

**Caracterización Mineralógico-Petrográfica y Génesis de los Niveles Epiclásticos del
Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga**

Santiago Schmalbach Carreño, Mateo Eduardo Nicolás Rincón Torres

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Geólogo

Director

Jairo Clavijo Torres

Geólogo MSc. en Geología Aplicada

Codirector

Juan Diego Colegial Gutiérrez

Geólogo Ph.D en Ingeniería Geológica

Universidad Industrial De Santander

Facultad Ingeniería Físico-Químicas

Escuela De Geología

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

Dedicado con mucho amor y esfuerzo a mi abuela Esperanza Carreño quien siempre ha estado en mi vida cuando más la necesito con su amor incondicional y apoyo.

A mi hermosa madre Solvey Schmalbach por ser un excelente ejemplo a seguir, brindarme su incommensurable amor y cuyo esfuerzo me ha permitido salir adelante en esta carrera.

A mis hermanos Enrique y Nicolás que han enseñado a ser una mejor persona y comportarme como un hombre cuando afrontaba momentos difíciles.

A nuestro director Jairo Clavijo Torres por compartir sus conocimientos, consejos durante este proceso demostrando ser un excelente docente y persona; generando una mayor pasión por esta carrera.

Finalmente, a mis familiares y amigos por su gran apoyo durante el transcurso de este proyecto.

Santiago Schmalbach Carreño

Dedicatoria

*Aquellas dos incondicionales mujeres que, con su entrega, amor, sacrificio y dedicación, dieron su vida por mí para criarme y sacarme adelante; que por encima de sus necesidades, saciaron las mías.
Para ellas, mi corazón.*

Aquellos que hoy no me acompañan, pero su legado y enseñanzas viven en mí. Para ellos, mi memoria.

Tíos y primos que con sin su apoyo no hubiera sido posible escribir estas palabras. Para ustedes, mi futuro.

Compañeros y profesores que de alguna manera se involucraron en mi formación, gracias por acompañarme.

A todos ellos, mi amor, respeto y mis más sinceras gratitudes.

Mateo Eduardo Nicolás Rincón Torres

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a la Escuela de Geología UIS, en su cuerpo administrativo y a sus empleados como Luis Eduardo Garrido, Luis Fernando Anaya y Cesar Enrique Llerena por proveer sus servicios y facilitar el desarrollo de este proyecto.

Al laboratorio de Rayos-X del Parque Tecnológico Guatiguará adscrito a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión manifestamos nuestra gratitud por su colaboración prestada para la obtención de los resultados de difracción de rayos x.

A los docentes UIS que hicieron parte de nuestra formación profesional como geólogos, en especial a los profesores Jairo Clavijo Torres, Luis Carlos Mantilla, Guillermo Vargas, Edith Jerez, Carlos Ríos, Juan Diego Colegial cuyas respectivas contribuciones y aportes permitieron la realización de este proyecto.

Agradecimientos especiales los profesores Hugo Murcia de la Universidad de Caldas y Marcelo Arnosio de la Universidad de Salta, Argentina por su disposición, asesoría y aportes en temas de vulcanología.

Tabla de contenido

Introducción	17
1. Objetivos	18
1.1 Objetivo general	18
1.2 Objetivos específicos	18
2. Localización	19
3. Metodología	20
3.2 Trabajo de campo	20
3.3 Trabajo de laboratorio	20
3.4 Documentación final	21
4. Marco Geológico	23
4.1 Bloque Occidental	24
4.2 Bloque Oriental	25
4.3 Bloque Central	27
5. Antecedentes	30
6. Resultados	33
6.1 Logueo de núcleos	33
6.1.1 Núcleo S1	35
6.1.2 Núcleo S2	36

6.1.3 Núcleo S3.....	36
6.2 Facies sedimentarias.....	41
6.2.1 Facies núcleo S1.	43
6.2.2 Facies núcleo S2.	45
6.2.3 Facies núcleo S3.	49
6.3 Petrografía.....	51
6.3.1 Descripciones petrográficas	52
6.3 Correlación estratigráfica.....	86
6.4 Difracción de Rayos X.....	88
7. Discusión.....	89
8. Conclusiones	91
9. Recomendaciones	92
Referencias Bibliográficas	93

Tabla de Figuras

<i>Figura 1.</i> Mapa de localización geográfica y geológica de la zona de estudio.	19
<i>Figura 2.</i> Principales características tectónicas y estructurales del margen NW de Sur América.	23
<i>Figura 3.</i> Diagrama ilustrativo de los bloques tectónicos en la Meseta de Bucaramanga.	29
<i>Figura 4.</i> Mapa de la localización de los núcleos.....	34
<i>Figura 5.</i> Columna estratigráfica núcleo S1.....	38
<i>Figura 6.</i> Columna estratigráfica núcleo S2.....	39
<i>Figura 7.</i> Columna estratigráfica núcleo S3.....	40
<i>Figura 8.</i> Muestra de mano S176,75.	52
<i>Figura 9.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 76,75.....	54
<i>Figura 10.</i> Muestra de mano S2 65,96.	56
<i>Figura 11.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S2 65,96.....	58
<i>Figura 12.</i> Muestra de mano S1 77,97.	59
<i>Figura 13.</i> Microfotografía en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 77,97.	61
<i>Figura 14.</i> Muestra de mano S2 66,30.	63
<i>Figura 15.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S2 66,30.....	65
<i>Figura 16.</i> Muestra de mano S3 45,63.	67
<i>Figura 17.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 45,63.	69
<i>Figura 18.</i> Muestra de mano S3 45,75.	71
<i>Figura 19.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 45,75.....	73
<i>Figura 20.</i> Muestra de mano S3 46,97.	75

<i>Figura 21.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 46,97.....	76
<i>Figura 22.</i> Muestra de mano S1 96,60.	78
<i>Figura 23.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 96,70.....	80
<i>Figura 24.</i> Muestra de mano S3 44,95.	81
<i>Figura 25.</i> Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 44,95.....	83
<i>Figura 26.</i> Clasificación para rocas y depósitos piroclásticos-epiclásticos.....	84
<i>Figura 27.</i> Clasificación y nomenclatura de rocas y depósitos volcanosedimentarios.	85
<i>Figura 28.</i> Triangulo de clasificación textural para rocas y depósitos sedimentarios.....	85
<i>Figura 29.</i> Triangulo de clasificación composicional para rocas y depósitos sedimentarios.....	86
<i>Figura 30.</i> Correlación estratigráfica de los núcleos S1,S2 y S3.	87

Lista de Tablas

Tabla 1. Nomenclatura para los códigos de facies.....	21
Tabla 2. Abreviaturas usadas.	22
Tabla 3. Total de facies descritas.....	41
Tabla 4. Distribución de facies núcleo S1.	45
Tabla 5. Distribución de facies núcleo S2.	48
Tabla 6. Distribución de facies núcleo S3.	50

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y puedes visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Apéndice A. Fotografías del núcleo S1

Apéndice B. Columna Estratigráfica del núcleo S1

Apéndice C. Fotografías del núcleo S2

Apéndice D. Columna Estratigráfica del núcleo S2

Apéndice E. Fotografías del núcleo S3

Apéndice F. Columna Estratigráfica del núcleo S3

Apéndice G. Conteo petrográfico de las secciones delgadas

Apéndice H. Correlación Estratigráfica

Apéndice I. Resultados de Difracción de Rayos X

RESUMEN

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICO-PETROGRÁFICA Y GÉNESIS DE LOS NIVELES EPICLÁSTICOS DEL MIEMBRO ÓRGANOS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA*

AUTORES: Santiago Schmalbach Carreño, Mateo Eduardo Nicolás Rincón Torres**

PALABRAS CLAVE: Formación Bucaramanga, depósitos epiclásticos, petrografía, génesis.

DESCRIPCIÓN:

La formación Bucaramanga se clasifica como un depósito aluvial de edad Pleistoceno con litologías en su mayoría gravas con niveles arenosos de clastos subredondeados a subangulares. Los modelos evolutivos planteados sobre dicha formación no exhiben evidencia volcánica, por lo tanto, la presencia de niveles epiclásticos (EC) en núcleos de núcleos para el Miembro Órganos origina discrepancias evolutivas, de forma que el enfoque de este trabajo es presentar una caracterización y posible génesis de éstos niveles.

El volcanismo neógeno-cuaternario en Colombia está relacionado a la interacción entre las placas Nazca y Suramérica, con centros de emisión distribuidos desde el sur del departamento de Antioquia hasta los límites con el Ecuador. En cercanías a la zona de estudio no hay evidencia de edificios volcánicos, por consiguiente, el análisis de los niveles EC se basaría en un retrabajamiento de materiales piroclásticos en las cuencas aledañas.

