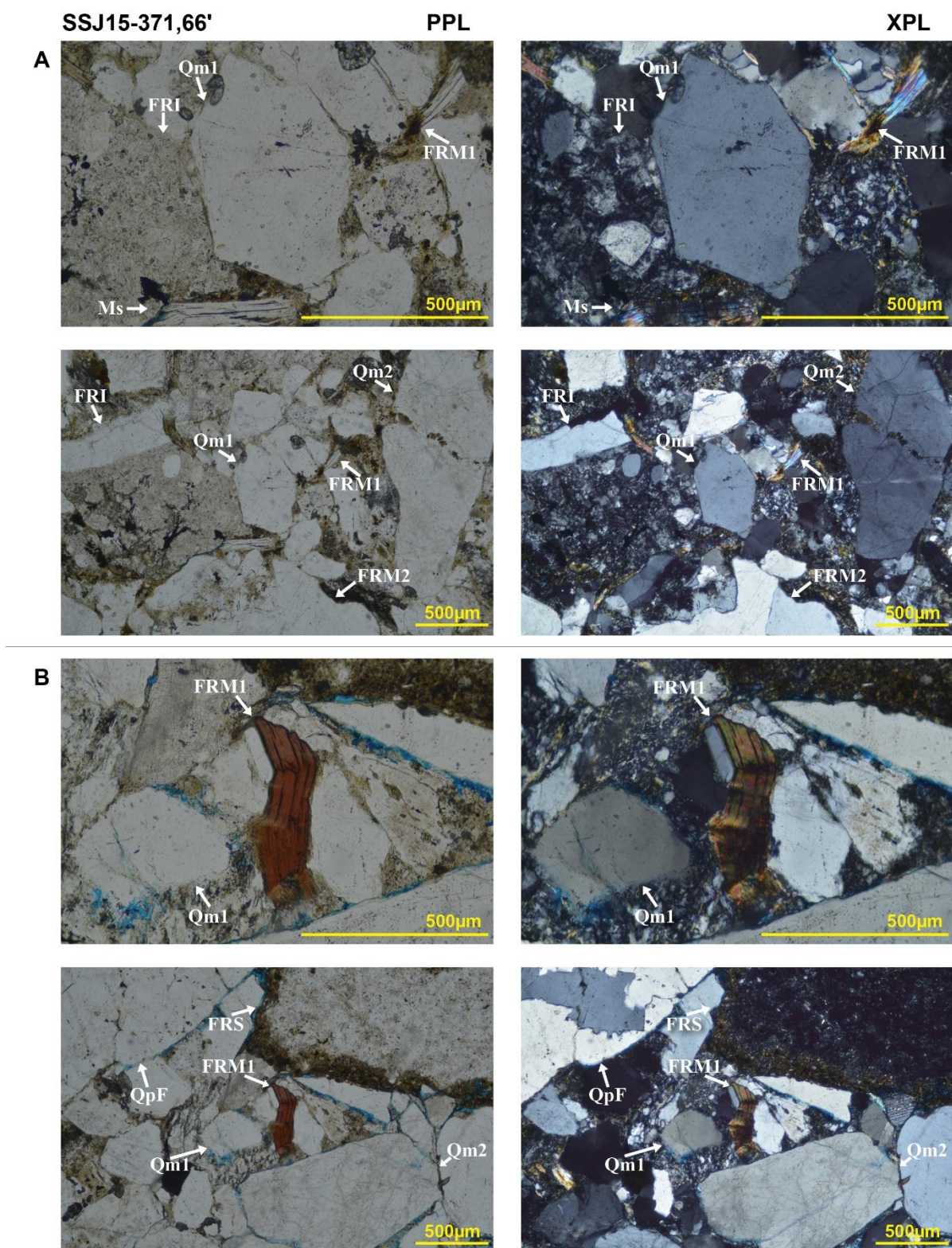
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 10*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-371.66'*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 12

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-371.66'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-895,75'

Nombre: SSJ15-895,75'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano**Descripción macroscópica:**

Capa gruesa de arenita de color gris muy claro (N8), de grano medio (en la base) y medio (hacia el tope) sin gradación; matriz de 2%, calibrado de 2 (localmente se encuentran gránulos 2 %), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentran intraclastos de lodolitas (1 a 2%), materia orgánica diseminada (trazas) y micas. El grado de biopertubación es nulo. La consolidación de la arenita es firme.

La matriz (3,24%) está constituida por cuarzo monocristalino (0,97%) y matriz arcillosa (2,27%). La pseudomatriz (1,94%) está constituida por: biotita (0,64%), clorita (0,65%) y moscovita (0,65%).

Porosidad (%): 3,44%**Tamaño de Grano:** muy fino bajo a muy grueso**Clasificaciones**

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti(2016) |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 97,09% | F=94,82% | Qt=35,76% | Qm=22,22% | Q=35,76% |
| A=2,91% | C=0% | F=6,94% | F=6,94% | F=6,94% |
| O= 0% | M=5,18% | L=57,30% | Lt=70,84% | L=57,30% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Litocuarzosa |

Tabla 8*Análisis petrográfico de la sección SSJ15-895,75'*

| SSJ15-895,75' | | |
|---|--------------------|----------|
| Constituyentes | #Partículas | % |
| Qm con extinción recta | 5 | 1,56 |
| Qm con extinción recta con inclusiones | 1 | 0,31 |
| Qm con extinción ondulosa | 35 | 10,94 |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 2 | 0,63 |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 |
| Q con bahía | 3 | 0,94 |
| QmA | 2 | 0,63 |
| QmC | 4 | 1,25 |
| Qm altamente fracturado | 4 | 1,25 |
| Q deformado con bandas kink | 1 | 0,31 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|----|------|
| Q con deformación cataclástica (Raith et al, 2012). | 2 | 0,63 |
| Q con deformación plástica mostrando dominios de subgranos elongados paralelos (Raith et al, 2012) | 2 | 0,63 |
| Q con recristalización dinámica con granos elongados y bordes de grano aserrados (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q localmente con textura de tablero de ajedrez y con bandas de nuevos granos. | 1 | 0,31 |
| Q parcialmente recristalizado mostrando dominios de subgranos (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| QpD | 3 | 0,94 |
| QpE | 2 | 0,63 |
| QpF | 25 | 7,81 |
| QpF con inclusiones | 9 | 2,81 |
| K | 11 | 3,44 |
| P | 7 | 2,19 |
| P deformada con inclusiones no identificadas | 2 | 0,63 |
| FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) | 1 | 0,31 |
| FRI: P y K | 2 | 0,63 |
| FRI exhibiendo una textura mimerquítica compuesto por K, P y Q | 1 | 0,31 |
| FRV (basalto) con textura glomeroporfídica: P, vidrio volcánico alterado y amígdalas | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 4 | 1,25 |
| FRM: QpD, micas y epidota | 3 | 0,94 |
| FRM: QpD y K alterado | 2 | 0,63 |
| FRM: QpD, K alterado y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpE y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 18 | 5,63 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 4 | 1,25 |
| FRM: QpF y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, K y micas | 7 | 2,19 |
| FRM: QpF, K, micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 22 | 6,88 |
| FRM: Q, micas y Op | 6 | 1,88 |
| FRM: Q, micas y Gr | 3 | 0,94 |
| FRM: Q, micas y Ep | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y Ep | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y Op (leucoxeno) | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P y micas | 9 | 2,81 |
| FRM: Q, P y Ep | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y P | 6 | 1,88 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--------------------------------------|------------|------------|
| FRM: Q, P y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P y K | 2 | 0,63 |
| FRM: Q, P, K y Micas | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, K y Op | 3 | 0,94 |
| FRM: Q y K | 24 | 7,50 |
| FRM: Q, K y Micas | 10 | 3,13 |
| FRM: Micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM: P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM milonita | 1 | 0,31 |
| FRM no identificado | 4 | 1,25 |
| FRS de limolita | 2 | 0,63 |
| Moscovita | 1 | 0,31 |
| Moscovita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Biotita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Biotita alterando a clorita | 2 | 0,63 |
| Clorita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Intraclasto de limolita | 1 | 0,31 |
| Matriz arcillosa | 7 | 2,19 |
| Porosidad Intragranular por Fractura | 12 | 3,75 |
| Partículas contadas | 320 | 100 |

Comentarios SSJ15-895,75'

Figura 13. A. FRI1: fragmento de roca ígnea exhibiendo una textura mimerquitica compuesto por feldespatos potásico, plagioclasa y cuarzo, **Qm1:** Cuarzo monocristalino con extinción recta, **Qm2:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRM:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por compuesto por cuarzo y moscovita. **B. Qm1:** Cuarzo con bahía e inclusiones de circón, **K:** Feldespato potásico alterado, **FRM:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), moscovita y grafito, **Bt:** biotita deformada por el armazón.

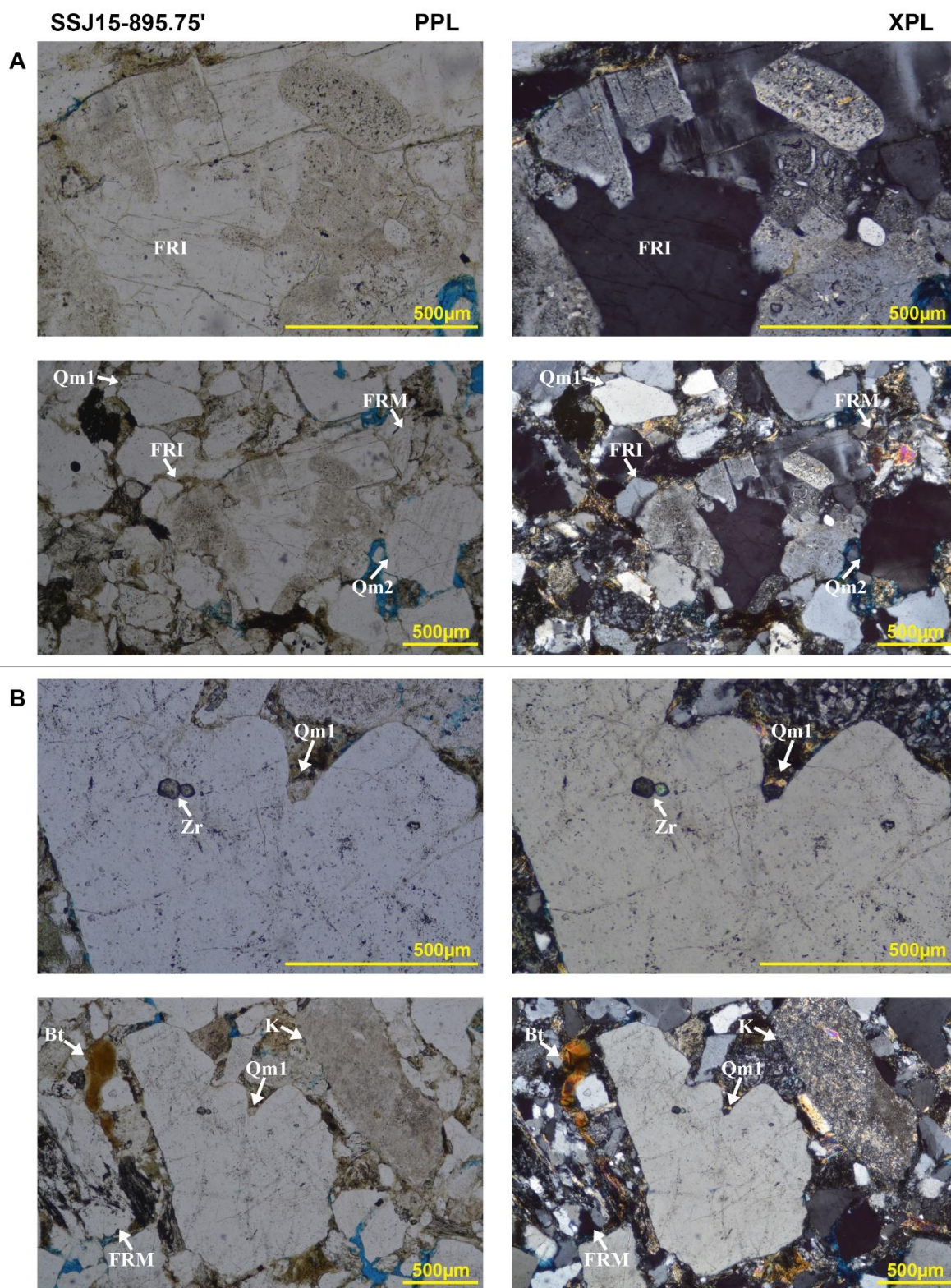
Figura 14A. FRM: Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), micas y opacos. **B. FRM1:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por sericita, clorita, epidota, y cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

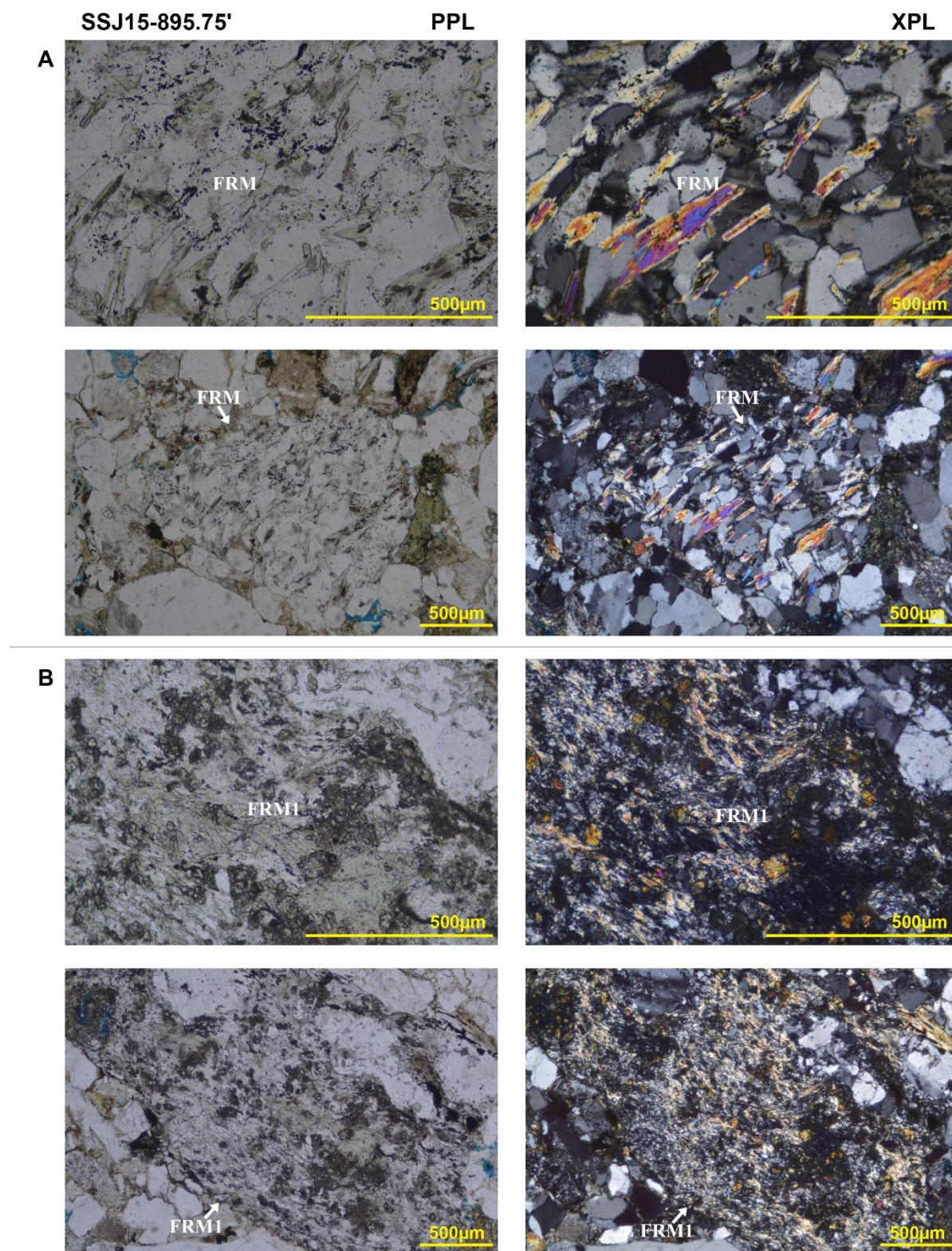
Figura 15 A. Intra: Intraclasto de limolita deformado por el armazón, **FRM1:**

Fragmento de roca metamórfica compuesto por sericita, clorita, epidota, y cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **QmC:** Cuarzo monocristalino con bandas de deformación y formación de nuevos cristales (Tipo C según Young, 1976), **Qm:** Cuarzo monocristalino. **B. Qm1:** Cuarzo localmente con textura de tablero de ajedrez y con bandas de nuevos granos, **QpD:** cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **QpE:** Cuarzo policristalino con evidencias de recristalización primaria y formación de cristales (Tipo E según Young, 1976), **Ms:** moscovita.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 13*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'*

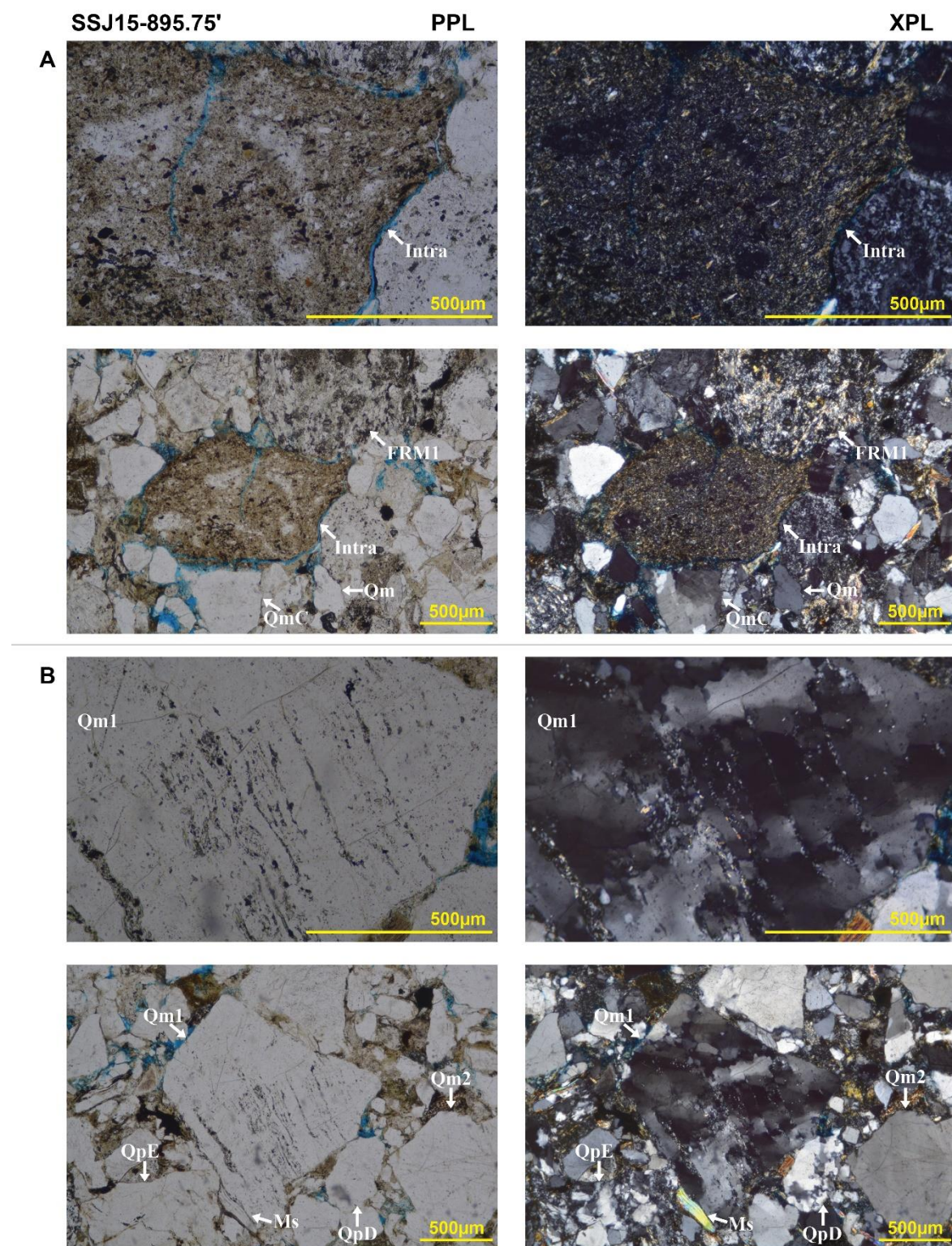
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 14*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 15

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-895,75'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-1199'

Nombre: SSJ15-1199'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano

Descripción macroscópica:

Capa gruesa de arenita de color gris claro (N7), de grano fino alto (en la base) y medio bajo (hacia el tope) con gradación inversa; matriz de 2 a 3%, calibrado de 1-2 (localmente se encuentran gránulos 1 %), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentran intraclastos de lodolitas (hacia el tope 1%) y micas. El grado de bioperturbación es nulo. La consolidación de la arenita es muy fuerte.