El respectivo logueo de núcleos junto a la asociación de facies encontradas permitió observar la posición estratigráfica de los niveles EC entre los materiales sedimentarios, la descripción petrográfica de las secciones delgadas logró clasificar textural y composicionalmente éstos niveles; además la realización de difracción de rayos X determinó el tipo de arcilla encontrado en la matriz. Lo anteriormente mencionado proporcionó información para plantear una probable relación entre los niveles EC y los diques volcánicos en el Distrito Minero Vetas-California.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: M.Sc. Jairo Clavijo Torres

ABSTRACT

TITLE: MINERALOGICAL-PETROGRAPHICAL CHARACTERIZATION AND GENESIS OF THE EPICLASTIC LEVELS OF THE ORGANOS MEMBER OF THE BUCARAMANGA FORMATION*

AUTHORS: Santiago Schmalbach Carreño, Mateo Eduardo Nicolás Rincón Torres**

KEYWORDS: Bucaramanga formation, Epiclastics Deposits, Petrography, Genesys

DESCRIPTION:

Bucaramanga formation it is classified as an alluvial deposit of Pleistocene age with lithologies mostly gravel with sandy levels of subrounded to subangular clasts. The evolutionary models proposed on this formation do not exhibit volcanic evidence, therefore the presence of epiclastic levels (EC) in well cores for the Organos Member originates evolutionary discrepancies, so that the focus of this work is to present a characterization and possible genesis of these levels.

Neogene-Quaternary volcanism in Colombia is related to the interaction between the Nazca and South America plates, with emission centers distributed from the south of the department of Antioquia to the limits with Ecuador. Near the study area there is no evidence of volcanic buildings, therefore the analysis of the EC levels would be based on a reworking of pyroclastic materials in the surrounding basins.

The respective core logging together with the association of facies allowed to observe the stratigraphic position of the EC levels among the sedimentary materials, the petrographic description of the thin sections managed to classify these levels texturally and compositionally; also, the realization of X-ray diffraction determined the type of clay found in the matrix. The above mentioned provided information to present a probable relationship between the EC levels and volcanic dykes in the Vetas-California Mining District.

* Degree work

** Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Geology. Director: M.Sc. Jairo Clavijo Torres

Introducción

Los materiales sedimentarios, sobre los cuales reposa mayoritariamente la ciudad de Bucaramanga, han sido interpretados con el desarrollo de un abanico aluvial, de edad Cuaternaria (De Porta, 1958). Las perforaciones efectuadas por la UIS en el sector norte de Bucaramanga, realizadas con el propósito de estudiar las características geotécnicas, geológicas y ambientales; develaron la presencia de algunos niveles de 1 a 2m de espesor, los cuales a visu, muestran rasgos característicos de depósitos volcanoclásticos.

Las potenciales amenazas naturales reportadas para la ciudad de Bucaramanga siempre han tenido que ver con fenómenos de remoción en masa, inundaciones y sismos, pero nunca se ha considerado la posibilidad (aun siendo remota), de una posible amenaza por caída de material piroclástico. Adicionalmente, resulta evidente que la presencia de niveles EC en este registro sedimentario, es igualmente importante para fines de establecer sus características y posibles implicaciones desde el punto de vista geotécnico.

Con el propósito de precisar la composición y la posible fuente de los niveles EC antes referidos, y para establecer su posición estratigráfica, se realiza el presente trabajo de tesis de pregrado.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar una caracterización mineralógico-petrográfica y determinar la posible génesis de los potenciales niveles volcánico-clásticos presentes en los elementos sedimentarios del norte de Bucaramanga (de edad N[?]-Q) .

1.2 Objetivos específicos

-Realizar una revisión y un análisis de la información geológica disponible sobre el sector norte del municipio de Bucaramanga, para fines de contextualizar la geología del área de estudio, desde el punto de vista de su geología regional y local.

-Realizar un logeo de núcleos de perforación y descripción de puntuales afloramientos, para fines de identificar los potenciales niveles volcánico-clásticos y localizar su posición estratigráfica.

-Realizar una caracterización mineralógica-petrográfica de los potenciales niveles volcánico-clásticos objeto de estudio, para fines de su clasificación desde el punto de vista textural y modal.

-Establecer a la luz de los nuevos datos, la posible génesis de los niveles volcánico-clásticos objeto de estudio.

2. Localización

El presente trabajo se realizó en la zona norte del Municipio de Bucaramanga, Santander; delimitada por las coordenadas: $X=1'290.000$, $X=1'280.000$, $Y=1'090.000$ y $Y=1'120.000$. Cuyas coordenadas abarcan una extensión de 300 Km² representada en 2 cuadrantes del cuadrángulo H-12 entre la plancha 109 y 120 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. La formación Bucaramanga, específicamente en su miembro Órganos corresponde a la ubicación preliminar de los niveles volcanoclásticos objetos de investigación.

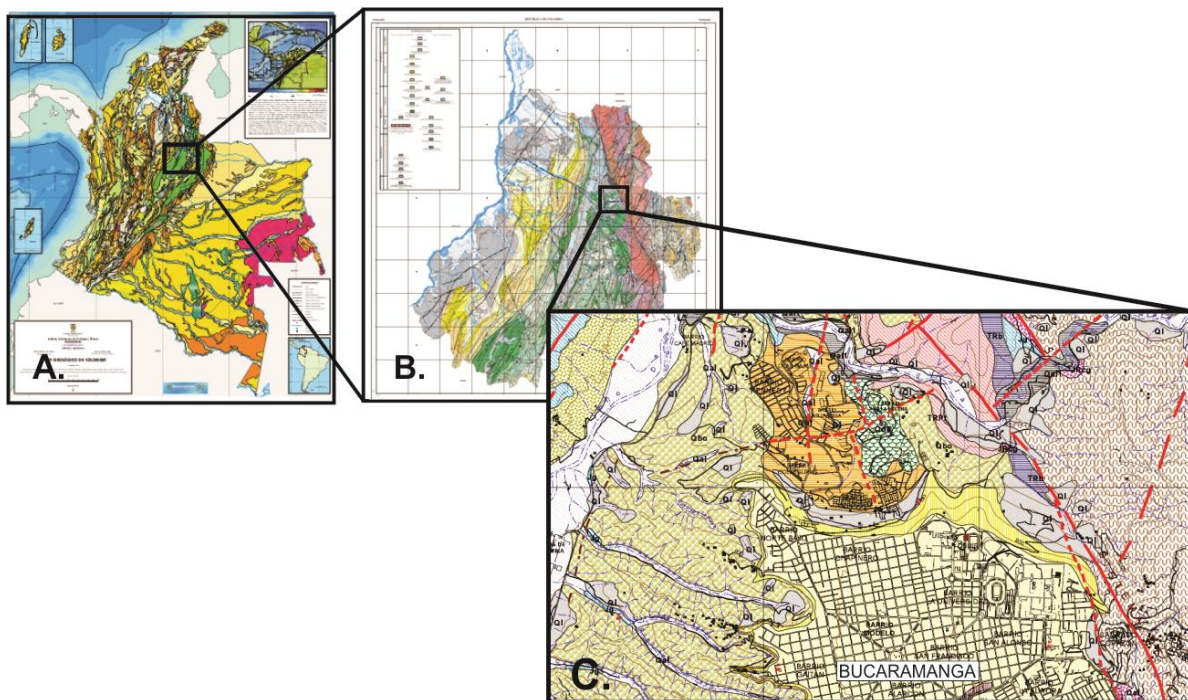


Figura 1. Mapa de localización geográfica y geológica de la zona de estudio. Tomado y modificado de A) (Ingeominas, Mapa geológico de Colombia, 2015) B) (Ingeominas, 1999) C) (Ingeominas, 2001).

3. Metodología

La metodología cumplida durante la realización del proyecto se describirá mediante las siguientes etapas.

3.1 Revisión Bibliográfica

En esta etapa, se realizó la recolección de material bibliográfico haciendo uso de las diversas bases de datos existentes teniendo como principal fuente la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

El material consultado hace referencia a la geología reportada en la formación Bucaramanga y a eventos volcánicos aledaños que se puedan asociar a los niveles epiclásticos hallados.

3.2 Trabajo de campo

Se visitaron las zonas en donde, según trabajos anteriores, se registra material similar al nivel de estudio y localidades aledañas a la ubicación de las perforaciones donde estratigráficamente podría aflorar. Es importante resaltar que en la visita a campo no se hallaron afloramientos del material objeto de estudio, de modo que se trabajó exclusivamente con la información proveniente de los núcleos de pozos.

3.3 Trabajo de laboratorio

En primera instancia, en esta fase se realizó el correspondiente logueo de núcleos donde se registraron los niveles con el fin de identificar la ubicación estratigráfica de estos niveles en la formación Bucaramanga, posteriormente se hizo una correlación entre los núcleos para poder observar el comportamiento de los niveles entre sí y su relación estratigráfica.

A continuación, se realizó el respectivo análisis petrográfico utilizando el microscopio de luz transmitida Nikon Eclipse E200, ubicado en el laboratorio de petrografía de la escuela de geología en la Universidad Industrial de Santander, en el cual se llevó a cabo el conteo siguiendo el método Gazzi-Dickinson empleando 300 puntos con un aumento de 10x. Este proceso descriptivo se basó en su composición, textura, elementos de fábrica tomando como base la Guía de Laboratorios de Petrología Ígnea de Mantilla (2003).