La matriz (2,98%) está constituida por cuarzo monocristalino (1,12%) y matriz arcillosa (1,86%). La pseudomatriz (2,98%) está constituida por: glauconita (0,37%), biotita (1,87%), clorita (0,37%) y moscovita (0,37%).

Porosidad (%):0,31%

Tamaño de Grano: fino bajo a muy grueso

Clasificaciones

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 96,87% | F=94,04% | Qt=53,68% | Qm=34,39% | Q=52,94% |
| A=3,13% | C=0% | F=9,12% | F=9,12% | F=9% |
| O= 0% | M=5,96% | L=37,20% | Lt=56,49% | L=38,06% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Cuarzolítica |

Tabla 9

Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1199'

| SSJ15-1199' | | |
|---|-------------|-------|
| Constituyentes | #Partículas | % |
| Qm con extinción recta | 5 | 1,56 |
| Qm con extinción recta con inclusiones | 1 | 0,31 |
| Qm con extinción ondulosa | 60 | 18,75 |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 17 | 5,31 |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 |
| Q bipiramidal | 3 | 0,94 |
| Q evidencias de sobrecrecimiento de cemento de sílice | 1 | 0,31 |
| Q con bahía | 3 | 0,94 |
| QmA | 5 | 1,56 |
| QmC | 1 | 0,31 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|----|-------|
| Q con deformación plástica mostrando dominios de subgranos elongados paralelos (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| Q altamente deformado con bordes de grano dentados (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 |
| QpD | 14 | 4,38 |
| QpD con inclusiones | 2 | 0,63 |
| QpE | 1 | 0,31 |
| QpF | 32 | 10,00 |
| QpF con inclusiones | 6 | 1,88 |
| K | 3 | 0,94 |
| P | 23 | 7,19 |
| FRI: Q y Bt | 5 | 1,56 |
| FRI: P alterada y Q | 4 | 1,25 |
| FRI: P alterada, Q y Micas | 2 | 0,63 |
| FRI: P alterada, Cal y Q | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K, micas y Q | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) | 1 | 0,31 |
| FRI indiferenciado | 2 | 0,63 |
| FRV con textura traquítica (traquita): sanidina y vidrio volcánico | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 4 | 1,25 |
| FRM: QpD, micas y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 6 | 1,88 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 10 | 3,13 |
| FRM: QpF y P | 2 | 0,63 |
| FRM: QpF, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 34 | 10,63 |
| FRM: Q, micas y Op | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, micas y Ep | 1 | 0,31 |
| FRM: Q, P y micas | 3 | 0,94 |
| FRM: Q y P | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y K | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, K y Micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Gr | 1 | 0,31 |
| FRM no identificado | 4 | 1,25 |
| FRS de arcillolita | 1 | 0,31 |
| FRS de limolita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |
| FRS de limolita | 4 | 1,25 |
| FRS de arenisca | 1 | 0,31 |
| FRS de chert | 4 | 1,25 |
| Moscovita | 2 | 0,63 |
| Moscovita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Biotita | 4 | 1,25 |
| Biotita (seudomatriz) | 5 | 1,56 |
| Clorita | 1 | 0,31 |
| Clorita (seudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Glauconita | 1 | 0,31 |
| Glauconita (seudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Intraclasto de limolita | 3 | 0,94 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Matriz arcillosa | 5 | 1,56 |
| Porosidad secundaria por disolución | 1 | 0,31 |
| Partículas identificadas | 320 | 100 |

Comentarios SSJ15-1199'

Figura 16. A.FRI: fragmento de roca ígnea compuesto por plagioclasa alterada, cuarzo y biotita, **Qm:** cuarzo monocristalino con extinción recta, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), **P:** plagioclasa alterada, **FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita y cuarzo. **FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo (Fragmento alterado). **B:** **Qm1:** Grano de cuarzo con evidencias de sobrecrecimiento de cemento de sílice, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), **Qm:** cuarzo monocristalino, **FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita, biotita y cuarzo, **Ms:** moscovita.

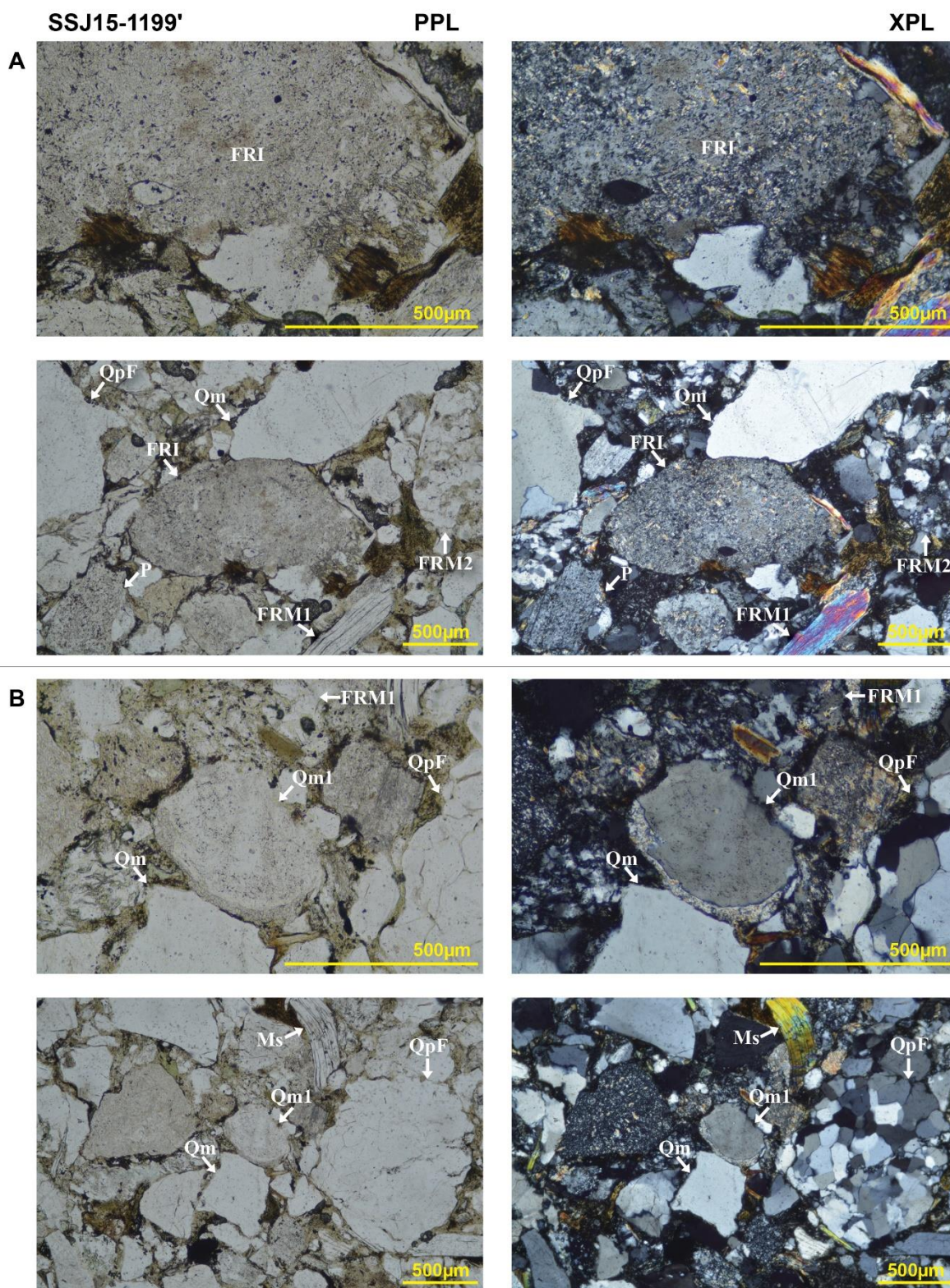
Figura 17. A. FRM: Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976) y opacos, **P:** plagioclasa, **Qm:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa. **B:** **FRM1:** compuesto por cuarzo con deformación plástica (cataclasita) y moscovita, **Qm:** cuarzo monocristalino, **QmC:** Cuarzo monocristalino con bandas de deformación y formación de nuevos cristales (Tipo C según Young, 1976), **Ms:** moscovita.

Figura 18. A. Gy: glauconita deformada por el armazón, **FRM1:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y moscovita, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), **Qm:** cuarzo monocristalino, **QmA:** Cuarzo monocristalino con deformación "lamellae", Tipo A (Young,1976), **P:** plagioclasa zonada alterada, **FRI:** fragmento de roca ígnea compuesto por plagioclasa alterada y cuarzo con

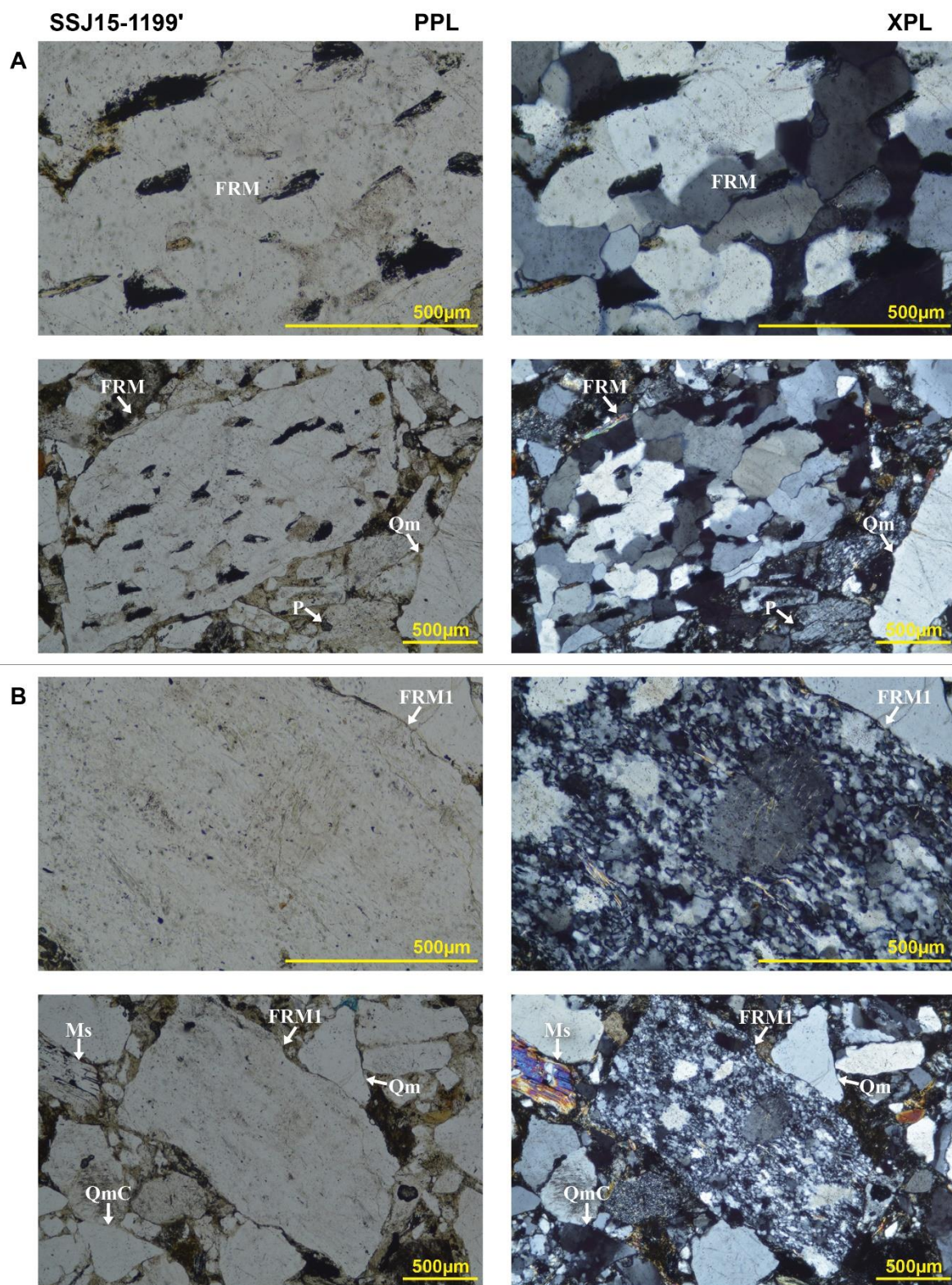
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

cemento de pseudoesparita, **Chl**: clorita. **B**: **Qm1**: cuarzo monocristalino con inclusiones vermiculares de clorita, **FRM2**: fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **Qm2**: cuarzo monocristalino, **P**: plagioclasa alterada.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 16*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'.*

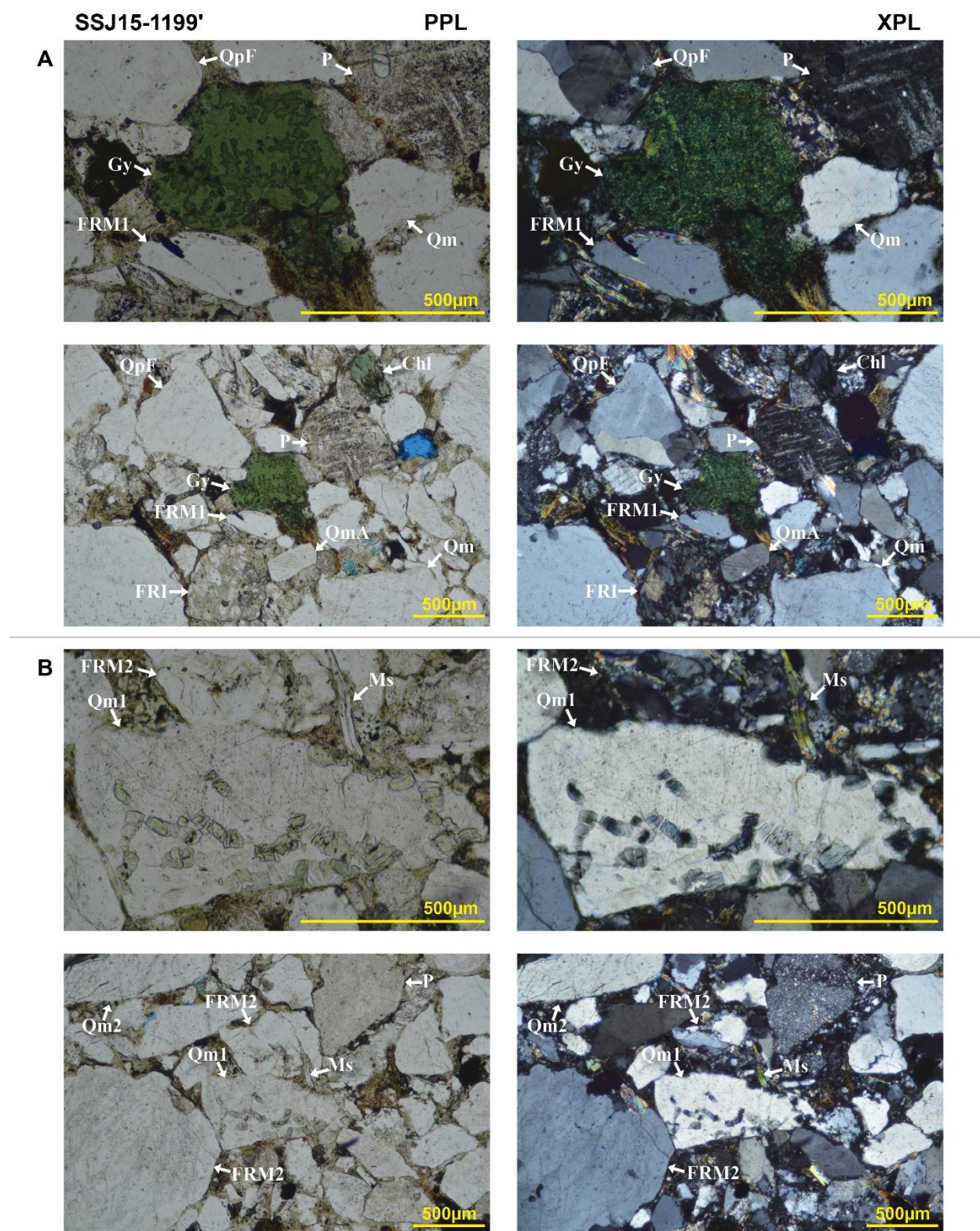
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 17*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'.*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 18

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1199'.



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-1390,08'

Nombre: SSJ15-1390,08'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano**Descripción macroscópica:**

Capa gruesa de arenita de color gris claro (N7), de grano medio bajo (en la base) y fino bajo (hacia el tope) con gradación normal; matriz de 3%, calibrado de 1-2 (hacia el tope se encuentran gránulos 4 %), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentran intraclastos de lodolitas (2 a 4%) y micas. El grado de biopertubación es nulo. La consolidación de la arenita es fuerte.

La matriz (5,03%) está constituida por cuarzo monocristalino (0,94%), matriz arcillosa (3,15%) y pseudoesparita (0,94%). La pseudomatriz (2,20%) está constituida por: biotita (0,63%), FRS de limolita (0,63%), clorita (0,31%) y moscovita (0,63%).

Ortoquímicos (0,94%): pseudoesparita con neomorfismo.

Porosidad (%):0,63%

Tamaño de Grano: fino bajo a muy grueso

Clasificaciones

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 94,97% | F=92,77% | Qt=48,41% | Qm=31,45% | Q=48,07% |
| A=4,09% | C=0% | F=10,95% | F=10,95% | F=10,88% |
| O=0,94% | M=7,23 % | L=40,64% | Lt=57,60 % | L=41,05% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Cuarzolítica |

Tabla 10

Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1390,08'

| SSJ15-1390,08' | | |
|---|--------------------|----------|
| Constituyentes | #Partículas | % |
| Qm con extinción recta | 3 | 0,94 |
| Qm con extinción ondulosa | 67 | 20,94 |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 10 | 3,13 |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 |
| QmA | 3 | 0,94 |
| QmC | 6 | 1,88 |
| QpD | 12 | 3,75 |
| QpF | 30 | 9,38 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|----|-------|
| QpF con inclusiones | 6 | 1,88 |
| K | 12 | 3,75 |
| K con inclusiones no identificadas | 2 | 0,63 |
| P | 14 | 4,38 |
| P alterada con relleno de esparita | 2 | 0,63 |
| P alterada con venas calcita | 1 | 0,31 |
| FRI: P alterada y Q | 3 | 0,94 |
| FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) | 2 | 0,63 |
| FRI: P y K | 1 | 0,31 |
| FRI indiferenciado | 1 | 0,31 |
| FRV con textura variolítica: P, vidrio volcánico y amígdalas | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 3 | 0,94 |
| FRM: QpD y calcita | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y K alterado | 3 | 0,94 |
| FRM: QpD, P y micas | 2 | 0,63 |
| FRM: QpD, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 9 | 2,81 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 3 | 0,94 |
| FRM: QpF y calcita | 2 | 0,63 |
| FRM: QpF y K | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, K, micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, K y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 38 | 11,88 |
| FRM: Q, micas y Op | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, micas y Gr | 3 | 0,94 |
| FRM: Q y Gr | 3 | 0,94 |
| FRM: Q, P y micas | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y P | 7 | 2,19 |
| FRM: Q, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y K | 11 | 3,44 |
| FRM: Q, K y Micas | 3 | 0,94 |
| FRM: Micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM no identificado | 1 | 0,31 |
| FRS de limolita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| FRS de limolita | 2 | 0,63 |
| FRS de caliza | 1 | 0,31 |
| FRS de chert | 1 | 0,31 |
| Moscovita | 2 | 0,63 |
| Moscovita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Biotita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Biotita alterando a clorita | 1 | 0,31 |
| Clorita | 1 | 0,31 |
| Clorita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Sillimanita | 1 | 0,31 |
| Glauconita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Foraminíferos plantónicos | 2 | 0,63 |
| Fragmento de alga | 1 | 0,31 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|------------|------------|
| Seudoesparita con evidencias de neomorfismo (30-50 um) | 3 | 0,94 |
| Matriz arcillosa | 10 | 3,13 |
| Porosidad secundaria por disolución | 2 | 0,63 |
| Partículas identificadas | 308 | 100 |

Comentarios SSJ15-1390,08'

Figura 19: **A. Ps Esp:** pseudoesparita, **Qm1:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976) y clorita, **Ms:** moscovita, **QpD:** cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976). **B. FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y sillimanita, **Qm1:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRM3:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y feldespato potásico alterado, **Qm2:** cuarzo monocristalino con inclusiones, **Bt:** biotita

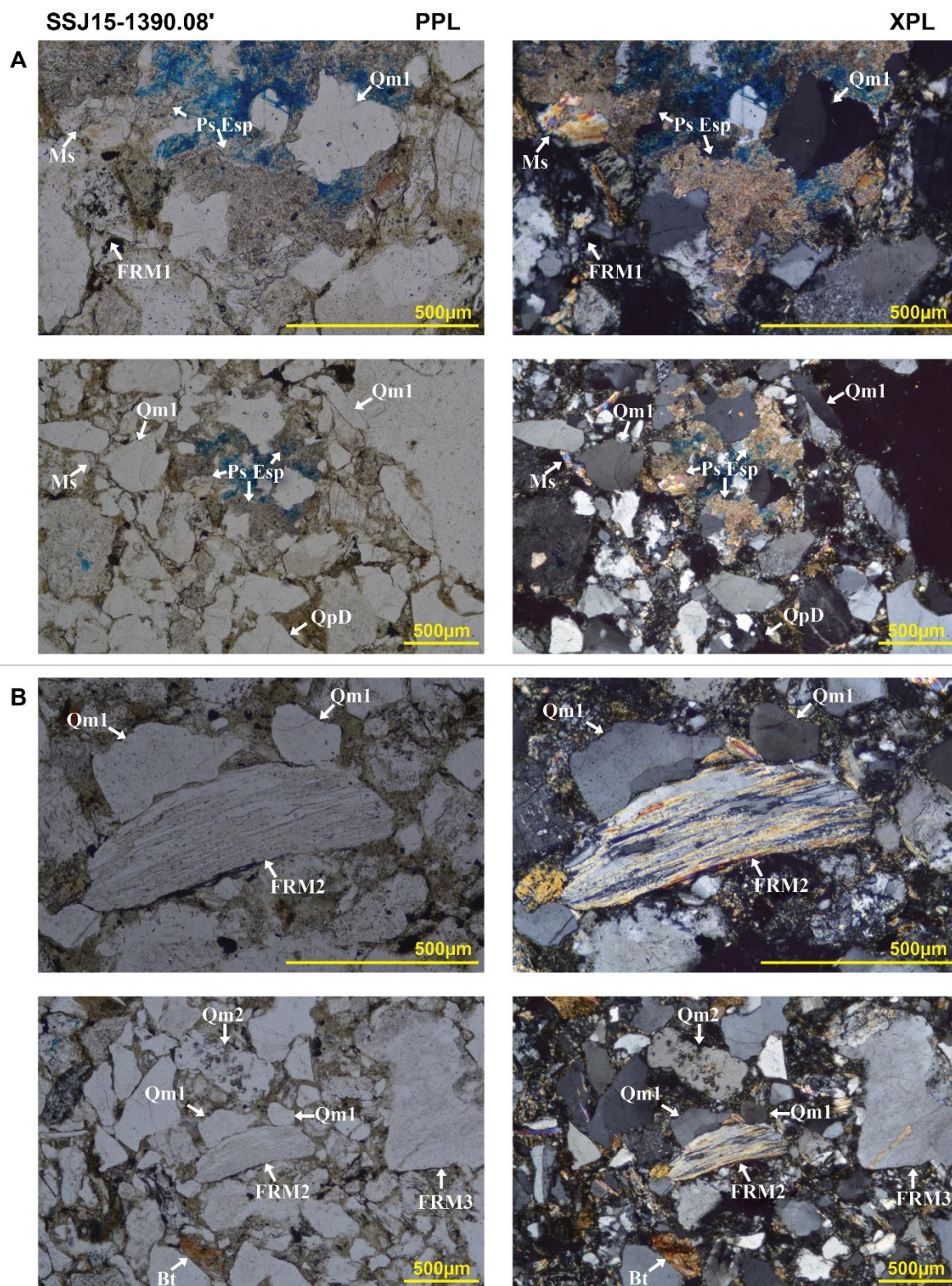
Figura 20: **A. P:** Fragmento de plagioclasa alterada con relleno de esparita, **Bt:** Biotita deformada por el armazón, **Qm:** cuarzo monocristalino y **QmA:** Cuarzo monocristalino con deformación "lamellae", Tipo A (Young, 1976). **B. FRI:** Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), plagioclasa y feldespato potásico (Fragmento alterado), **FRM:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), clorita y opacos, **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976).

Figura 21 **A. FRM1:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo, grafito y moscovita, **QpD:** cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **FRM2:** fragmento de roca metamórfica compuesto

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

por cuarzo y moscovita, **QmC**: Cuarzo monocristalino con bandas de deformación y formación de nuevos cristales (Tipo C según Young, 1976). **B. Fp**: Foraminífero planctónico con cámaras rellenas de pirita, **Qm**: Cuarzo monocristalino, **FRM**: fragmento de roca metamórfica compuesto por moscovita y cuarzo, **QpF**: cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976).

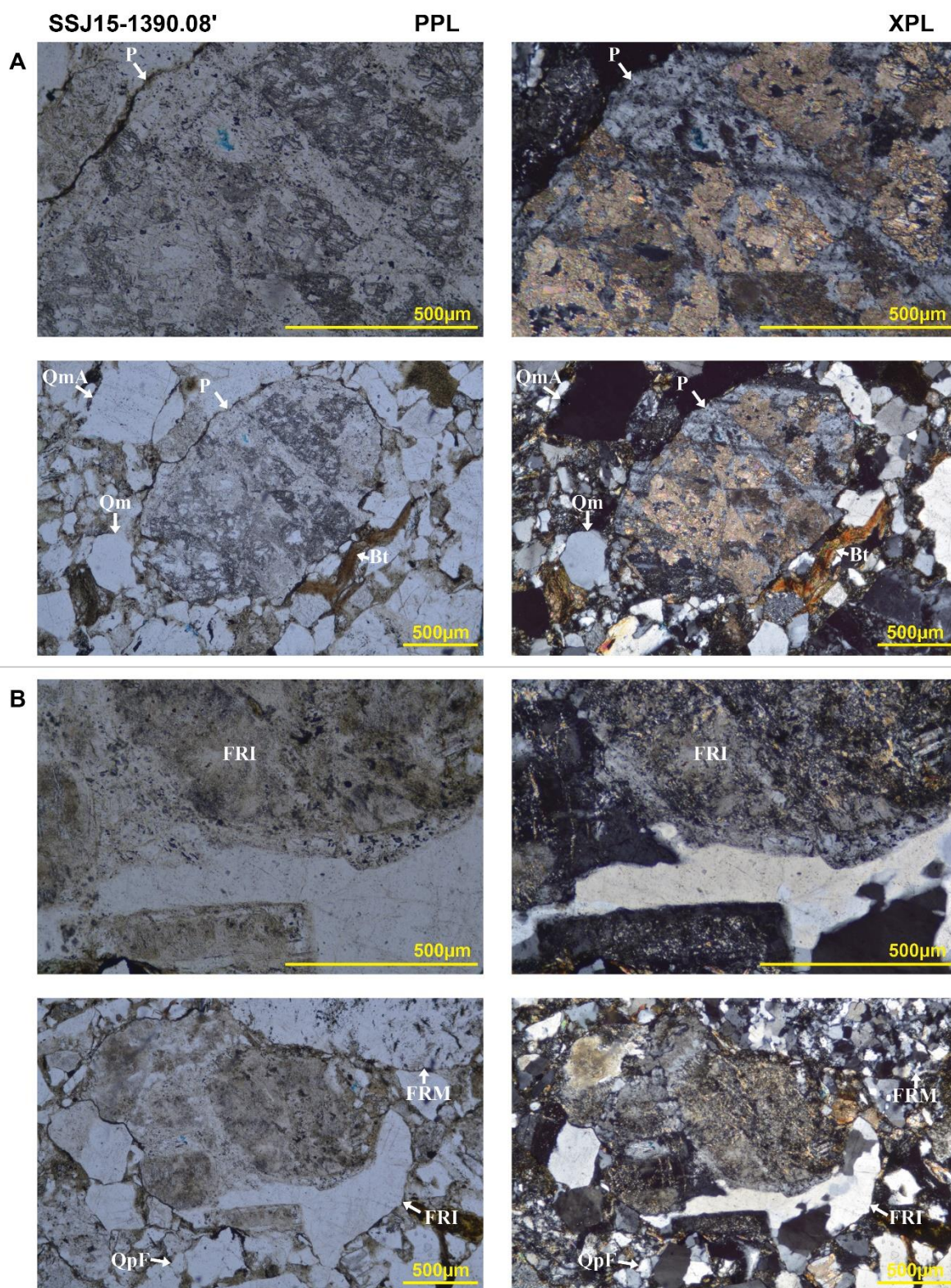
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 19*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'.*

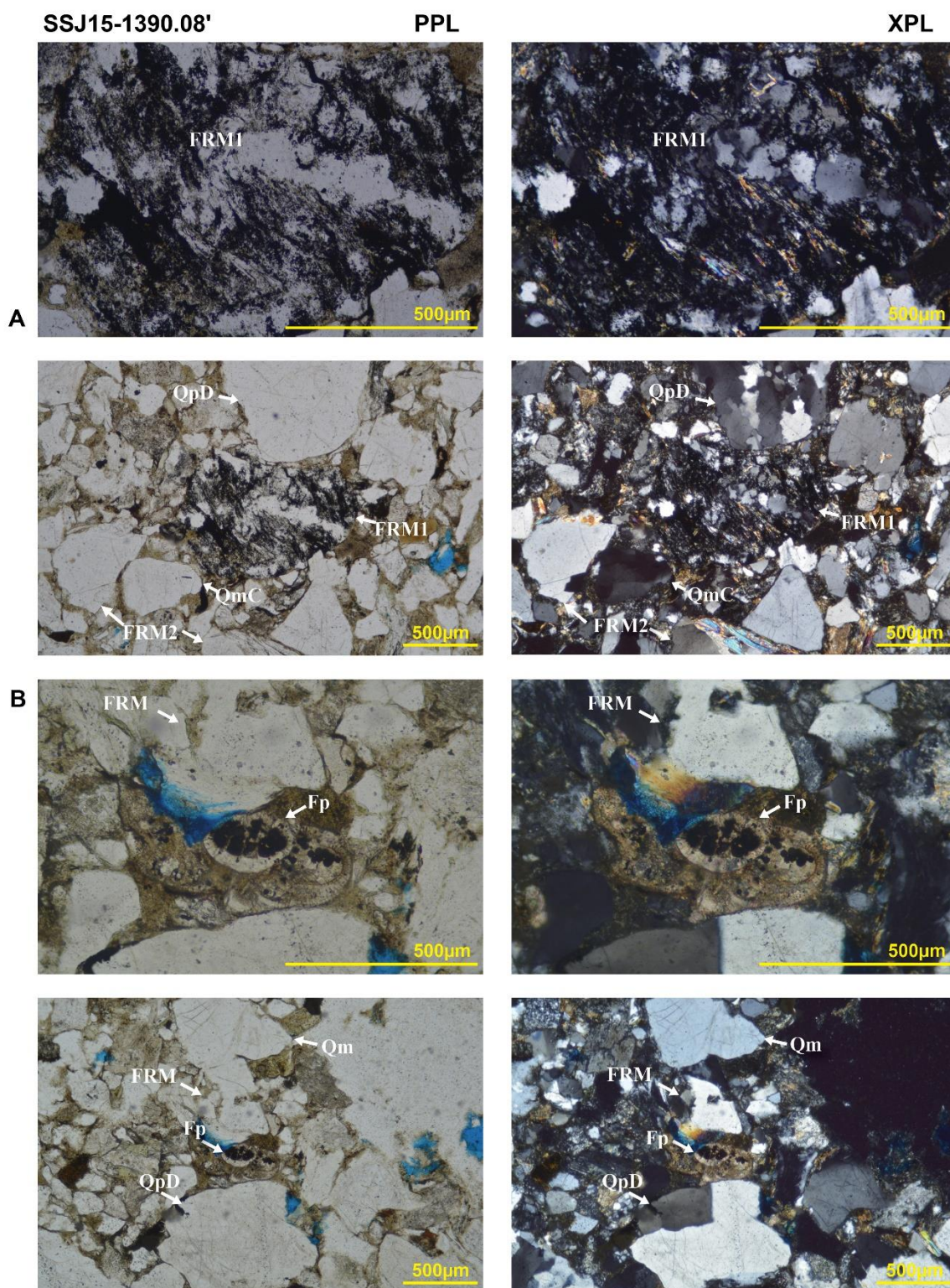
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 20

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'.



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 21*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1390.08'.*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-1923.42'

Nombre: SSJ15-1923.42'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano**Descripción macroscópica:**

Capa mediana de arenita calcárea de color gris mediano claro (N6), de grano medio bajo (en la base) y fino alto (hacia el tope) con gradación normal; matriz de 5 a 4%, calibrado de 2 (hacia la base se encuentran gránulos 2 %), con partículas angulares, subangulares y subredondeadas. Se encuentra materia orgánica diseminada (trazas) y micas. El grado de bioperturbación es nulo. La consolidación de la arenita es firme.

La matriz (10,70%) está constituida por cuarzo monocristalino (1,90%), pseudoesparita (8,49%), y plagioclasa (0,31%). La pseudomatriz (3,14%) está constituida por: intraclasto (0,63%), biotita (0,94%), glauconita (0,63%) y moscovita (0,94%).

Ortoquímicos (8,49%): pseudoesparita.