Finalmente se realizó un análisis del contenido arcilloso en los depósitos. Para ello, en el laboratorio de difracción de rayos x las muestras previamente molidas se sometieron a procesos de disgregación, disolución y posterior calcinado mediante la técnica de llenado frontal para arcillas con el fin de obtener la cantidad necesaria para el respectivo análisis. Las muestras finales clasificadas como normal, glicolada y calcinada se utilizaron para la determinación del tipo de arcillas según sus patrones. El registro de datos se realizó en un difractor de polvo marca BRUKER modelo D8 ADVANCE con Geometría DaVinci.

3.4 Documentación final

En esta fase se organizó y se analizó minuciosamente los resultados obtenidos durante la realización de este proyecto, llegando de esta manera a una interpretación concreta y adecuada. A continuación, se documentó lo anterior en un libro siguiendo las normas APA.

A lo largo del escrito se usaron las siguientes nomenclaturas y abreviaciones:

Tabla 1
Nomenclatura para los códigos de facies

Código Facies	Litofacies
Gg	Grava granulosa
Gp	Grava guijosa
Gc	Grava guijarrosa

Gb	Grava blocosa
GS	Grava arenosa
(g)	ligeramente gravoso
Cg	Conglomerado
Svc	Arena muy gruesa
Sc	Arena gruesa
Sm	Arena media
Sf	Arena fina
Svf	Arena muy fina
SF	Arena lodosa
SG	Arena gravosa
Fs	Limolita
Fc	Arcillolita
T	Clastos de composición sedimentaria
I	Clastos de composición ígnea
P	Calcáreo
(p)	ligeramente calcáreo
E	Epiclástico

Nota: Tomado y modificado de (Miall, 1985).

Tabla 2

Abreviaturas usadas

Nombre	Abreviación
Cuarzo	Qz
Plagioclasa	Pl
Feldespato Potásico	Kfs
Opaco	Opq
Ortoclasa	Or
Microclina	Mc
Calcita	Cal
Biotita	Bt
Muscovita	Ms
Epidota	Ep
Sericita	Ser
Glauconita	Glt
Clorita	Chl
Zircon	Zrn
Epiclástico	EC

Nota: Tomado y modificado de (Whitney & Evans, 2010).

4. Marco Geológico

La subducción en dirección oriental de la Placa Nazca bajo la Placa Sur América y la, aun en debate, acreción de la Placa Caribe originan un complejo de cadenas montañosas (Los Andes Colombianos) y bloques corticales de movimiento independiente que caracterizan el margen NW Sur Americano (Jiménez, Speranza, Faccena, Bayona, & Mora, 2014). El departamento de Santander esta ubicado en el Supraterreno Cretacico el cual esta constituido por sedimentitas del Berriasiano al Maastrichtiano e intrusivos basicos del Cretacico Inferior y Medio; éste se encuentra delimitado al W por el Sistema de Fallas de Romeral, al E por los Llanos Orientales y al NE por la Falla de Bucaramanga-Santa Marta (Etayo *et al.*, 1983) (Figura 2).

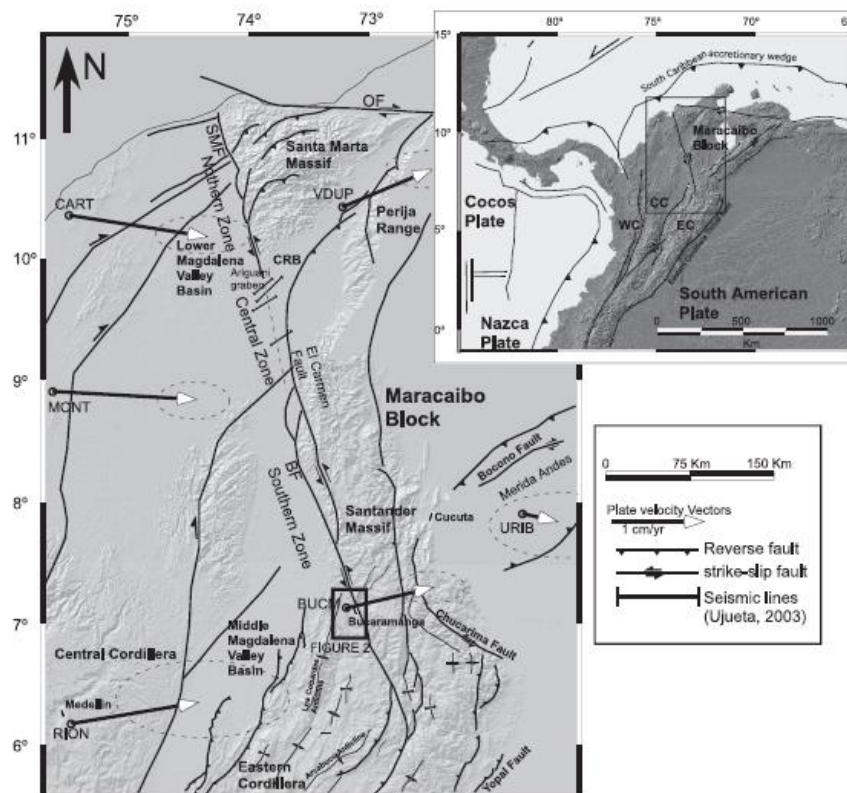


Figura 2. Principales características tectónicas y estructurales del margen NW de Sur América. Tomado de (Jiménez et al., 2014).

El departamento Santandereano se posiciona como uno de los más montañosos a nivel nacional cuyo relieve es predominantemente escarpado a moderado; sin embargo, en su extremo occidental posee una amplia zona baja y plana. Presenta una tectónica dinámica que resulta en tres estilos estructurales característicos: El Graben del Magdalena en la región occidental, fallamiento inverso y plegamiento en la región central y un fallamiento en bloques en la región oriental (Ingeominas, 2007).

La zona de estudio se halla ubicada en la cordillera oriental específicamente en su flanco occidental en el Área Metropolitana de Bucaramanga la cual está compuesta por tres bloques tectónicos principales (*Figura 3*) limitados por dos grandes sistemas de fallamiento: Al oriente por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta y al occidente por el sistema de fallas del Suárez (Ingeominas, 2007).

4.1 Bloque Occidental

Presenta una morfología característica de escarpes fuertes, colinas y cerras aislados. Hacia el extremo NW aflora la formación Bocas (TRb) y en el resto del área la formación Girón (Jg) (Ingeominas, 2007).

La Formación Bocas (TRb) en un principio definida por Dickey (1941) como la Serie Bocas y posteriormente nombrada como la Formación Bocas por Ward, Goldsmith, Jimeno, Cruz y Restrepo (1973). Esta formación consiste en limolitas grises verdosas, calcáreas, delgadas con nódulos calcáreos grises de 4mm de diámetro, conglomerados con cantos redondeados, calizas grises y cuarzos en una matriz arenosa calcárea (Ward et al., 1973). Se observan areniscas de grano grueso a conglomeráticas, pardo verdosas, con granos subangulares a subredondeados compuestos por cuarzo y feldespato principalmente que conforman el 70% de la roca. Presenta niveles de

arcillolitas ligeramente duras a fisiles, de colores gris verdoso a gris azulado, silíceas, ligeramente calcáreas, con pirita, micas y restos de plantas (Ingeominas, 2001).

La Formación Girón (Jg) descrita inicialmente por Hettner (1892) como “Girón Series” en Ward et al. (1973). Esta unidad se presenta separada del Macizo de Santander por el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Cediél (1968) midió un total de 4650 m; la dividió en 7 facies litológicas que en general están constituidas por areniscas de grano grueso, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y capas rojas interestratificadas de limolita y arcillolita, en estratos hasta de 1m de espesor, areniscas de grano grueso, conglomeráticas, grises claras, con estratificación cruzada y areniscas rojizas, de grano medio a grueso. Las areniscas presentan estratificación cruzada y gradación, pasando desde grano fino, medio, grueso a conglomeráticas, su color es café claro. Los conglomerados se componen en su mayor parte de cantos de cuarzo, chert y riolita (Ingeominas, 2007).

4.2 Bloque Oriental

Está constituido por rocas ígneo-metamórficas, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Jurásico; las unidades litoestratigráficas más antiguas de origen metamórfico-ígneo han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrico. En el valle de Vijagual, se presentan rocas sedimentarias de las formaciones Diamante (Pcd) y Tiburón (TRpt). Hacia la parte centro-occidental, sector de La Cumbre del municipio de Floridablanca, afloran rocas sedimentarias Jurásicas de las formaciones Jordán (Jj) y la ya descrita Girón (Jg) (Ingeominas, 2007).

Neis de Bucaramanga (PEb) nombre propuesto para el conjunto de rocas cristalinas de edad Precámbrico que aflora al oriente del Área Metropolitana de Bucaramanga. Se localiza al oriente

del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Esta unidad consta de rocas metamórficas de alto grado, con fábrica orientada y textura gruesa a media. Está compuesta principalmente de neis semipelítico, neis hornbléndico, anfibólita y esquistos, incluyendo también zonas de migmatitas (Ward et al., 1973), siendo posible la existencia de rocas cataclásticas cerca a los planos de las fallas principales.

La formación Diamante, definida por Dickey (1941), aflorante al norte del casco urbano de Bucaramanga, en dos franjas bien definidas con dirección preferencial N-NE (Ingeominas, 2001). Corresponde a una secuencia sedimentaria de grano fino a medio, de color púrpura, con intercalaciones de arcillolita de color semejante, shale gris oscura con intercalaciones de caliza (Niño y Vargas, 1992). La edad para esta formación según dos muestras de braquiópodos (*Meekella* sp. y cf. *Orthotichia* sp.) dio como resultado Pérmico (Ward et al., 1973).

Definida por Ward (1973), la Formación Tiburón (TRPt) cuya sección tipo se encuentra 2 km al norte de Bucaramanga en las inmediaciones del club Tiburones. Esta unidad presenta conglomerados muy compactos, cuyos espesores varían entre 5 y 20 m, conformados por guijos de caliza, dolomita, arenisca y chert negro; de formas subangulares a subredondeadas, de 2 a 10 cm de diámetro, incluidos y firmemente cementados en una matriz calcárea gris, de grano fino a medio. Localmente se hallan algunos guijos de cuarzo (Ingeominas, 2001).

La Formación Jordán (Jj) según Cediel (1968) incluye dos facies: Limolita de color marrón rojizo y arenisca de grano muy fino, bien estratificada, en capas de 30 a 80 cm de espesor. Principalmente arenisca de grano grueso, gris verdosa, en capas hasta de 1 m de espesor y algunas capas de shale gris verdoso, hasta de 2 m de espesor, algunas capas gruesas con estratificación cruzada contienen niveles conglomeráticos con guijos hasta de 2 cm de diámetro.

4.3 Bloque Central

Corresponde a un bloque hundido, el cual fue rellenado por depósitos aluviales recientes (730.000 años a 1 millón de años) principalmente por el abanico de Bucaramanga, que constituye la formación Bucaramanga (Ingeominas, 2001).

La Formación Bucaramanga se trata de un depósito sedimentario, cuya morfología corresponde a un abanico aluvial erosionado, de edad cuaternaria acumulado sobre una depresión de origen tectónica. Limita al oriente con el Macizo de Santander, al norte y noroccidente con el cerro de Palonegro y el río de Oro y a sur con la mesa de Ruitoque. En base a la granulometría, agentes de transporte, morfología y algunos otros parámetros sedimentarios, esta unidad sería el resultado de una acumulación en un ambiente típicamente fluvial, donde alternan materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombros, canal y lagunar (Ingeominas, 2001). La formación en cuestión está conformada por los miembros Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr).

El miembro órganos descrito por primera vez como niveles lenticulares limo-arenosos por Hubach (1952). Posteriormente se definió como una serie monótona de niveles polimicticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, en composición y textura: en alternancia con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura (Bueno y Solarte, 1994). Los niveles previamente descritos de aspecto conglomerático conforman depósitos de gravas y bloques, débilmente consolidados, clasto soportados (60%) y grano soportados (40%). Cuenta con cantos con un intervalo de tamaño entre 10 y 30 cm, compuestos en su mayoría por areniscas silíceas de grano medio bien cementadas y en menor proporción fragmentos de rocas ígneas, neises, liditas y cherts. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa,

pardo amarillento, con algunas variaciones a gris amarillento (Ingeominas, 2001). La litología indica un dominio de depósitos de flujos de escombros y depósitos intermedios de facies mayores gravosas masivas y estratificadas con interdigitaciones de depósitos de corrientes de canal de facies menores de lodos limosos y areniscas finas a muy gruesas ocasionalmente guijarrosas. Este depósito evidencia condiciones climáticas extremas en la cuenca del río Surata, combinados con su levantamiento al NE y E de la falla de Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992).

El miembro Finos reconocido y ubicado entre el miembro Órganos y el miembro Gravoso con contactos netos planos paralelos, como una extensa capa lenticular horizontal de alrededor de 15m de espesor. Presenta una alternancia de niveles arcillosos, limoarenosos y arenolimosos. Este miembro corresponde a un depósito de ambiente aluvial de intercanales poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosos (Ingeominas, 2001).

El miembro Gravoso definido por (Niño y Vargas, 1992) corresponde a una geomorfología de colinas suaves onduladas, con un drenaje dendrítico. Presenta un espesor variante entre 8 y 30 m en donde se pueden encontrar niveles gravosos, grovoarenosos y gravolodosos. Presenta cantos subangulares a subredondeados con una matriz areno-arcillo-limoso de color pardo rojizo y ocre pálido. Presenta un contacto inferior con el miembro finos de tipo neto, continuo y suavemente ondulado y un contacto superior con el miembro limos rojos que es gradacional (Ingeominas, 2001)

Geomorfológicamente, el miembro Limos Rojos conforma lo que se conocía previamente como “Meseta de Bucaramanga”, con relieve semiplano y pendientes entre 2% y 7%; el drenaje es escaso paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992). Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques

angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de lodos combinados con caídas de bloques de la pendiente del macizo (Ingeominas, 2001).

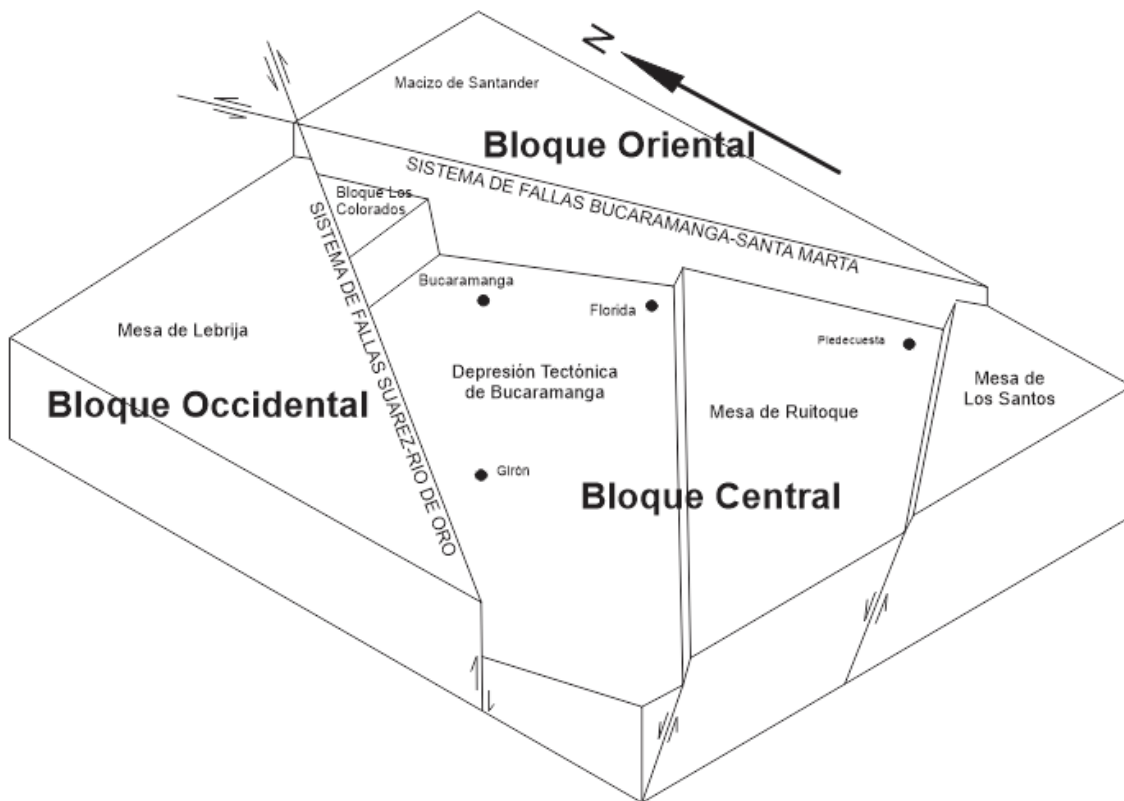


Figura 3. Diagrama ilustrativo de los bloques tectónicos en la Meseta de Bucaramanga. Tomado y modificado de (Niño & Vargas, 1992).

5. Antecedentes

La actividad volcánica neógeno – cuaternaria en Colombia está relacionada con la interacción entre las placas Nazca y Suramérica, y presenta características geológico - estructurales típicas de una zona asociada a procesos de subducción a lo largo del margen continental (Pennington, 1981; Wilson, 1989). Los centros de emisión asociados en Colombia a esta actividad volcánica se distribuyen desde el sur del departamento de Antioquia hasta los límites con el Ecuador, y entre ellos se encuentran los de la cadena volcánica de los Coconucos (López y Cañola, 2011).

El volcanismo Cenozoico en los Andes Colombianos toma lugar desde el Mioceno en adelante en las partes más altas de la Cordillera Central, en la depresión de Cauca-Patía y en la parte más austral de la Cordillera Occidental. Composiciones andesíticas y dacíticas predominan como lo muestran los volcanes del suroeste colombiano (Kroonenberg, 1982).

El inicio del volcanismo Cenozoico es evidenciado por los componentes volcanoclásticos en los depósitos de la Formación Honda en el Mioceno, la Formación Gigante en el Mio-Plioceno y la Formación Mesa en el Plioceno (Kroonenberg, 1982), así como delgados flujos dacíticos pumíticos que fueron datados como 8.5 ± 0.4 M.a (Van Houten, 1976).