Porosidad (%):0,63%

Tamaño de Grano: medio bajo

Clasificaciones

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 87,74% | F=86,16% | Qt=59,30% | Qm=37,21% | Q=58,40% |
| A=3,77% | C=0% | F=3,10% | F=3,10% | F=3,05% |
| O=8,49% | M=13,84% | L=37,60% | Lt=59,69% | L=38,55% |
| Terrígena | Arenita lodosa | Litoarenita | Litowacka | Cuarzolítica |

Tabla 11

Análisis petrográfico de la sección SSJ15-1923.42'

| SSJ15-1923.42' | | |
|---|--------------------|----------|
| Constituyentes | #Partículas | % |
| Qm con extinción recta | 4 | 1,25 |
| Qm con extinción recta con inclusiones | 1 | 0,31 |
| Qm con extinción ondulosa | 61 | 19,06 |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 13 | 4,06 |
| Qm como matriz | 6 | 1,88 |
| Q con bahía | 5 | 1,56 |
| QmB | 5 | 1,56 |
| QmC | 3 | 0,94 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|---|----|-------|
| QmA y límites de subgranos transectados por bandas de nuevos granos (Passchier & Trouw, 2005) | 2 | 0,63 |
| Q con textura de tablero de ajedrez (Raith et al, 2012). | 1 | 0,31 |
| Q localmente con textura de tablero de ajedrez y con bandas de nuevos granos. | 1 | 0,31 |
| QpD | 18 | 5,63 |
| QpD con inclusiones | 4 | 1,25 |
| QpE | 1 | 0,31 |
| QpF | 32 | 10,00 |
| QpF con inclusiones | 2 | 0,63 |
| P | 8 | 2,50 |
| Plagioclasa(matriz) | 1 | 0,31 |
| FRI: P y Q | 1 | 0,31 |
| FRI: P alterada y Q | 3 | 0,94 |
| FRI: P, K, micas y Q | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K, cuarzo, Cal, apatito y Chl | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) | 5 | 1,56 |
| FRI: P y K | 1 | 0,31 |
| FRI: P, Q, K y Q con textura micrográfica | 1 | 0,31 |
| FRI: Q y K, localmente con textura micrográfica | 1 | 0,31 |
| FRV: vidrio volcánico, P, Q, micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRV: vidrio volcánico | 1 | 0,31 |
| FRM: QmC y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD, micas y opacos | 1 | 0,31 |
| FRM: QpE y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 7 | 2,19 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 5 | 1,56 |
| FRM: QpF y calcita | 2 | 0,63 |
| FRM: QpF y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P, K y micas | 2 | 0,63 |
| FRM: QpF y K | 5 | 1,56 |
| FRM: QpF, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 9 | 2,81 |
| FRM: Q, micas y Op | 11 | 3,44 |
| FRM: Q, micas y Gr | 5 | 1,56 |
| FRM: Q, P y micas | 3 | 0,94 |
| FRM: Q y P | 7 | 2,19 |
| FRM: Q, P y K | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y K | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, K y Micas | 2 | 0,63 |
| FRM: Micas y Op | 1 | 0,31 |
| FRM: Micas y Gr | 1 | 0,31 |
| FRM: sericita y Ms | 1 | 0,31 |
| FRM no identificado | 4 | 1,25 |
| FRS de limolita | 3 | 0,94 |
| FRS de arenisca | 2 | 0,63 |
| FRS de caliza | 1 | 0,31 |
| FRS de chert | 3 | 0,94 |
| Moscovita | 2 | 0,63 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|--|------------|------------|
| Moscovita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |
| Biotita | 2 | 0,63 |
| Biotita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |
| Glauconita | 1 | 0,31 |
| Glauconita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Foraminíferos planctónicos | 1 | 0,31 |
| Fragmento de alga | 1 | 0,31 |
| Intraclasto de limolita | 5 | 1,56 |
| Intraclasto de limolita (pseudomatriz) | 2 | 0,63 |
| Seudoesparita con evidencias de neomorfismo (30-50 um) | 27 | 8,44 |
| Porosidad secundaria por disolución | 1 | 0,31 |
| Porosidad Intragranular por Fractura | 1 | 0,31 |
| Partículas identificadas | 320 | 100 |

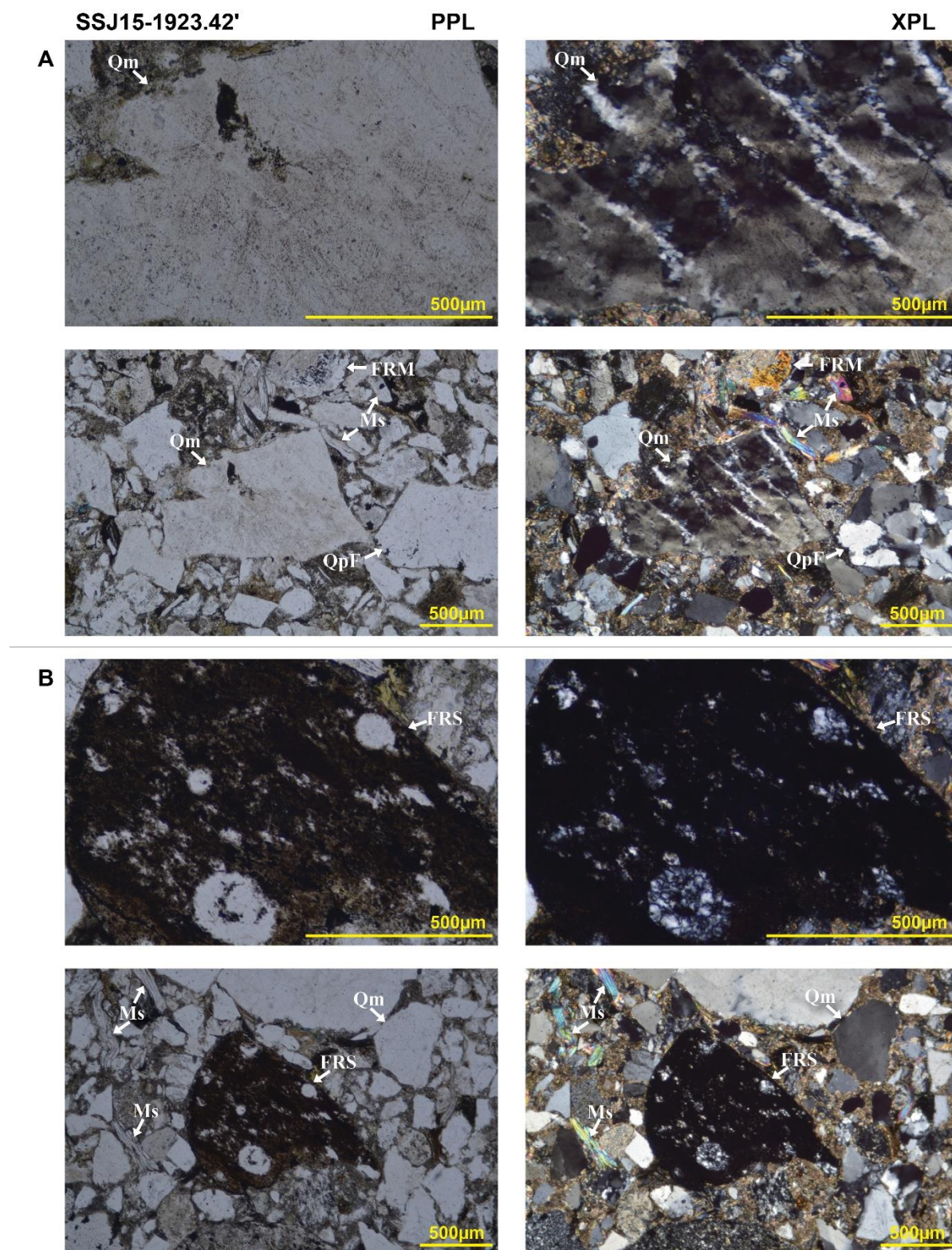
Comentarios SSJ15-1923.42'

Figura 22 A. Qm: Grano de cuarzo con deformación “Lamellae” y límites de subgranos transectados por bandas de nuevos granos, **QpF:** Cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976) deformado, **FRM:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), moscovita, sericita y opacos, **Ms:** moscovita. **B. FRS:** Fragmento de chert con radiolarios, **Ms:** moscovita, **Qm:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa.

Figura 23. A. FRM1: fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), moscovita, sericita y opacos, **Qm1:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **P:** plagioclasa alterada, **Qm2:** Grano de cuarzo con deformación “Lamellae” y límites de subgranos transectados por bandas de nuevos granos. **B. FRS:** fragmento de limolita.

Figura 24. A. FRS: fragmento de caliza, **Qm.** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa. **B. FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo, moscovita, clorita y opacos, **Qm.** Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **FRM2:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y grafito.

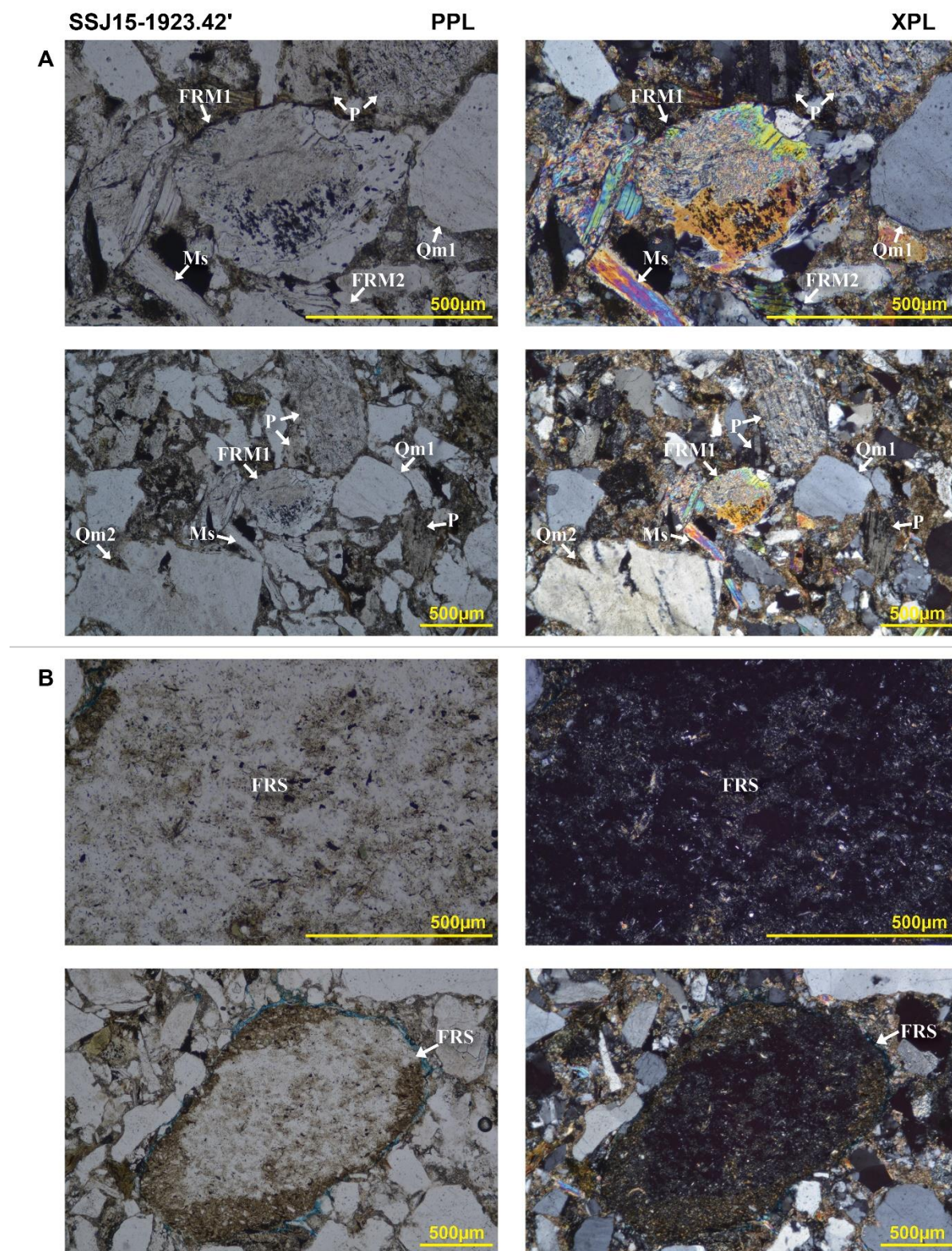
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 22*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42'*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 23

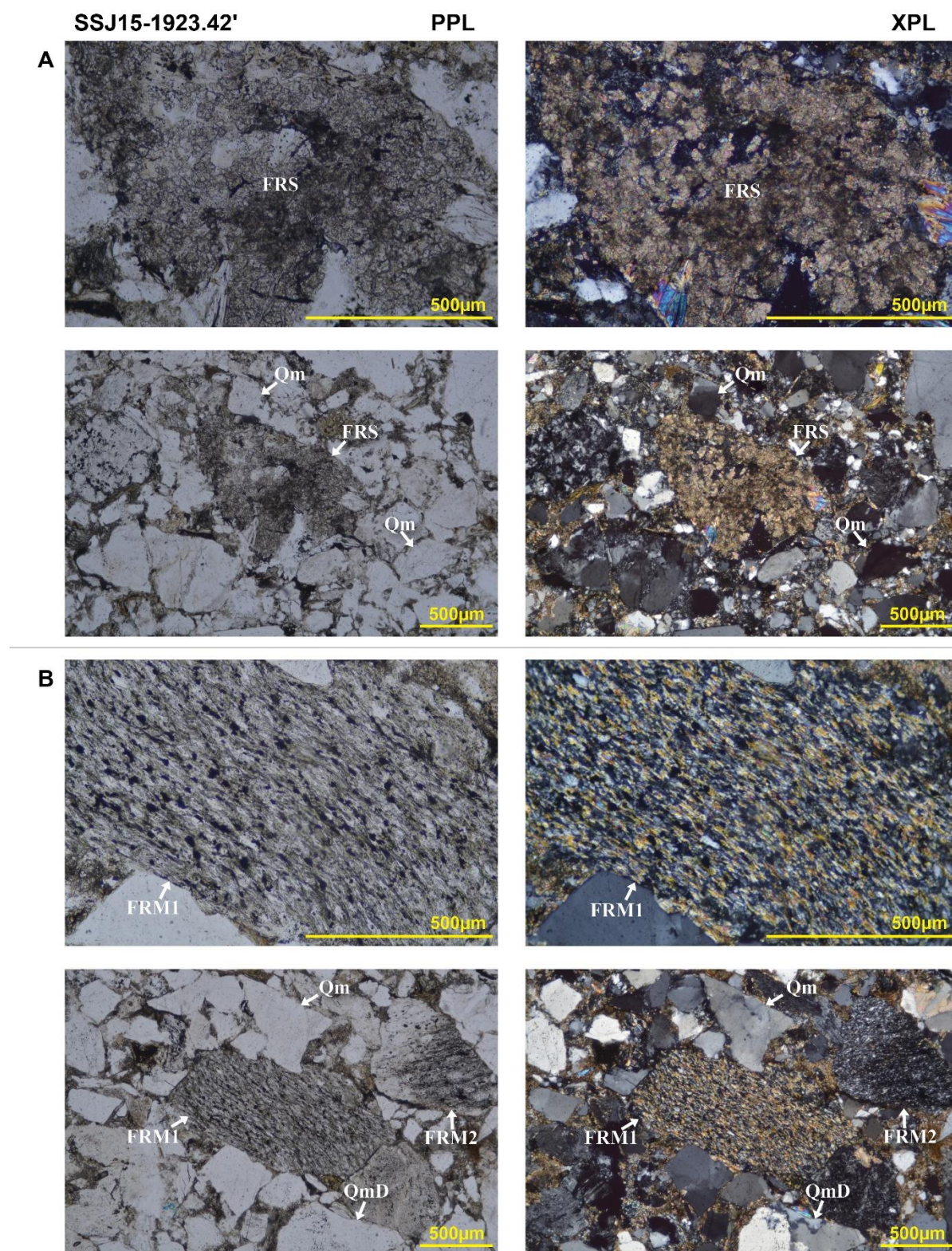
Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 24

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15-1923.42'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

SSJ15-2175.33'

Nombre: SSJ15-2175.33'

Unidad Litoestratigráfica: Formación San Cayetano

Descripción macroscópica:

Capa gruesa de arenita de color gris claro (N7), de grano medio (en la base) y medio (hacia el tope) sin gradación; matriz de 3%, calibrado de 2 (localmente se encuentran gránulos 1 %), con partículas angulares y subangulares. Se encuentran intraclastos de lodolitas (1%) y micas.

Presenta relictos de laminación paralela; ligeramente bioperturbada con madrigueras de *Thalassinoides* y *Ophiomorphas*. La consolidación de la arenita es muy fuerte.

La matriz (2,77%) está constituida por cuarzo monocristalino (1,04%) y matriz arcillosa (1,73%). La pseudomatriz (3,11%) está constituida por: intraclasto (1,73%), FRS de limolita (1,03%) y biotita (0,35%).

Porosidad (%): 9,69%

Tamaño de Grano: fino bajo a muy grueso

Clasificaciones

| Folk (1974) | Dott (1964) | Dickinson (1985) | Dickinson (1985) | Garzanti (2016) |
|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| TAO | FCM | QtFL | QmFLt | QFL |
| T= 95,16% | F=94,12% | Qt=52,27% | Qm=21,97% | Q=52,08% |
| A=4,84% | C=0% | F=6,82% | F=6,82% | F=6,79% |
| O= 0% | M=5,88% | L=40,91% | Lt=71,21% | L=41,13% |
| Terrígena | Arenita | Litoarenita | Litoarenita | Cuarzolítica |

Tabla 12

Análisis petrográfico de la sección SSJ15-2175.33'

| SSJ15-2175.33' | | | |
|--|-------------|-------|--|
| Constituyentes | #Partículas | % | |
| Qm con extinción ondulosa | 43 | 13,44 | |
| Qm con extinción ondulosa con inclusiones | 5 | 1,56 | |
| Qm como matriz | 3 | 0,94 | |
| Q bipiramidal | 3 | 0,94 | |
| QmA | 3 | 0,94 | |
| QmC | 1 | 0,31 | |
| Q con recristalización dinámica con granos elongados y bordes de grano aserrados (Raith et al, 2012) | 2 | 0,63 | |
| Q altamente deformado con bordes de grano dentados (Raith et al, 2012) | 1 | 0,31 | |
| QpD | 30 | 9,38 | |
| QpD con inclusiones | 11 | 3,44 | |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | |
|---|------------|------------|
| QpF | 29 | 9,06 |
| QpF con inclusiones | 10 | 3,13 |
| Microclina (Mc) | 1 | 0,31 |
| K | 2 | 0,63 |
| P | 15 | 4,69 |
| FRI: P alterada, Q, micas y opacos | 1 | 0,31 |
| FRI: P, K y Q (Fragmento alterado) | 1 | 0,31 |
| FRI: Q y K, localmente con textura micrográfica | 1 | 0,31 |
| FRV (basalto):P y vidrio volcánico exhibiendo textura microlítica | 1 | 0,31 |
| FRV: vidrio volcánico | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y micas | 12 | 3,75 |
| FRM: QpD, micas y opacos | 4 | 1,25 |
| FRM: QpD y K alterado | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD, P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpD y P | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y micas | 12 | 3,75 |
| FRM: QpF, micas y opacos | 12 | 3,75 |
| FRM: QpF y Sil | 5 | 1,56 |
| FRM: QpF, Mc, P, Ms y Gr | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y P | 4 | 1,25 |
| FRM: QpF, P y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF, P, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: QpF y K | 3 | 0,94 |
| FRM: QpF, K y micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y micas | 13 | 4,06 |
| FRM: Q, micas y Op | 13 | 4,06 |
| FRM: Q, micas y Gr | 2 | 0,63 |
| FRM: Q, P y micas | 2 | 0,63 |
| FRM: Q y P | 4 | 1,25 |
| FRM: Q, P, K y Micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Q y K | 5 | 1,56 |
| FRM: Q, K y Micas | 1 | 0,31 |
| FRM: Cataclasita (Sibson, 1977) | 1 | 0,31 |
| FRS de limolita (pseudomatriz) | 3 | 0,94 |
| FRS de limolita | 2 | 0,63 |
| FRS de chert | 1 | 0,31 |
| Epidota | 1 | 0,31 |
| Moscovita | 1 | 0,31 |
| Biotita | 1 | 0,31 |
| Biotita (pseudomatriz) | 1 | 0,31 |
| Intraclasto de limolita | 4 | 1,25 |
| Intraclasto de limolita (pseudomatriz) | 5 | 1,56 |
| Matriz arcillosa | 5 | 1,56 |
| Porosidad Intergranular | 20 | 6,25 |
| Porosidad Intragranular por Fractura | 11 | 3,44 |
| Partículas identificadas | 320 | 100 |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Comentarios SSJ15-2175.33'

Figura 25A. Qm1: Cuarzo con inclusiones de circón, **Ms:** moscovita, **QmC:** cuarzo monocristalino con bandas de deformación y formación de nuevos cristales (Tipo C según Young, 1976), **Intra:** Intraclasto de limolita, **Po:** porosidad Intergranular. **B. FRM:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y sillimanita.

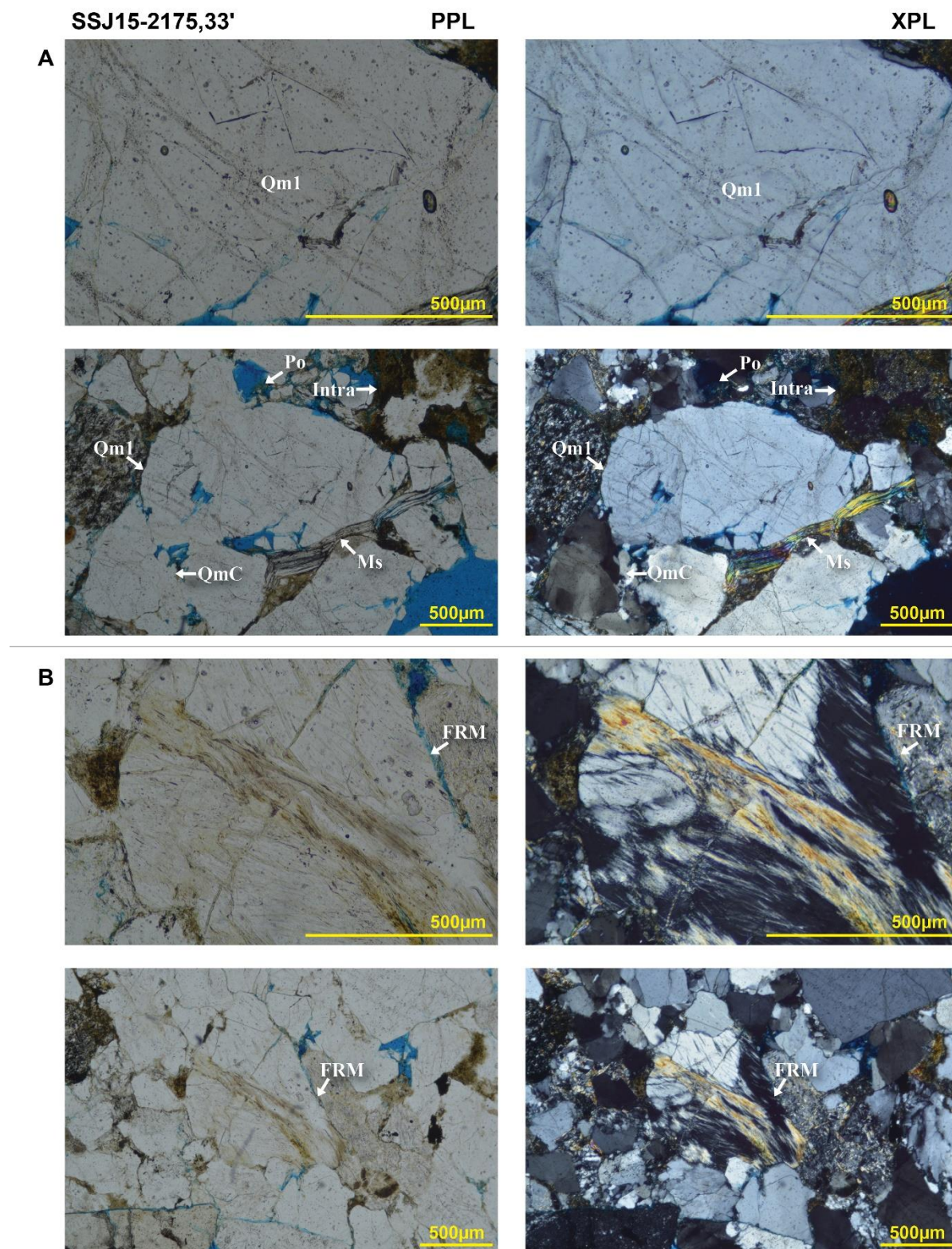
Figura 26. A. FRM1: fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976) y plagioclasa alterada a sericita, **FRM2:** Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y grafito, **B. FRM3:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y plagioclasa deformada, **QpD:** cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **Qm:** cuarzo monocristalino o, **Po:** porosidad Intergranular.

Figura 27. A. FRV: Fragmento de roca volcánica (basalto) compuesto por plagioclasa y vidrio volcánico exhibiendo textura microlítica, **P:** Plagioclasa alterada, **FRM1:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo, moscovita y opacos, **FRM2:** fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y feldespato potásico alterado, **FRI:** Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo y feldespato potásico, localmente con textura micrográfica en cuarzo. **B. FRM:** fragmento de roca metamórfica compuesto por sillimanita, biotita y cuarzo, **Qm1:** cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, **K:** feldespato potásico alterado, **QpD:** cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (Tipo D según Young, 1976), **QpF:** cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), **Ep:** epidota.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 25

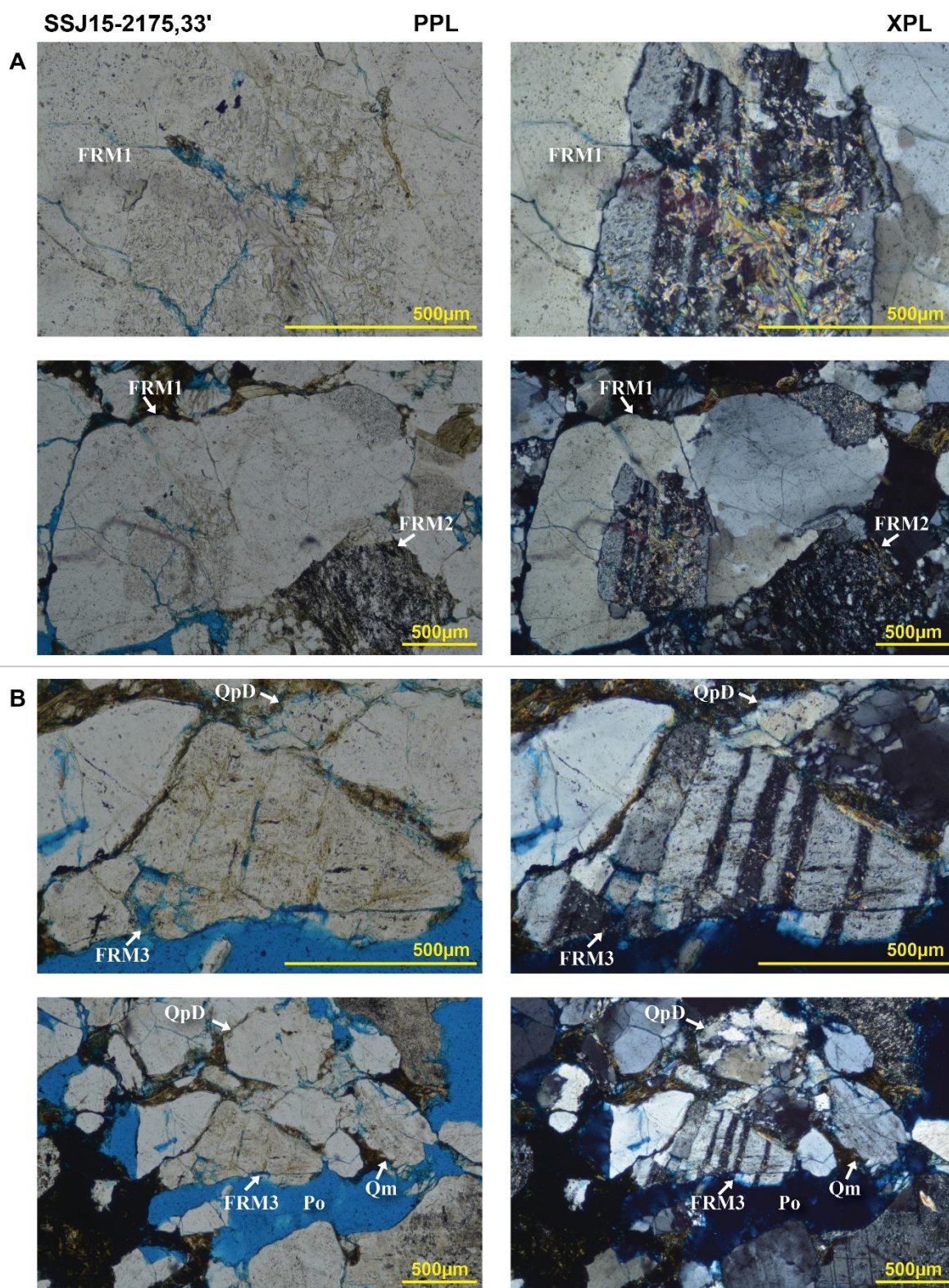
Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33'



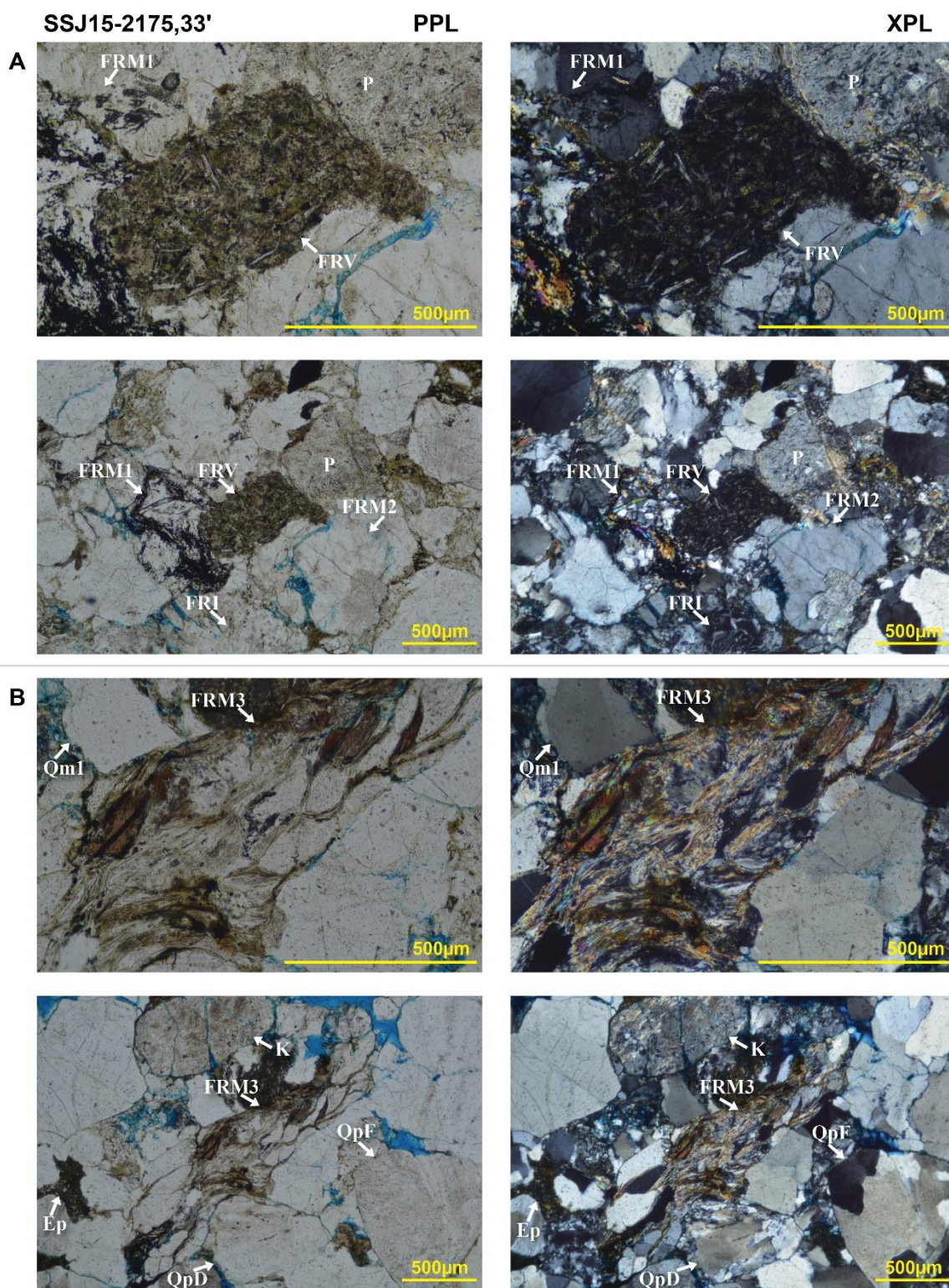
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 26

Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33'



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 27*Microfotografías A y B de la sección delgada SSJ15- SSJ15-2175.33'*

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

2.2 Identificación petrográfica.

Las partículas identificadas en las secciones delgadas fueron discriminadas de acuerdo con la clasificación de Folk (1974), en constituyentes terrígenos (T), alquímicos (A) y ortoquímicos (O). De acuerdo con Folk (1974) las secciones analizadas (SSJ15-87.00', SSJ15-371,66', SSJ15-895,75', SSJ15-1199', SSJ15-1390,08', SSJ15-1923,42' y SSJ15-2175,33') se clasificaron como rocas terrígenas (Tabla 13y Figura 28).

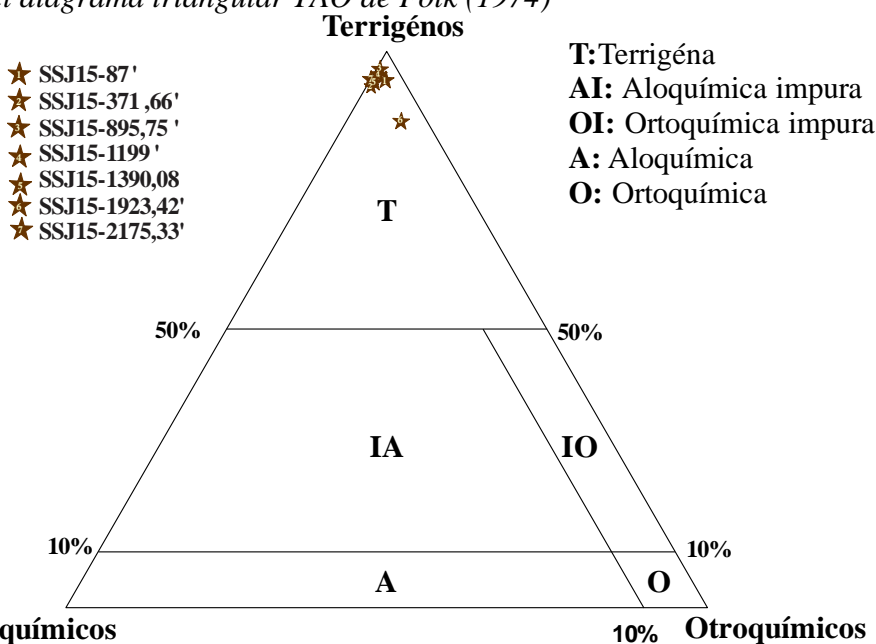
Tabla 13

Porcentaje de constituyentes terrígenos(T), alquímicos(A) y ortoquímicos (O)

| Muestra (SD) | Partículas identificadas | %T | %A | %O | Folk (1969) |
|----------------|--------------------------|------|-----|-----|-------------|
| SSJ15-87 | 320 | 97,4 | 2,6 | 0,0 | Terrígena |
| SSJ15-371,66 | 320 | 93,7 | 5,4 | 1 | Terrígena |
| SSJ15-895,75 | 320 | 97,1 | 2,9 | 0,0 | Terrígena |
| SSJ15-1199 | 320 | 96,9 | 3,1 | 0,0 | Terrígena |
| SSJ15-1390,08 | 320 | 94,3 | 4,7 | 0,9 | Terrígena |
| SSJ15-1923,42' | 320 | 87,7 | 3,8 | 8,5 | Terrígena |
| SSJ15-2175,33' | 320 | 95,2 | 4,8 | 0,0 | Terrígena |

Figura 28

Clasificación en el diagrama triangular TAO de Folk (1974)



Nota: Tomado y modificado de Folk (1974).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Las siete rocas terrígenas anteriormente mencionadas en la clasificación de Dott (1964) corresponden con seis arenitas y una es una arenita lodosa (Tabla 14).

Tabla 14

Porcentajes de Armazón, pseudomatriz, matriz y cemento.

| Sección delgada | % Armazon | %Ps Matriz | % Matriz | %Cemento | % Total |
|-----------------|-----------|------------|----------|----------|---------|
| SSJ15-87,00' | 95,77 | 1,95 | 2,28 | 0 | 100 |
| SSJ15-371,66' | 95,24 | 1,59 | 2,85 | 0,32 | 100 |
| SSJ15-895,75' | 94,82 | 1,94 | 3,24 | 0 | 100 |
| SSJ15-1199' | 94,04 | 2,98 | 2,98 | 0 | 100 |
| SSJ15-1390,08' | 92,77 | 2,2 | 5,03 | 0 | 100 |
| SSJ15-1923,42' | 86,16 | 3,14 | 10,7 | 0 | 100 |
| SSJ15-2175,33' | 94,12 | 3,11 | 2,77 | 0 | 100 |

En este estudio petrográfico se tuvieron en cuenta los constituyentes terrígenos y se utilizaron los tres principales grupos: cuarzos, feldespatos y líticos, siguiendo las propuestas de Folk (1974), Dickinson (1985) y Garzanti (2016), de la siguiente manera:

- Partículas de cuarzo

Qm: Cuarzo monocristalino

Qp: Cuarzo policristalino

Qt: Cuarzo total

Qt: Qm+Qp

- Partículas de feldespato

K: feldespato potásico

P: plagioclasa

F: feldespato

F: K + P

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Fragmentos líticos

Li: líticos ígneos

Lv. líticos volcánicos

Lm: líticos metamórficos

Ls: líticos sedimentarios

L: líticos

L: Li+Lv+Lm+Ls

Lt: líticos totales

Lt: L+Qp

La clasificación de las areniscas identificadas según Folk (1974) y Dott (1964), en la clasificación propuesta por Dickinson (1985) de QtFL para evaluar la madurez corresponden con seis Litoarenitas y una Litowacka (Tabla 15y Figura 29).