Según características petrográficas de los sedimentos se estableció el límite entre el Grupo Honda y la Formación Mesa; donde esta última presenta un predominio de rocas volcánicas mientras que el Grupo Honda, en relación con la Formación Mesa, no alcanza valores significativos (Unión Temporal Estudios Ambientales y Planificación Territorial Río Guarínó, 2015). Precizando la litología, la Formación Mesa, es: "en la base pelitas, arcillolitas y areniscas

con algunos lentes de lapilli de pómez, cenizas y tobas; luego unidades de coladas piroclásticas de tobas dacíticas y, finalmente, arenas y areniscas volcánicas, lentes de pómez y de conglomerados de andesita, dacita y granodiorita, más frecuentes hacia el tope" (Thouret, 1984).

A partir de la partición de la placa Farallones y la posterior acreción de la Serranía del Baudó al noroeste de Suramérica, en el Mioceno medio-tardío, el cinturón magmático previamente ubicado en la Cordillera Occidental entre 12 y 10 M.a migrar hacia el valle del Rio Cauca, donde se desarrolla entre los 10 y 6 M.a generando el volcanismo tipo Combia. (López, Sierra y Ramírez, 2006).

Con la acreción total de la Serranía del Baudó y el cierre del Istmo de Panamá durante el Plio-Cuaternario, el magmatismo se desplaza al eje de la Cordillera Central donde actualmente se localiza el complejo volcánico Ruiz-Tolima; dicho salto en el vulcanismo se explica por el avance progresivo de la placa Nazca bajo la placa Suramericana con una disminución del Angulo de subducción (López et al., 2006).

Con la evolución de las cuencas en el Mioceno medio-tardío se dio un volcanismo explosivo producto de un proceso de adelgazamiento de la corteza, resultado de la delaminación cortical y a un proceso de subducción al occidente que favoreció el avance de la placa subducida y la consecuente migración hacia el oriente del eje del magmatismo permitiendo el emplazamiento de magmas procedentes del manto (López et al., 2006).

Los depósitos volcanoclásticos preservados en el Valle Superior del Magdalena Colombia, se derivaron de estratovolcanes en la Cordillera Central durante y después de la orogenia andina del Cenozoico tardío. Los clastos de lava andesíticos y los grupos de granos minerales, comúnmente mezclados con fragmentos de rocas plutónicas y metamórficas,

predominan en los flujos de escombros proximales y en las lentes de canales torrenciales; el material piroclástico dacítico reelaborado es más común en los flujos de escombros distales, las arenas de los bancos superpuestos y los lodos de inundación. (Van Houten, 1976).

Durante las fases tempranas de la orogenia andina en el Mioceno medio y tardío (hace 20 a 10 m.a), abundantes clastos volcánicos y granos de minerales volcánicos acumulados en canales gruesos y sedimentos de llanuras aluviales del Grupo Honda, junto con algunos flacos hojas de desechos piroclásticos reelaborados. La Formación Neiva conglomerada que lo recubre registra un renovado levantamiento y un nuevo suministro de lava. En la última época del Mioceno (hace 8 a 9 m.a.) el clímax de la actividad explosiva inundó la foredeep andina con restos que se acumularon sobre los abanicos de la Formación Gigante (Van Houten, 1976).

En el distrito Minero de Vetas-California, se reconocen rocas ígneas de textura porfirítica-afanítica de composiciones que varían desde andesitas porfiríticas, hasta riocitas porfiríticas con dataciones entre 8.4 y 10.1 Ma. Estas evidencias coinciden temporalmente con la época en la cual tuvieron lugar los procesos de mayor y más rápido levantamiento de montañas en el territorio colombiano. Conjuntamente se plantea que la reactivación de la Falla de Bucaramanga, y el sistema de fallas conexas, durante la orogenia Andina, debió haber generado canales que favorecieron el ascenso y emplazamiento de los magmas Miocénicos (Mantilla, Mendoza, Bissig y Craig, 2011)

Hace alrededor de 7 a 5 m.a., la fase orogénica andina final deformó tanto la Cordillera Central como su foredeep. En la planicie oriental levantada se presentaron incursiones locales de detritos volcánicos de 10 a 75 m de espesor. Estos depósitos incluyen flujos de detritos polimícticos y sedimentos torrenciales que llenaron valles y formaron grandes abanicos, y detritos de pómez

retrabajados concentrados en el relleno de valles fluviales y en flujos de escombros que se extendieron ampliamente a través de la planicie baja del Magdalena. Los depósitos más antiguos se conservan en mesas de mayor nivel, terrazas de valle y abanicos profundamente disectados; los depósitos más jóvenes forman abanicos bajos y relativamente indisectados y terrazas interiores a lo largo de las principales corrientes. (Van Houten, 1976).

Aldana y Ariza (2000) hacen la primera mención de una capa piroclástica de color amarillo claro de aproximadamente 1 metro de espesor hacia el Escarpe Norte de Bucaramanga. Esta capa no presenta una descripción a detalle ni relación a alguna formación.

6. Resultados

6.1 Logueo de núcleos

Se realizó el logueo de los núcleos S1, S2 y S3 correspondientes al proyecto **“ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL SECTOR NORTE DE BUCARAMANGA (BARRIOS LIZCANO, ESPERANZA III, MIRADOR, JOSE MARIA CORDOBA, VILLA HELENA, VILLA ROSA, VILLA MARÍA)”** realizado por la AMB-UIS 2017 en donde se registraron la presencia de los niveles epiclásticos. Se determinaron los espesores y las características físicas y químicas de los materiales presentes en los mencionados núcleos (*Figura 4*). Con ello se elaboraron las respectivas columnas estratigráficas con el fin de establecer la posición estratigráfica de los niveles de interés y su respectiva correlación.

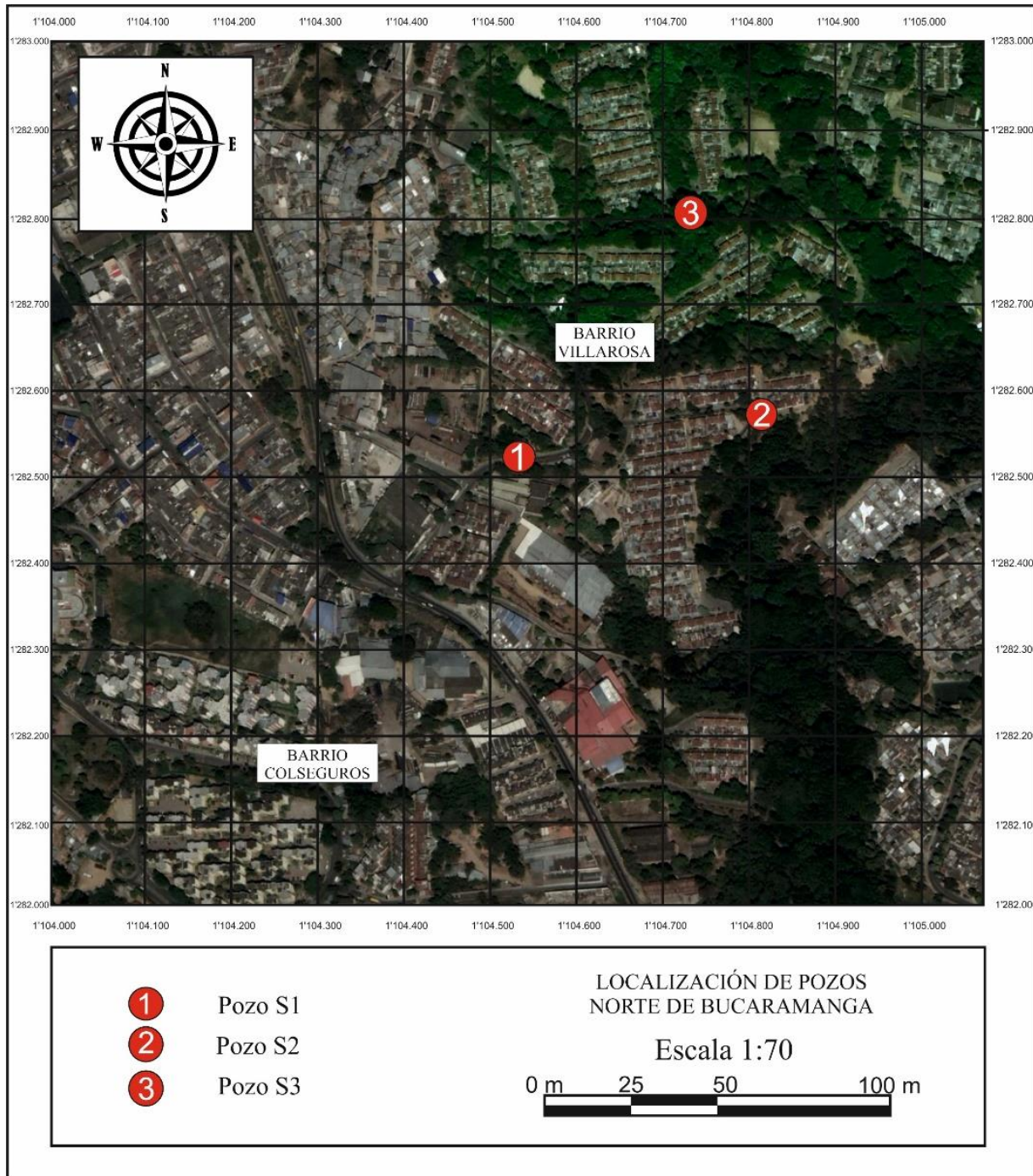


Figura 4. Mapa de la localización de los núcleos.