Tabla 15

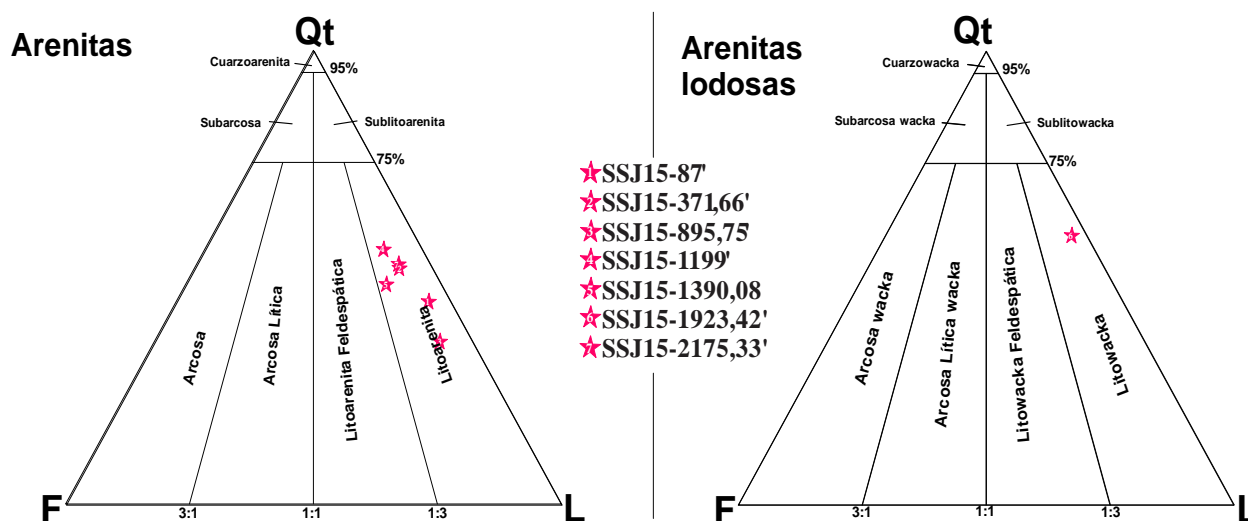
Resultados de los análisis petrográfico normalizados a porcentaje de cuarzo total (Qt), feldespatos(F) y líticos(L) propuesto Folk (1974).

| Muestra (SD) | % Qt | %F | %L | %Total | Dickinson (1985) |
|----------------|-------|-------|-------|--------|------------------|
| SSJ15-87,00' | 44,5 | 4,59 | 50,88 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-371,66' | 51,81 | 6,88 | 41,30 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-895,75' | 35,76 | 6,94 | 57,29 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1199' | 53,68 | 9,12 | 37,19 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1390,08' | 48,41 | 10,95 | 40,64 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1923,42' | 59,30 | 3,10 | 37,60 | 100 | Litowacka |
| SSJ15-2175,33' | 52,27 | 6,82 | 40,91 | 100 | Litoarenita |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 29

Clasificación composicional con énfasis en la madurez $QtFL$ de Dickinson (1985) en el diagrama propuesto por Folk (1974).



Nota: Diagrama triangular de $QtFL$ tomado y modificado de Folk (1974).

En la clasificación propuesta por Dickinson (1985) de $QmFLt$ para evaluar la procedencia de las partículas corresponden con seis litoarenitas y una litowacka (Tabla 16 y Figura 30).

Tabla 16

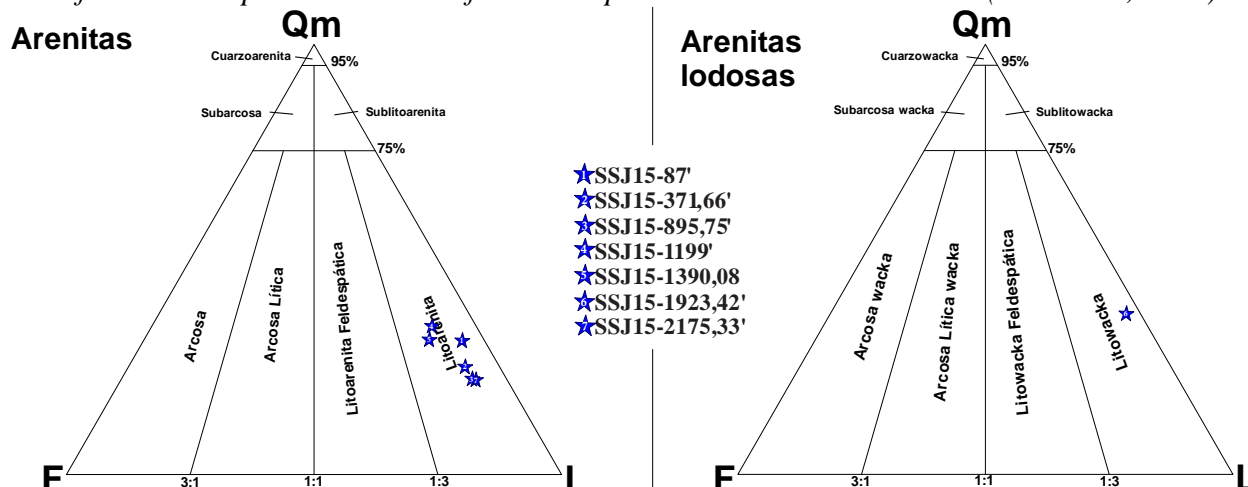
Resultados de los análisis petrográficos normalizados a porcentaje de cuarzo monocristalino (Qm), feldespatos (F) y líticos totales (Lt).

| Muestra (SD) | % Qm | % F | % Lt | % Total | Dickinson (1985) |
|----------------|--------|-------|--------|---------|------------------|
| SSJ15-87 | 31,10 | 4,59 | 64,31 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-371,66 | 25,36 | 6,88 | 67,75 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-895,75 | 22,22 | 6,94 | 70,83 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1199 | 34,39 | 9,12 | 56,49 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1390,08 | 31,45 | 10,95 | 57,60 | 100 | Litoarenita |
| SSJ15-1923,42' | 37,21 | 3,10 | 59,69 | 100 | Litowacka |
| SSJ15-2175,33' | 21,97 | 6,82 | 71,21 | 100 | Litoarenita |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 30

Clasificación composicional con énfasis en la procedencia de las areniscas (Dickinson, 1985).



Nota: Diagrama triangular de QmFLt tomado y modificado de Folk (1974).

Garzanti (2016) propone una clasificación petrográfica simple, la cual es puramente descriptiva y objetiva, en donde las areniscas son clasificadas con base en la abundancia relativa de los tres componentes principales como lo son Qt, F y L. A diferencia de Dickinson (1985), Garzanti (2016) incluye dentro de los líticos los fragmentos sedimentarios de Chert y caliza.

Las secciones SSJ15-371.66', SSJ15-1199', SSJ15-1390.08', SSJ15-1923.42' y SSJ15-2175.33' fueron clasificadas como cuarzolíticas (*Litho-quartzose*) y las secciones SSJ15-87.00' y SSJ15-895.75' como litocuarzosas (*Quartzo-lithic*) (Tabla 17 y

Figura 31).

Tabla 17

Resultados de los análisis petrográficos normalizados a porcentaje de Qt, F y L propuesto por Garzanti (2016).

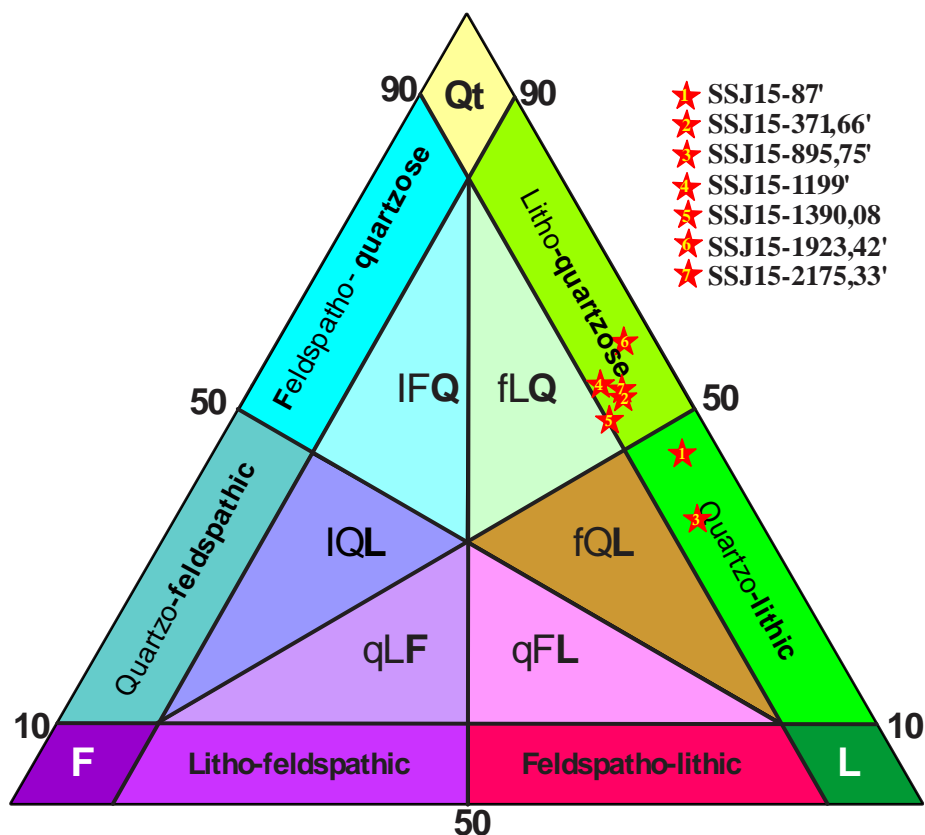
| Muestra (SD) | % Qt | %F | %L | %Total | Garzanti (2016). |
|---------------|-------|------|-------|--------|------------------|
| SSJ15-87.00' | 44,37 | 4,58 | 51,06 | 100 | Litocuarzosa |
| SSJ15-371,66' | 51,44 | 6,83 | 41,73 | 100 | Cuarzolítica |
| SSJ15-895,75' | 35,76 | 6,94 | 57,29 | 100 | Litocuarzosa |
| SSJ15-1199' | 52,94 | 9,00 | 38,06 | 100 | Cuarzolítica |

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

| | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|--------------|
| SSJ15-1390,08' | 48,07 | 10,88 | 41,05 | 100 | Cuarzolítica |
| SSJ15-1923,42' | 58,40 | 3,05 | 38,55 | 100 | Cuarzolítica |
| SSJ15-2175,33' | 52,08 | 6,79 | 41,13 | 100 | Cuarzolítica |

Figura 31

Clasificación petrográfica simple propuesta por Garzanti (2016).



Nota: Tomado y modificado de Garzanti (2016)

En todas las secciones delgadas los líticos predominantes fueron los líticos metamórficos, en menor proporción los líticos ígneos y volcánicos, y ocasionalmente se encontraron líticos sedimentarios. Las areniscas de la Formación San Cayetano de acuerdo al contenido de líticos corresponden a Filarenitas (Folk, 1974) (Tabla 18 y Figura 32).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Tabla 18

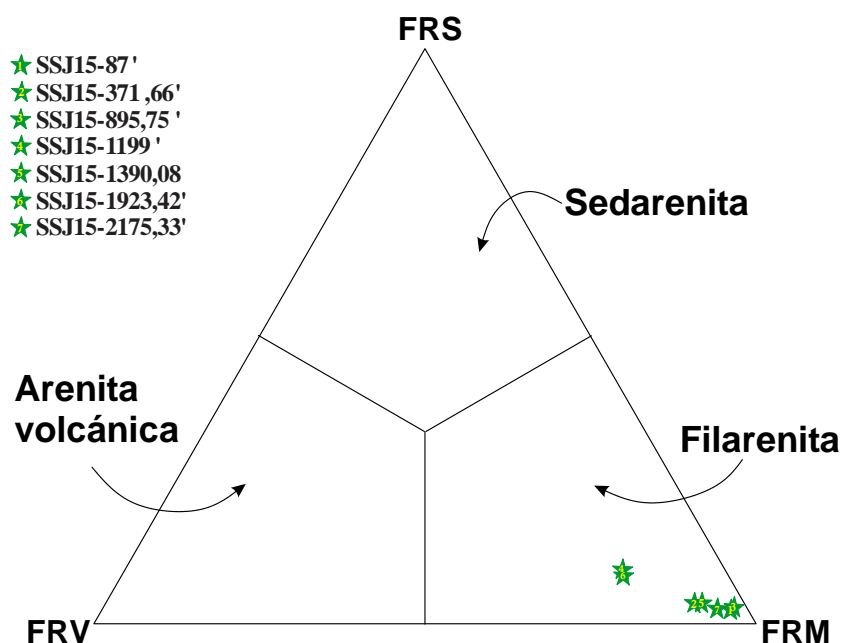
Resultados de los porcentajes de Li, Lm, Ls y Qp.

| Muestra (SD) | %L | %Li | %Lm | %Ls | %Qp |
|----------------|-------|------|-------|------|-------|
| SSJ15-87 | 51,06 | 1,41 | 48,59 | 1,06 | 13,43 |
| SSJ15-371,66 | 41,73 | 3,24 | 37,05 | 1,44 | 26,45 |
| SSJ15-895,75 | 57,29 | 1,74 | 54,86 | 0,69 | 13,54 |
| SSJ15-1199 | 38,06 | 5,88 | 28,72 | 3,46 | 19,30 |
| SSJ15-1390,08 | 41,05 | 2,81 | 36,84 | 1,40 | 16,96 |
| SSJ15-1923,42' | 38,55 | 6,11 | 29,01 | 3,44 | 22,09 |
| SSJ15-2175,33' | 41,13 | 1,89 | 38,11 | 1,13 | 30,30 |

Nota: dentro de los líticos ígneos se agruparon los líticos volcánicos para esta tabla.

Figura 32

Clasificación composicional con base en el contenido de líticos.



Nota: FRS: fragmentos de roca sedimentaria, FRV: fragmentos de roca volcánica y FRM: fragmento de rocas metamórficas. Tomada y modificada de Folk (1974).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

2.3 Análisis de Procedencia

A continuación, se presenta el análisis de las partículas identificadas en este trabajo de grado con el objetivo de identificar las áreas fuentes de los sedimentos que dieron origen a las areniscas de la Formación San Cayetano en el pozo ANH SSJ 15 STR S.

En los gráficos de la Figura 33,

Figura 34 y Figura 35, el número de partículas hace referencia a la cantidad de partículas por constituyente identificadas en el análisis petrográfico, a modo de aclaración en la Figura 33 en la sección delgada de la profundidad 87' (SSJ15-87.00'), del total de 320 partículas, se identificaron 88 partículas de cuarzo monocristalino y 36 partículas de cuarzo policristalino.

Cuarzo

Cuarzo monocristalino (Qm)

Los granos de: cuarzo monocristalino con extinción recta, cuarzo con bahía (Figura 13B) y cuarzo bipiramidal (Figura 12A), son derivados de rocas volcánicas (Ulmer-Scholle et al., 2014).

Los granos de cuarzo monocristalino con inclusiones vermiculares de clorita (Figura 18B), puede provenir de pegmatitas y rocas con alteración hidrotermal (Ulmer-Scholle et al., 2014).

El grano de cuarzo con evidencias de sobrecrecimiento de cemento silíceo es un indicador de un fragmento reciclado de una roca sedimentaria (Figura 16B) (Ulmer-Scholle et al., 2014).

Los granos de cuarzoes monocristalinos con extinción ondulosa (algunos con inclusiones), el cuarzo monocristalino con deformación "lamellae" (tipo A de Young, 1976), el cuarzo monocristalino con extinción segmentada (tipo B de Young, 1976) y el cuarzo monocristalino

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

con bandas de deformación y formación de nuevos cristales (tipo C de Young, 1976), son una respuesta a la deformación del eje C y se asocian con rocas metamórficas y rocas ígneas plutónicas deformadas (Young, 1976 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Los granos de cuarzos con evidencias de deformación como:

- Cuarzo deformado con bandas kink.
- Cuarzo con deformación cataclástica (Raith et al, 2012).
- Cuarzo con deformación plástica mostrando dominios de subgranos elongados paralelos (Raith et al, 2012).
- Cuarzo con recristalización estática en el borde del grano (Raith et al, 2012).
- Cuarzo con recristalización dinámica con granos elongados y bordes de grano aserrados (Raith et al, 2012)
- Cuarzo altamente deformado con bordes de grano dentados (Raith et al, 2012).
- Cuarzo con evidencia de deformación plástica y recristalización estática (Raith et al, 2012).
- Cuarzo parcialmente recristalizado mostrando dominios de subgranos (Figura 7B) (Raith et al, 2012).

Los granos de cuarzo mencionados anteriormente se asocian con rocas de falla y a rocas metamórficas como esquistos, neises y cuarcitas (Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Cuarzo policristalino (Qp)

Los granos de cuarzo policristalino identificados en este estudio son:

- Cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (tipo D de Young, 1976) (Figura 10B).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

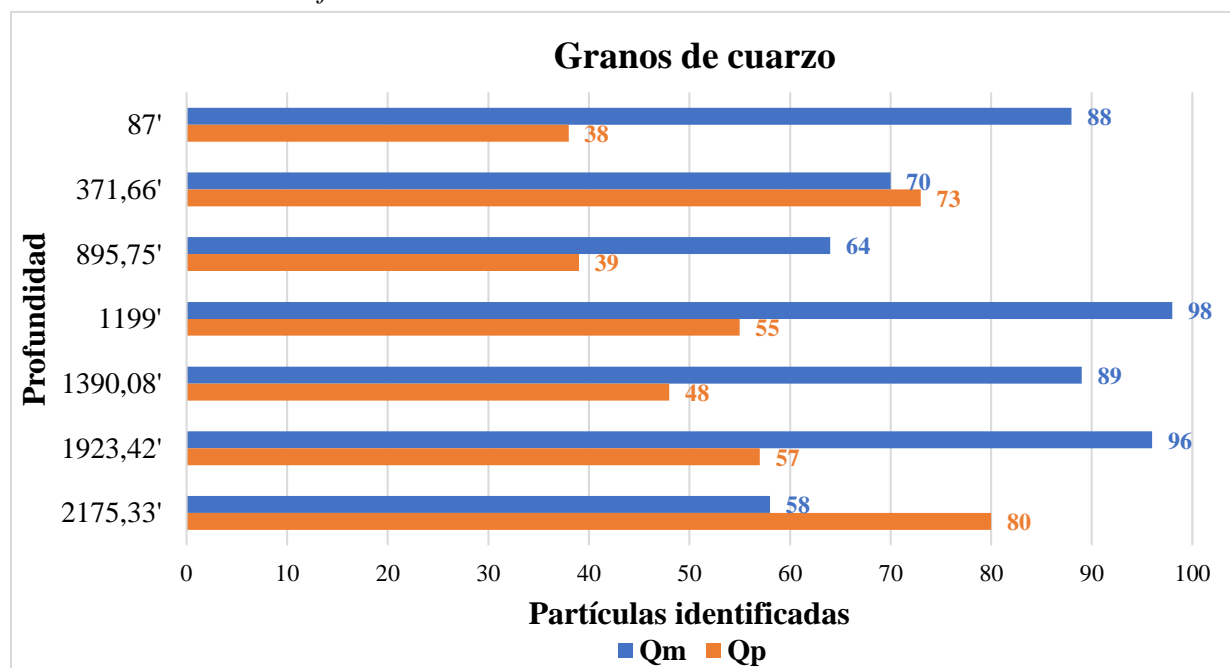
- Cuarzo policristalino con evidencias de recristalización primaria y formación de cristales (tipo E de Young, 1976)
- Cuarzo con textura de tablero de ajedrez (Figura 15B) (Raith et al,2012).

Los granos de cuarzo policristalino mencionados anteriormente se asocian a rocas metamórficas como esquistos, cuarcitas y neises (Young, 1976 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

El cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976), se asocia a rocas metamórficas como esquistos o neises y a rocas ígneas como granitos (Young, 1976 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Figura 33

Granos de cuarzo identificados en este estudio.



Feldespatos (Figura 34)

Plagioclasa (P)

Los granos de plagioclasas identificados en este estudio son: plagioclasas alteradas, plagioclasas deformadas (Figura 26B), plagioclasas macladas (Figura 9B) y plagioclasas zonadas.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Las plagioclasas macladas y zonadas son muy comunes en rocas volcánicas (MacKenzie et al., (1996), Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Las plagioclasas deformadas se asocian con rocas metamórficas como gneises y esquistos (Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Feldespatos potásico (K)

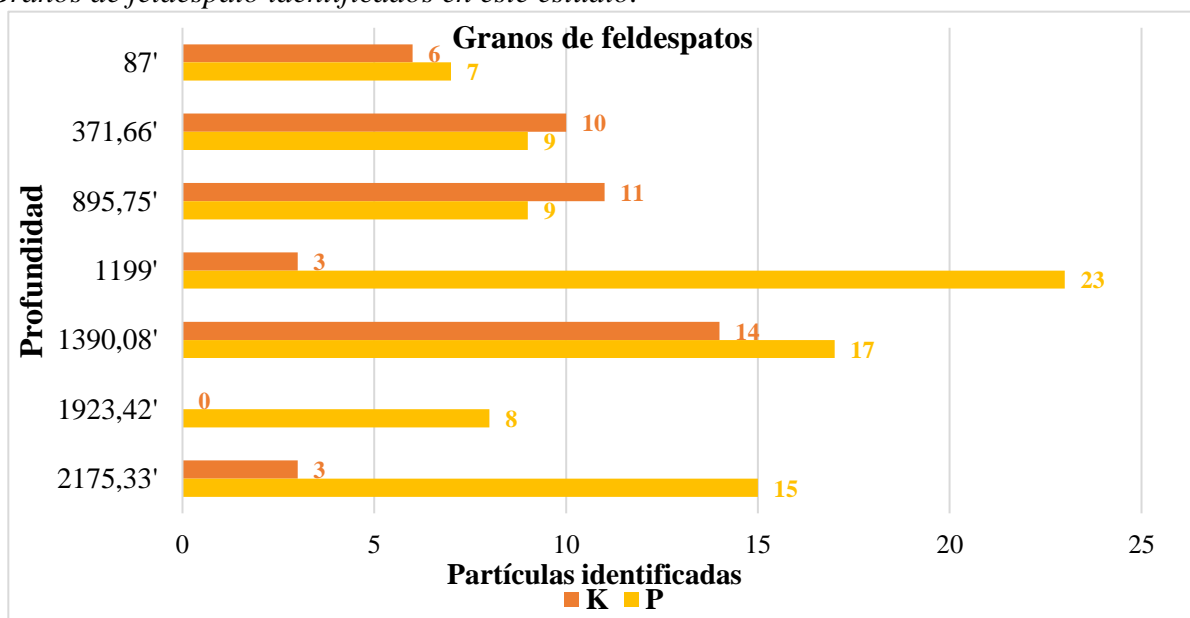
En este estudio los granos de feldespatos potásico son: microclina y pertita (Figura 10A).

La microclina proviene principalmente de rocas ígneas como granitos, granodioritas, sienitas y en rocas metamórficas de alto grado como gneises.

Las pertitas son características de rocas ígneas como en granitos feldespáticos alcalinos y sienitas (MacKenzie et al., (1996), Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Figura 34

Granos de feldespato identificados en este estudio.



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Líticos

En el análisis petrográfico se encontraron diferentes tipos de líticos (Figura 35), en su mayoría líticos metamórficos (con porcentajes mayores al 75,25 % de los líticos totales), en menor proporción líticos ígneos (plutónicos y volcánicos) y líticos sedimentarios.

Líticos metamórficos (Lm)

Se identificaron los siguientes fragmentos de rocas metamórficas:

- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (tipo D de Young, 1976) y micas (principalmente moscovita).
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con cristales elongados, contactos suturados y evidencias de crenulación (tipo D de Young, 1976), feldspatos y micas (Figura 26A).
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976) y micas (Figura 8B, Figura 14A).
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976) y sillimanita.
- Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (Tipo F según Young, 1976), moscovita, sericita y opacos (Figura 23A).
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976), feldspatos y micas (principalmente moscovita).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976), feldspatos, micas y grafito.
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo, feldspatos, clorita y epidota.
- Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo, grafito y moscovita (Figura 21A)
- Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo, moscovita, clorita y opacos (Figura 24B)
- Fragmentos de rocas metamórficas compuesto por cuarzo y micas (Figura 12B)
- Fragmento de roca metamórfica compuesto por cuarzo y sillimanita (Figura 25B, Figura 27B).

Los líticos metamórficos mencionados anteriormente se asocian con esquistos y neises (Yardley et al., (1990), Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

También se encontraron fragmentos de roca metamórfica compuestos por micas y grafito (Figura 8A), y fragmentos de roca metamórfica compuestos por sericita y moscovita (Figura 7A, Figura 19B), estos se relacionan con esquistos (Yardley et al., (1990), Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

Se identifico un fragmento de cataclasita (Figura 17B) (Sibson, 1977) y de milonita (Passchier y Trouw, 2005)., los cuales son evidencia de la presencia de rocas de falla en el área de aporte del sedimento.

Adicionalmente, se encuentran granos de moscovita, biotita, clorita y sillimanita. Estos granos se asocian a rocas metamórficas (Raith et al, 2012 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Líticos volcánicos (Lv)

Los líticos volcánicos identificados en este estudio son:

- Fragmento de roca volcánica compuesto por plagioclasa y vidrio volcánico exhibiendo textura microlítica (Figura 27A).
- Fragmento de roca volcánica con textura glomeroporfídica compuesto por plagioclasa, vidrio volcánico alterado y amígdalas.
- Fragmento de roca volcánica con textura variolítica compuesto por plagioclasa, vidrio volcánico y amígdalas.

Los líticos mencionados anteriormente se asocian a basaltos (MacKenzie et al., 1996 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

- Fragmento de roca volcánica con textura traquítica compuesto por sanidina y vidrio volcánico (Figura 11A), se asocia con una traquita (MacKenzie et al., 1996).

Líticos ígneos (Li):

- Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo y plagioclasa.
- Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo policristalino con contactos intercristalinos a 120 grados (tipo F de Young, 1976) y feldespatos (Figura 20B)
- Fragmento de roca ígnea compuesto por cuarzo, plagioclasa y micas.
- Fragmentos de rocas ígneas con textura mimerquítica compuesto por feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo (Figura 13A).
- Fragmentos de rocas ígneas compuesto por cuarzo y feldespato potásico, localmente con textura micrográfica (Figura 11B, Figura 27A).

Los líticos ígneos mencionados anteriormente se asocian a granitoides (MacKenzie et al., 1996 y Ulmer-Scholle et al., 2014).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Líticos sedimentarios (Ls)

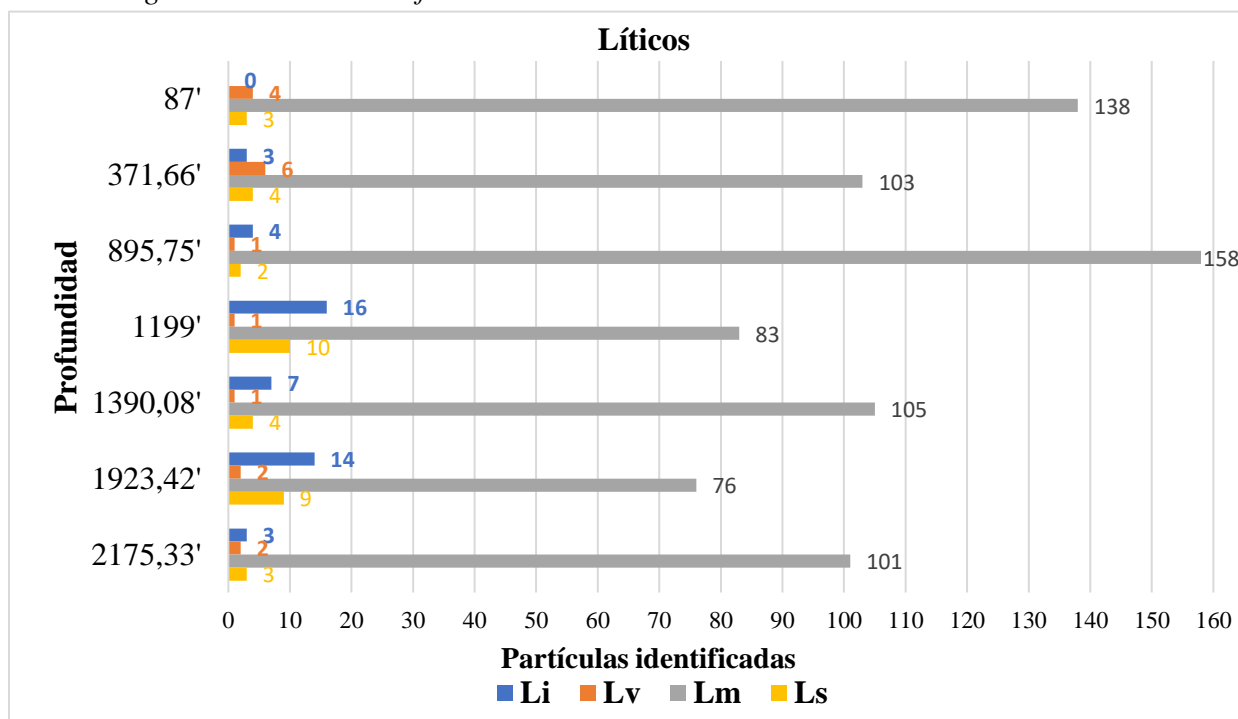
Se identificaron líticos sedimentarios como:

- Fragmento de Chert (algunos de ellos con radiolarios, Figura 22B)
- Fragmento de Caliza (Figura 24A).
- Fragmento de Limolita (Figura 23B) y arenisca.

La presencia de los granos de origen sedimentario mencionados anteriormente demuestran la exhumación de rocas sedimentarias (Ulmer-Scholle et al., 2014).

Figura 35

Fragmentos líticos identificados en este estudio.



Dentro de los aloquímicos se encuentran: glauconita (Figura 18A), foraminíferos plantónicos (Figura 21B), fragmento de algas e intraclastos de limolita.

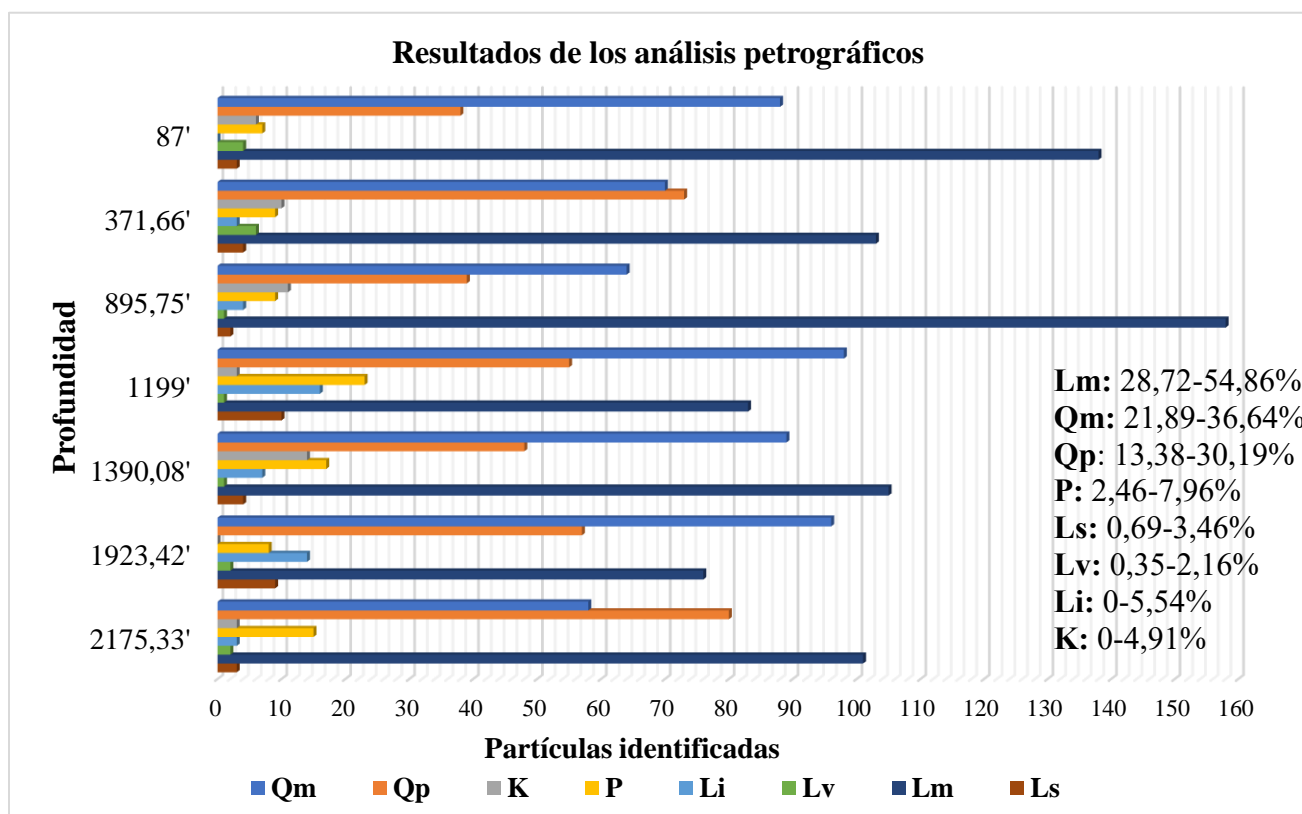
En la Figura 36 se sintetizan los constituyentes identificados en este análisis petrográfico como:

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Granos de cuarzo monocristalino (Qm).
- Granos de cuarzo policristalino (Qp).
- Granos de feldespato potásico(K).
- Granos de plagioclasa (P).
- Líticos ígneos (Li).
- Líticos volcánicos (Lv).
- Líticos metamórficos (Lm).
- Líticos sedimentarios (Ls).

Figura 36

Resultados del análisis petrográfico.



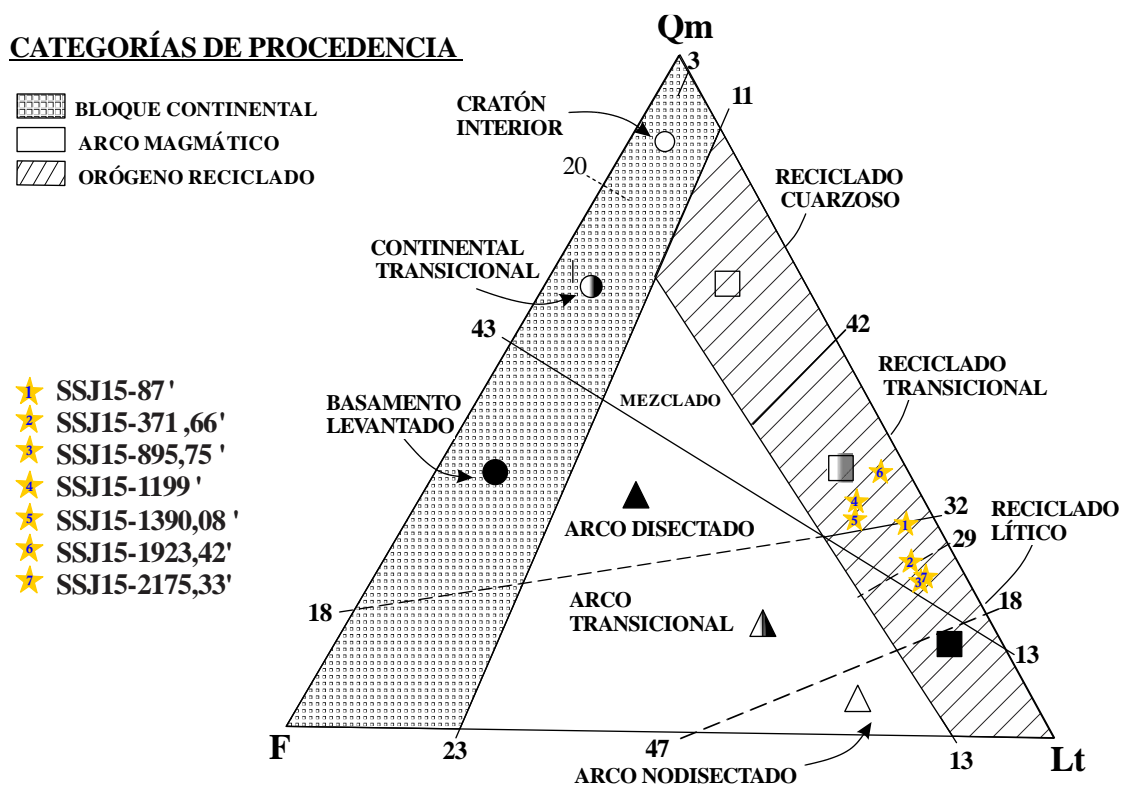
ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Nota: Las partículas identificadas, hacen referencia a la cantidad de partículas identificadas, es decir, para la muestra tomada en la profundidad 895,75' se identificaron 158 partículas de líticos metamórficos de 320 partículas identificadas.

Los constituyentes anteriormente descritos identificados en las siete secciones delgadas de la Formación San Cayetano evaluados en los diagramas de clasificación de Dickinson (1985) indican: En el diagrama ternario de QmFLt se encuentran en la categoría de procedencia de Orógeno reciclado en los campos de reciclado transicional y reciclado lítico (Figura 37). En el diagrama ternario QtFL corresponde con un Orógeno reciclado (Figura 38). En el diagrama ternario QmPK la procedencia de los constituyentes de las areniscas es de Bloques Continentales (Figura 39).

Figura 37

Diagrama triangular QmFLt con énfasis en la madurez propuesto por Dickinson (1985).