6.1.1 Núcleo S1. Localizado en el barrio Villa Rosa con coordenadas X: 1'282.529, Y:1'104.577, Z: 755 m.s.n.m y un espesor de 130m. Según el respectivo logueo y lo descrito en el proyecto base se definió la Formación Bocas (TRb) y la Formación Bucaramanga con sus miembros Órganos Inferior (Qboi), Órganos Superior (Qbos), y Órganos removido (Qbor).

La Formación Bocas cuenta con un espesor de 7,65m constituida principalmente por conglomerado ligeramente calcáreo con una intercalación de limolitas conglomeráticas con areniscas muy finas. El Miembro Órganos Inferior posee un espesor de 58,00m que consta de arenas gravosas y predominantemente gravas arenosas cuyos clastos preponderantemente corresponden a rocas ígneas félsicas y metamórficas foliadas. El Miembro Órganos Superior tiene un espesor de 40,30m compuesta principalmente de arenas limo gravosas y gravas arenosas donde los clastos corresponden, en su mayoría, a areniscas cuarzosas. Cabe resaltar que la diferencia composicional de los clastos marco el límite entre los Miembros Organos Superior y el Organos Inferior. El Miembro Órganos Removido cuenta con un espesor de 24,10m compuesto de arenas media y gravas arenosas.

Para este núcleo se tienen 2 intervalos de interés que según sus características macroscópicas preliminares se asumía un origen volcanoclástico. El primero de 76,7 m a 78,2 m en el cual se analizaron 2 muestras y después del análisis resultaron como arenas gravosas de matriz arcillosa de color gris oscuro ligeramente verdoso. El segundo intervalo de 96,15 m a 97,66 m se analizó una muestra, cuyo análisis lo determinó como una arena epiclástica matriz soportada de textura porfirítica con cristales de cuarzo, feldespato y biotita de color gris oscuro (*Figura 5*). (*Apéndices A y B*).

6.1.2 Núcleo S2. Localizado en el barrio José María Córdoba con coordenadas X: 1'282.584, Y: 1'104.826, Z: 733m y un espesor de 107m. Según el respectivo logeo y lo descrito en el proyecto base se definió la Formación Tiburón (TRb) y la Formación Bucaramanga con sus miembros Órganos Inferior (Qboi), Órganos Superior (Qbos), y Órganos removido (Qbor).

La Formación Tiburón (TRPt) presenta un espesor de 8,60m correspondientes a conglomerado calcárea con clastos de caliza y chert. El Miembro Órganos Inferior (Qboi) cuenta con un espesor de 38,95m compuesto predominantemente por una intercalación de gravas arenosas con arenas gruesas cuyos clastos corresponden a granitoides félsicos y metamórficos foliados. El Miembro Órganos Superior (Qbos) tiene un espesor de 52,83m que consta predominantemente de gravas y una alternancia de limos, arenas y gravas donde los clastos son preponderantemente areniscas cuarzosas. El Miembro Órganos Removido (Qbor) posee un espesor de 6,41m constituido principalmente por gravas arenosas con clastos sedimentarios.

En este núcleo se tiene 1 intervalo de interés con aspecto preliminar volcanoclástico que va desde 65,8 m hasta 68,5 m en el cual se analizaron 2 muestras y resultaron como arenas gravosas de matriz arcillosa. Para este pozo no se registró evidencia de material volcanoclástico. (*Figura 6*). (*Apéndices C y D*).

6.1.3 Núcleo S3. Localizado en el barrio Villa Rosa con coordenadas X: 1'282.780, Y: 1'104.770, Z: 704m.s.n.m. y un espesor de 72m. Según el respectivo logeo y lo descrito en el proyecto base se definió la Formación Tiburón (TRPt) y la Formación Bucaramanga con sus miembros Órganos Inferior (Qboi), Órganos Superior (Qbos), y Órganos removido (Qbor).

La Formación Tiburón (TRPt) tiene un espesor de 5,50m conformado de limolita arenosa ligeramente calcárea. El Miembro Órganos Inferior (Qboi) presenta un espesor de 46,96m

compuesto de gravas arenosas predominantemente cuyos clastos corresponden a granitoides félsicos y metamórficos. El Miembro Órganos Superior (Qbos) posee un espesor de 9,96m constituido por gravas arenosas con clastos sedimentarios correspondientes a areniscas cuarzosas principalmente. El Miembro Órganos Removido (Qbor) presenta un espesor de 9,40m compuesto por gravas arenosas con clastos sedimentarios.

Para este núcleo se tiene 1 intervalo de interés con aspecto preliminar volcanoclástico que va desde 44,80 m hasta 47 m en el cual se analizaron 4 muestras y resultaron como arenas epiclásticas matriz soportadas de textura porfiritica con cristales de cuarzo, feldespato de color gris oscuro a gris verdoso. (*Figura 7*). (*Apéndices E y F*).

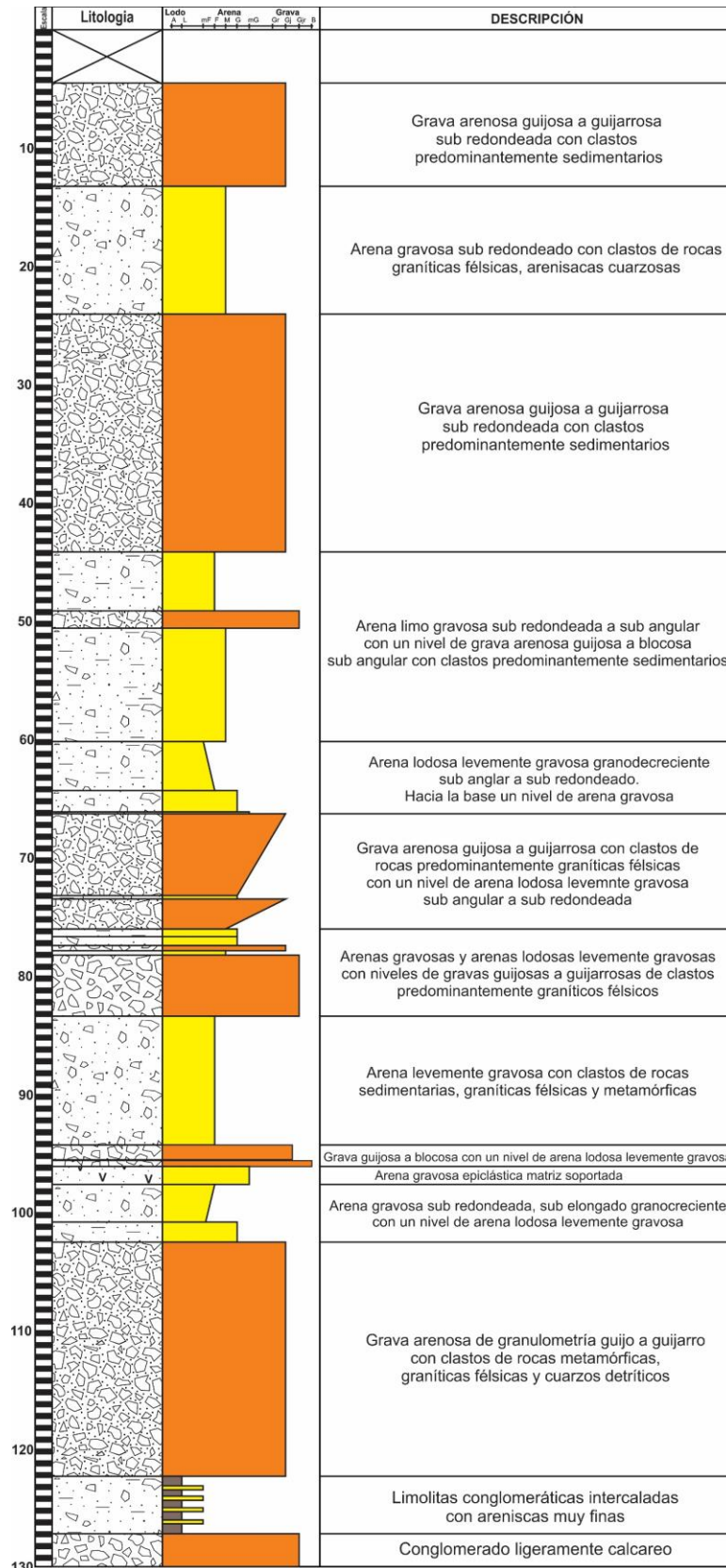


Figura 5. Columna estratigráfica núcleo S1. Basado en (Ingeominas, 2001).