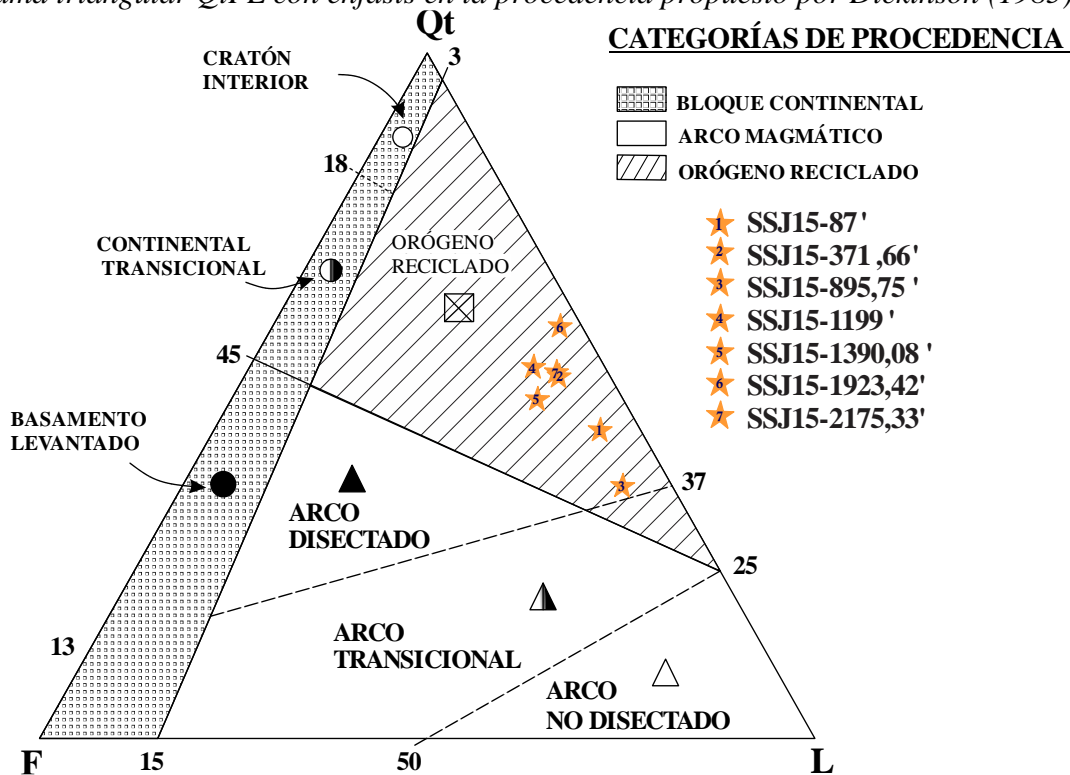


Nota: Tomado y modificado de Dickinson (1985).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Figura 38

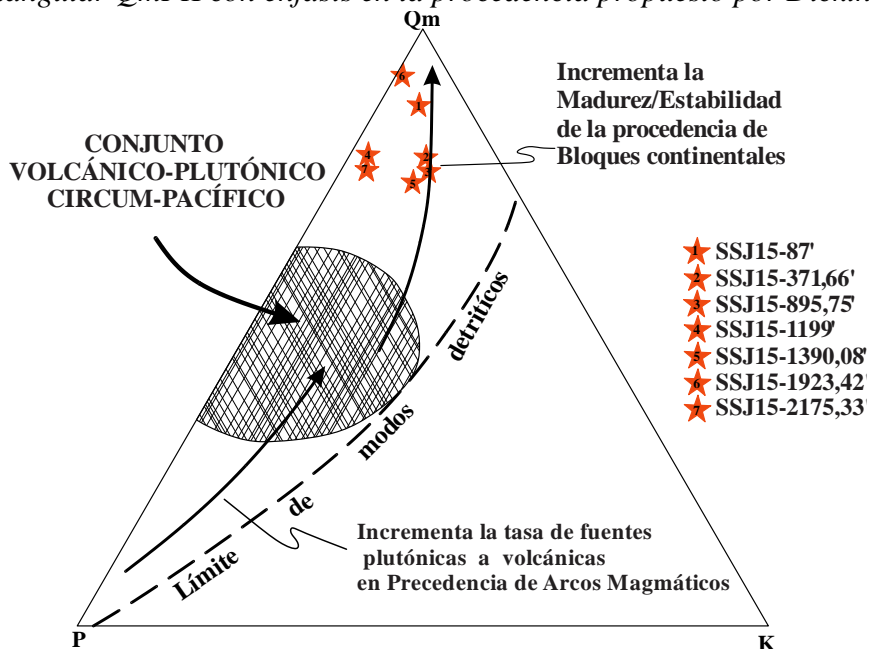
Diagrama triangular QtFL con énfasis en la procedencia propuesto por Dickinson (1985).



Nota: Tomado y modificado de Dickinson (1985).

Figura 39

Diagrama triangular QmPK con énfasis en la procedencia propuesto por Dickinson (1985).



ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

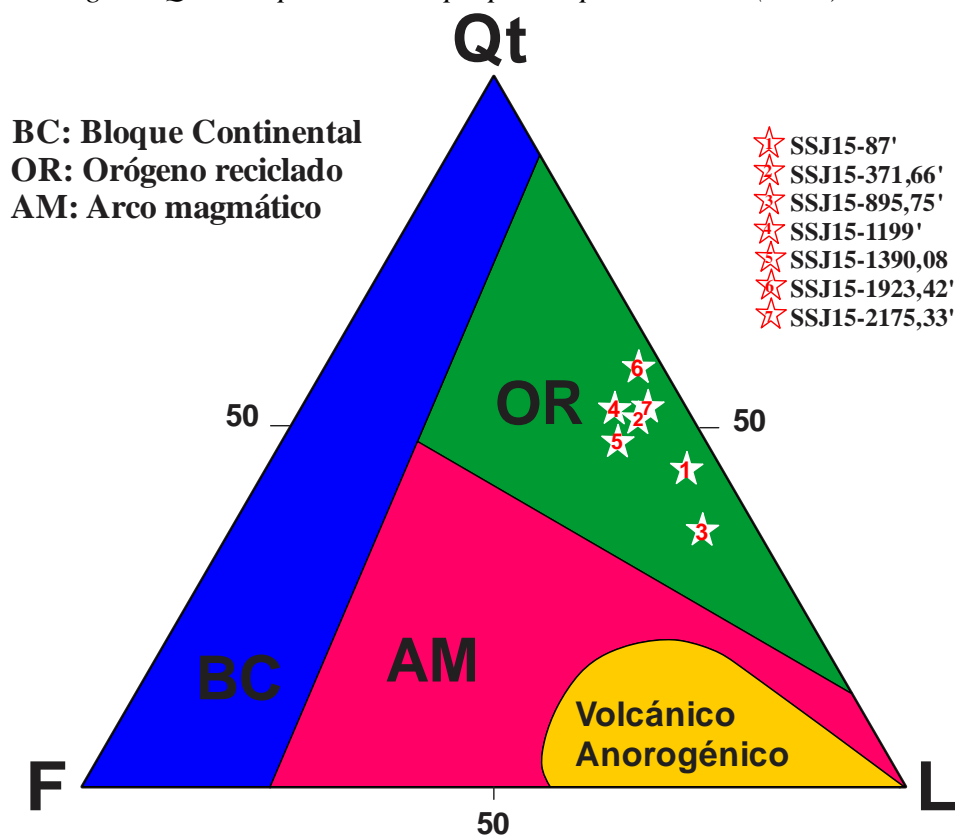
Nota: Tomado y modificado de Dickinson (1985).

La evaluación de la procedencia también se realizó con base en la metodología propuesta por Garzanti (2016), en donde dentro de los líticos se incluyen los líticos sedimentarios de Chert y Caliza. La procedencia de las areniscas evaluadas en el diagrama ternario de QtFL (Figura 40) se encuentra en el campo de Orógeno reciclado, en un Bloque continental no disectado.

Correlacionando los resultados obtenidos en el diagrama triangular QtFL y los diagramas de composiciones de areniscas modernas en márgenes de placa convergente (Garzanti,2016), la procedencia de las areniscas de la Formación San Cayetano es de un Orógeno reciclado. La procedencia de las rocas litocuarzosas y cuarzolíticas está asociada a clastos reciclados y cinturón axial.

Figura 40

Diagrama triangular QtFL de procedencia propuesto por Garzanti (2016).



Nota: Dentro de los líticos se cuentan los Chert y calizas. Tomado y modificado Garzanti (2016).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Al sur del área de estudio se encuentran litologías como el Complejo polimetamórfico Precámbrico- Cretáceo (Ortogneis de Abejorral), el Grupo Valdivia (Paleozoico), rocas intrusivas del Paleozoico (Metatonalita de Puquí), granitoides del Mesozoico (Batolito Antioqueño, Tonalita de Buritica y Stock de Amagá), Flujos basálticos toleíticos y sedimentitas del Mesozoico (Cretáceo medio-Cretáceo superior).

3. Conclusiones

Las siete secciones delgadas analizadas en este estudio petrográfico pertenecientes a la Formación San Cayetano tomadas en los núcleos de perforación del pozo ANH SSJ 15 STR S son rocas terrígenas.

Las areniscas de la Formación San Cayetano en el pozo ANH SSJ 15 STR S evaluadas en los diagramas QtFL con énfasis en la madurez y el diagrama QmFLt con énfasis en la procedencia de Dickinson (1985) corresponden con seis litoarenitas y una litowacka.

En la clasificación petrográfica simple propuesta por Garzanti (2016) con base en los constituyentes principales de QtFL, cinco secciones corresponden a cuarzolíticas y dos como litocuarzosas.

En el diagrama triangular FRS (líticos sedimentarios), FRV (líticos ígneos) y FRM (líticos metamórficos) corresponden con filarenitas. Se resalta la presencia de líticos metamórficos (28.72- 54,86%) como esquistos, cuarcitas y neises. En menor proporción líticos ígneos (1.41- 6,11%) granitoides y basaltos y líticos sedimentarios (0.69-3,46 %) de chert (algunos con radiolarios), limolitas, calizas y areniscas.

La procedencia de las areniscas de la Formación San Cayetano en el Pozo ANH SSJ 15 STR S evaluada en el diagrama ternario de QmFLt (Dickinson,1985) se encuentran en la

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

categoría de procedencia de Orógeno reciclado en los campos de reciclado transicional y reciclado lítico.

En el diagrama ternario QtFL (Dickinson,1985) la categoría de procedencia es Orógeno reciclado. En el diagrama ternario QmPK (Dickinson,1985) la procedencia de los constituyentes de las areniscas es de Bloques Continentales.

En el diagrama ternario de Garzanti (2016) QtFL la procedencia de las areniscas se encuentra en el campo de Orógeno reciclado en un Bloque continental no disectado. La procedencia de las rocas litocuarzosas y cuarzolíticas está asociada a clastos reciclados y cinturón axial.

Se evidencia que en el área de aporte de sedimento se encontraban rocas metamórficas como esquistos, neises y cuarcitas, se evidencia la presencia de rocas de falla o con metamorfismo dinámico de medio a alto grado y/o metamorfismo regional de muy bajo grado, rocas ígneas posiblemente de composición granítica y de pegmatitas, rocas volcánicas como basaltos y traquitas, y rocas sedimentarias como limolitas, calizas, areniscas y chert.

Posiblemente la fuente de aporte del sedimento proviene del sur del área de estudio en donde se encuentran litologías como el Complejo polimetamórfico Precámbrico- Cretáceo (Ortogneis de Abejorral), el Grupo Valdivia (Paleozoico), rocas intrusivas del Paleozoico (Metatonalita de Puquí), granitoides del Mesozoico (Batolito Antioqueño, Tonalita de Buritica y Stock de Amagá), Flujos basálticos toleíticos y sedimentitas del Mesozoico (Cretáceo medio-Cretáceo superior).

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

4. Recomendaciones

La Formación San Cayetano se ha reconocido en diferentes lugares del Noroccidente Colombiano. En la industria del petróleo esta unidad litoestratigráfica se ha considerado como roca fuente y reservorio de hidrocarburos; por lo anterior se recomienda:

Realizar más estudios petrográficos de areniscas pertenecientes a la Formación San Cayetano en pozo y en afloramiento con el objetivo de identificar la procedencia de las areniscas de la Formación San Cayetano.

Realizar estudios petrográficos con énfasis en la diagénesis de las areniscas de la Formación San Cayetano.

Realizar estudios de porosidad en las areniscas de la Formación San Cayetano.

Realizar análisis de catodoluminiscencia en las areniscas de la Formación San Cayetano.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Referencias bibliográficas

- Breitkreuz, C., Arnoso, M. (2006). Cartilla de texturas volcánicas. Curso-taller “Reconocimiento de secuencias volcánicas”. Quito, Ecuador. 57 p.
- Butler, J. W. (1941). Correlation of Stratigraphic Columns Measured by previous Workers in North-Central Bolívar, Colombia. *Texas Petroleum Company, Internal Report PA-13*.
- Butler, J.W. (1942). Geology of Municipio of San Jacinto and parts of the Municipios de San Juan Nepomuceno and El Carmen, Department of Bolívar. En: *Texas Petroleum Company, Internal Report PA-18*.
- Cáceres, C., Laverde, F., y Cediél, F. (1999). Geología de la Plancha 61 Montería. Realizada por GEOTEC Ltda para INGEOMINAS.
- ChenevarT, C. (1963). Les dorsales transverses anciennes de Colombie et leurs homologues d’Amérique latine. *Eclogae Geol. Helv.*, 56(2), 917, Bâle.
- De Porta, J. (1974). Léxico Estratigráfico. Amerique Latine, Colombie, Tertiaire et Quaternaire. *Union Internationale des Sciences Geologiques*, 4(b).
- Dickinson, W.R. (1970) Interpretation detrital modes of grawacke and arkose: *Journal Sedimentary Petrology*, 40, p 695 - 707.
- Dickinson, W.R., 1985, Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones. In: Zuffa,G.G. (ed) Provenance of arenites. *NATO ASI Series 148, D.Reidel, Dordrecht*, p. 333-361.
- Dott, R. (1964). Wacke, graywacke and matrix. What approach to immature sandstone classification: *Journal Sedimentary Petrology*, 34, 625-632.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham, W. E., ed., Classification of Carbonate Rocks: *AAPG Memoir* 1,108–121.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Duque-Caro, H., Guzmán, G., Hernández, R. (1991). Mapa Geológico de Colombia. Plancha 38-Carmen de Bolívar, Escala 1:100.000. Memoria explicativa. *INGEOMINAS*.
- Echeverry, J.D., Rincón L.F., (2013). INFORME FINAL POZO ANH-SSJ-15-STR-S. Montería, Córdoba, 56, Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- Folk, R. L. (1969). Petrología de las Rocas Sedimentarias. Traducido por Schlaepfer C y R.M. de Schmitter. *Instituto de Geología de la UNAM*. Mexico, D.F.
- Folk, R.L. (1974). Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company; 2nd edición, 182. Austin, Texas 78703. ISBN:0-914696-14-9 <https://bit.ly/3zkEkFo>
- García, C. (2007). Manual de prácticas de petrología metamórfica Bucaramanga, *Universidad Industrial de Santander*.
- Garzanti, G. (2016). From static to dynamic provenance analysis—*Sedimentary petrology upgraded*, *Sedimentary Geology*, 336, 3-13, ISSN :0037-0738, <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.07.010>
- Gifkins, C., Herrmann, W., Large, R. (2005). Altered Volcanic Rock, A guide to description and interpretation. *Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania*, Australia.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. *Servicio Geológico Colombiano*, 2 hojas. Bogotá.
- Guzmán G., y Hernández R. (1990). Informe parcial Estratigrafía de la Formación San Cayetano. Geología de la Plancha-38 El Carmen de Bolívar, *INGEOMINAS*.
- INGEOMINAS, (1997). Geología de los Cinturones Sinú-San Jacinto. Realizado por Geotec S.A.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Julivert, M. (1968). *Lexique stratigraphique, Amérique Latine. Colombie (première partie), Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque, et intrusions d'âge mésozoïque - tertiaire*. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, V (4a).
- Kerr, O.F. (1977). *Optical Mineralogy*. McGraw Hill, Fourth Edition, 492.
- MacKenzie, W. S., Donaldson, C. H., & Guilford, C. (1982). *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman.
- MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H., y Guilford, C. (1996). *Atlas de rocas ígneas y sus texturas*. MASSON, S.A, 154.
- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R. (1993). *Volcanic Texture, A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Hobart, CODES Univ. Tasmania, 196.
- Melgarejo, J. C. (1997). *Atlas de Asociaciones Minerales en lámina delgada*. Edicions Universitat de Barcelona-Fundación Folch, Barcelona.
- Munsell Color (Firm), 2011. *Geological rock-color chart: with genuine Munsell color chips*. Grand Rapids, MI: Munsell Color.
- Notestein, F., & Aitken, W. (1929). *Report on Tertiary section near Carmen, Department of Bolivar, Colombia*. *Texas Petroleum Company Internal Geological Report No. 70*.
- Passchier C.W., Trouw R.A.J. (2005). *Micro-tectonics*. Springer Verlag, Second Edition. 366p. ISBN: 3-540-64003-7
- Pemberton, S.G. (1992). *Applications of ichnology to petroleum exploration: A core workshop*.
Doi: <https://doi.org/10.2110/cor.92.17>
- Raith, M.M., Raase, P., Reinhardt, J. (2012). *Guía para la Microscopía de minerales en lámina delgada*. Traducción por Oyhantçabal, P.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

- Ramírez, R., Torres, A., Jiménez, G., Carvajalino, S., González, V. (2020). Análisis sedimentológico a escala 1:25 de los núcleos de perforación del pozo ANH-SSJ-15- STR-S (9'-2198'), Colombia. Informe técnico para Hocol S.A., Bogotá, Colombia.
- Roncancio, J.H., Pedraza, P, E. (2018). Corredor vial Montería-Planeta Rica (Córdoba) con levantamiento estratigráfico de las Formaciones San Cayetano y Ciénaga de Oro. Servicio Geológico Colombiano, Grupo de geología de rescate.
- Sedimentation Seminar. (1978). Studies for students: Brigham Young University Geology Studies 24, 1-8.
- Silva-Arias, A., Páez-Acuña, L.A., Gómez-Gutiérrez, P.D., y Rincón-Martínez, D.A. (2019). Estudio petrográfico y posibles fuentes de los clastos basales de la Formación San Cayetano hacia el sur del Cinturón Plegado de San Jacinto, norte de Colombia. Boletín de Geología, 41(1), 15-28. DOI: 10.18273/ revbol.v41n1-2019001.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. Earth-Science Reviews, 12(1), 1-33. doi:10.1016/0012-8252(76)90052-0.
- Trow, R.A.J, Passchier, C.W, Wiersma, D.J. (2010). Atlas of Mylonites and related microstructures. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. DOI 10.1007/978-3-642-03608-8
- Ulmer-Scholle, Dana S., Scholle Peter A., Schieber J., Raine R.J. (2015). A Color Guide to the Petrography of Sandstones, Siltstones, Shales and Associated Rocks. American Association of Petroleum Geologists. American Association of Petroleum Geologists, 109. DOI: <https://doi.org/10.1306/M1091304>
- Wentworth, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments: *Journal of Geology*, 30, 377- 392.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO FORMACIÓN SAN CAYETANO.

Yardley, B.W.D., MacKenzie, W.S., Guilford, C. (1997). Atlas de rocas metamórficas y sus texturas. ELSEVIER-MASSON. ISBN: 978-84-458-0429-2

Young S.W. (1976). Petrographic textures of detrital polycrystalline quartz as an aid to interpreting crystalline source rocks: *Journal of Sedimentary Petrology*, 46, 595- 603.