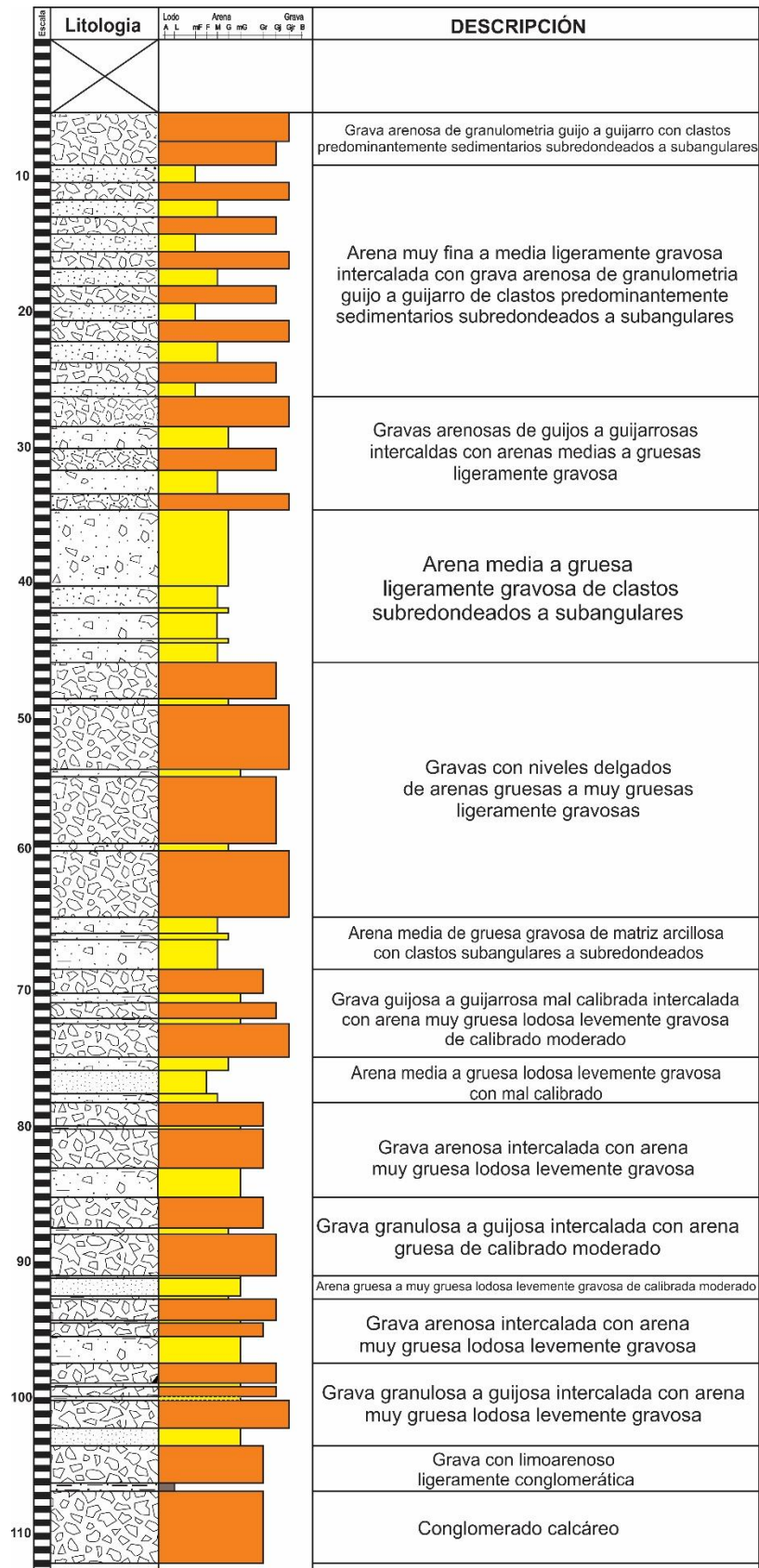


Figura 6. Columna estratigráfica núcleo S2. Basado en (Ingeominas, 2001).

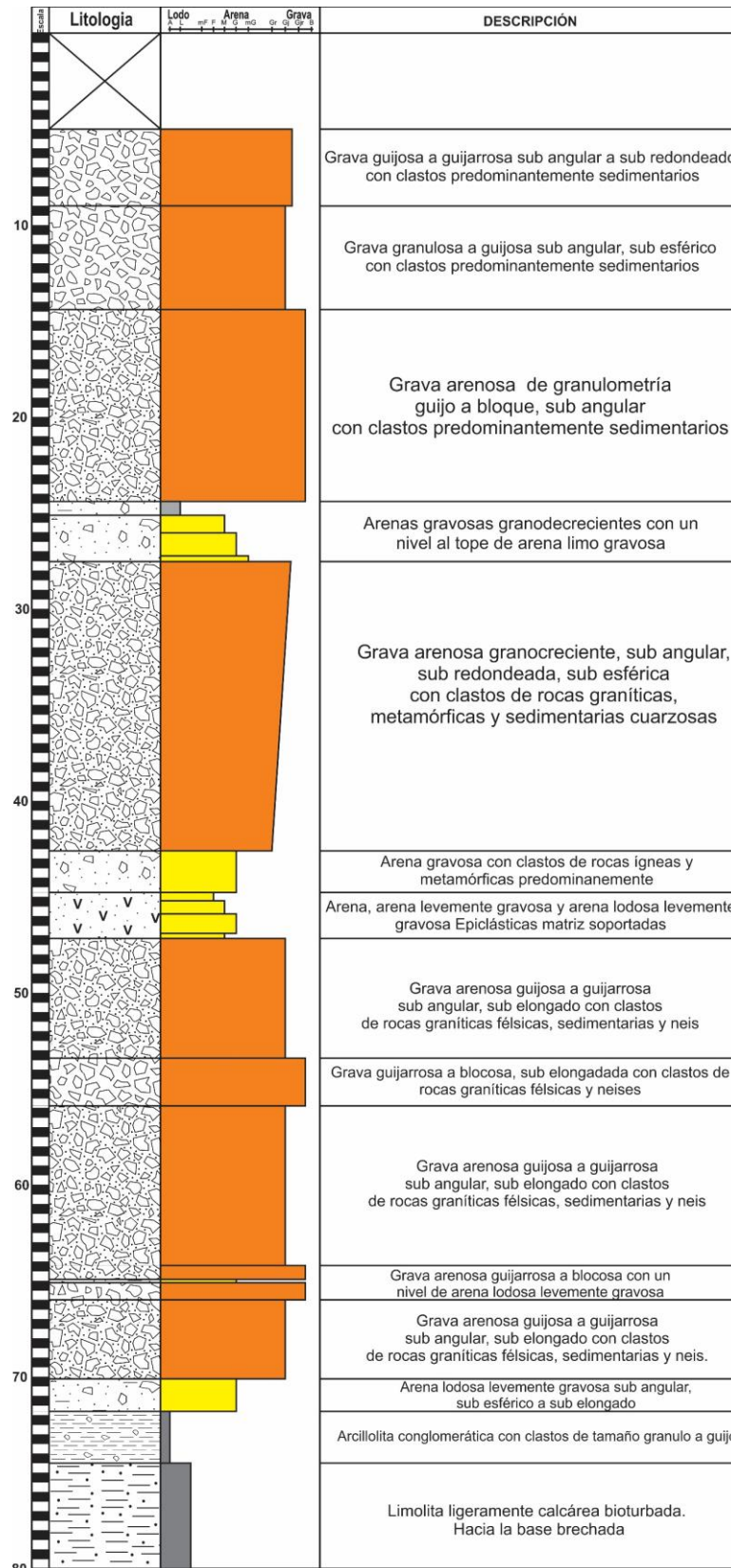


Figura 7. Columna estratigráfica núcleo S3. (Ingeominas, 2001).

6.2 Facies sedimentarias.

En base a las características texturales y composicionales descritas en el logeo de núcleos según Miall (1985) se definieron las facies correspondientes a cada núcleo (*Tabla 3*). En base a las facies descritas y al proyecto guía se precisaron las unidades litológicas para su posterior correlación y de esta manera ubicar estratigráficamente los niveles EC.

Tabla 3

Total de facies descritas

Facies	Descripción
Gb	Grava blocosa de clasto ígneo granítico.
GcbT	Grava guijarrosa a blocosa. Presenta clasto de rocas sedimentarias predominando areniscas cuarzosas.
Ggp	Grava granulosa a guijosa. Presenta clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneos graníticos.
GgpI	Grava granulosa a guijosa. Presenta clastos de rocas sedimentarias, metamórficas y predominantemente ígneos graníticos.
GgpT	Grava granulosa a guijosa. Presenta clastos de rocas sedimentarias predominantemente areniscas cuarzosas.
GpbSI	Grava arenosa de granulometría de guijo a bloque. Presenta clastos de rocas graníticas félsicas y metamórficos foliados.
GpbT	Grava arenosa de granulometría guijo a bloque. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo, metamórficos foliados y predominantemente areniscas cuarzosas.
GpcI	Grava guijosa a guijarrosa. Presenta clastos de rocas metamórficas foliadas, sedimentarias y predominantemente graníticas félsicas.
GpcI	Grava guijosa a guijarrosa. Presenta clastos de rocas metamórficas e ígneos graníticos.
GpcSI	Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro. Presenta clastos sedimentarios, metamórficos y predominantemente ígneos graníticos.
GpcST	Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro. Presenta clastos sedimentarios predominantemente de areniscas cuarzosas.
GpcT	Grava guijosa a guijarrosa. Presenta clasto de rocas sedimentarias predominando areniscas cuarzosas.
GpI	Grava guijosa. Presenta clastos de rocas metamórficas y predominantemente ígneos graníticos.
Sc	Arena gruesa.
ScF(g)	Arena gruesa lodosa levemente gravosa.
ScF(g)E	Arena gruesa lodosa levemente gravosa epiclástica.

Sc(g)Fc	Arena gruesa levemente gravosa de matriz arcillosa.
Sc(g)I	Arena gruesa levemente gravosa de color. Presenta clastos de rocas sedimentarias, graníticas félsicas y metamórficas.
ScGFc	Arena gruesa gravosa de matriz arcillosa.
ScGI	Arena gruesa gravosa. Presenta clastos graníticos félsicos y sedimentarios.
Sf(g)	Arena fina levemente gravosa.
SfFcE	Arena fina epiclástica de matriz arcillosa.
SfFs(g)T	Arena fina limosa levemente gravosa. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.
SfFsGT	Arena fina limosa gravosa. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.
SfGI	Arena fina gravosa. Presenta clastos de rocas metamórficas foliadas y graníticas félsicas.
Smc	Arena media a gruesa.
SmFcE	Arena media epiclástica de matriz arcillosa.
SmF(g)E	Arena media lodosa levemente gravosa epiclástica.
Sm(g)	Arena media levemente gravosa.
Sm(g)Fc	Arena media levemente gravosa de matriz arcillosa.
SmGFc	Arena media gravosa de matriz arcillosa.
SmGT	Arena media gravosa. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.
SvcF(g)	Arena muy gruesa lodosa levemente gravosa.
SvcGFcE	Arena muy gruesa gravosa epiclastica de matriz arcillosa.
Svf	Arena muy fina.
Svff(g)	Arena muy fina a fina ligeramente gravosa.
FcG	Arcilla gravosa.
FS	Limolita arenosa de color gris oscuro.
FsCgP	Limolita conglomerática calcárea de color vinotinto.
FsS(p)	Limolita arenosa ligeramente calcárea de color violeta oscuro.
Cg(p)	Conglomerado ligeramente calcáreo.
CgP	Conglomerado calcáreo.

6.2.1 Facies núcleo S1. En base a la textura y composición de líticos se describieron 19 facies, de las cuales 4 pertenecen al Miembro Órganos Superior (Qbos), 11 al Miembro Órganos Inferior (Qboi), 2 al Miembro Órganos removido (Qbor) y 2 la Formación Bocas? (TRb). (Tabla 4).

GpcST: Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro de color naranja pardo. Presenta clastos sub redondeados de rocas sedimentarias predominantemente de areniscas cuarzosas,

SmGT: Arena media gravosa de color naranja pardo. Presenta clastos sub-redondeados de rocas graníticas félsicas, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.

SfFsGT: Arena fina limosa gravosa de color naranja pardo. Presenta clastos sub-angulares a sub-redondaedos de rocas graníticas félsicas, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.

GpbT: Grava arenosa de granulometría guijo a bloque de color naranja pardo. Presenta clastos sub-angulares de rocas graníticas félsicas, cuarzo, metamórficas foliadas y predominantemente areniscas cuarzosas.

SfFs(g)T: Arena fina limosa ligeramente gravosa de color naranja pardo y tonalidades rojizas. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.

ScGI: Arena gruesa gravosa de color café anaranjado. Presenta clastos graníticos félsicos y sedimentarios.

SvcF(g): Arena muy gruesa lodosa levemente gravosa de color gris claro pardo.

GpcSI: Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro de color gris pardo. Presenta clastos sub-angulares a sub-redondeados de rocas sedimentarias, metamórficas y predominantemente ígneas graníticas.

ScF(g): Arena gruesa lodosa levemente gravosa de color verde grisáceo. Presenta un calibrado bueno y líticos sub-redondeados a su-angulares.

ScGFc: Arena gruesa gravosa de matriz arcillosa de color gris claro. Presenta una mala selección y líticos sub-angulares, sub-esféricos a sub-elongados.

Gpc: Grava guijosa a guijarrosa de color gris. Presenta clastos metamórficos.

Sm(g): Arena media levemente gravosa de matriz arcillosa de color gris claro ligeramente verdoso. Presenta una selección moderada y líticos sub-redondeados a sub-angulares.

Sc(g)I: Arena gruesa ligeramente gravosa de color de color naranja pardo. Presenta clastos de rocas sedimentarias, graníticas félsicas y metamórficas.

SfGI: Arena fina gravosa de color gris pardo. Presenta clastos sub-redondeados, sub-elongados de rocas metamórficas foliadas y graníticas félsicas.

GpbSI: Grava arenosa de granulometría de guijo a bloque de color gris pardo. Presenta clastos de rocas graníticas félsicas y metamórficos foliados.

FsCgP: Limolita conglomerática calcárea de color vinotinto.

Svf: Arenisca muy fina de color gris claro.

SvcGE: Arena muy gruesa gravosa epiclástica matriz soportada de color gris oscuro.

Cg(p): Conglomerado ligeramente calcáreo de color gris oscuro.

Tabla 4
Distribución de facies núcleo S1

Facies	Miembro
GpcST	Órganos
SmGT	Removido
GpcST	
SfFsGT	Órganos Superior
GpbT	
SfFsGT	
SfFs(g)T	
ScGI	
SvcF(g)	
GpcSI	
ScFG(g)	
GpcSI	
ScF(g)	
ScG	
Gpc	Órganos Inferior
Sm(g)	
Gpc	
Sc(g)	
Gpc	
SvcF(g)	
SvcGFcE	
SfGI	
ScF(g)	
GpbSI	
FsCgP	Fm.
Cg(g)	Bocas?

6.2.2 Facies núcleo S2. En base a la textura y composición se describieron 15 facies, de las cuales 6 pertenecen al Miembro Órganos Superior (Qbos), 6 al Miembro Órganos Inferior (Qboi), 1 al Miembro Órganos removido (Qbor) y 2 la Formación Tiburón (TRPt). (Tabla 5)

Sm(g): Arena media ligeramente gravosa de color amarillo pardo.

Svff(g): Arena muy fina a fina ligeramente gravosa de color amarillo pardo.

GpcST: Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro de color naranja pardo. Presenta clastos sub-angulares a sub-redondeados de rocas sedimentarias predominantemente de areniscas cuarzosas.

GpbT: Grava arenosa de granulometría guijo a bloque de color naranja pardo. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo, metamórficos foliados y predominantemente areniscas cuarzosas.

SmGT: Arena media gravosa de color naranja pardo. Presenta clastos graníticos félsicos, cuarzo y predominantemente areniscas cuarzosas.

GpcSI: Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro de color gris pardo. Presenta clastos sedimentarios, metamórficos y predominantemente ígneos graníticos.

Sc(g): Arena gruesa ligeramente gravosa de color de color naranja pardo. Presenta clastos de rocas sedimentarias, graníticas félsicas y metamórficas.

Sc(g)Fc: Arena gruesa levemente gravosa de matriz arcillosa de color gris claro ligeramente verdoso. Presenta una selección moderada y líticos sub-angulares a sub-redondeados, sub-esféricos.

SmGFc: Arena media gravosa de matriz arcillosa de color gris claro verdoso. Presenta mala selección y líticos sub-angulares a sub-redondeados.

GpcI: Grava guijosa a guijarrosa de color gris. Presenta clastos de rocas metamórficas e ígneos graníticos.

SvcF(g): Arena muy gruesa lodosa levemente gravosa de color gris oscuro. Presenta un calibrado moderado y líticos sub-angulares a sub-redondeados.

ScF(g): Arena gruesa lodosa levemente gravosa de color verde grisáceo. Presenta un calibrado moderado y líticos sub-angulares a sub-redondeados, sub esféricos a sub-elongados.

Sf(g): Arena fina ligeramente gravosa de color gris pardo.

GpI: Grava guijosa de color naranja pardo. Presenta clastos de rocas metamórficas y predominantemente ígneas graníticas. Presenta clasto redondeados a sub-redondeados, sub-esféricos a sub-elongados.

GgpI: Grava granulosa a guijosa de color naranja pardo. Presenta clastos de rocas sedimentarias, metamórficas y predominantemente ígneos graníticos.

Sc: Arena gruesa de color naranja pardo.

Smc: Arena media a gruesa de color gris pardo.

Gb: Grava blocosa de clasto ígneo granito de color naranja pardo.

Ggp: Grava granulosa a guijosa de color naranja pardo. Presenta clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneos graníticos. Presenta un calibrado malo y clastos angulares a sub-angulares, sub-esféricos.

FS: Limolita arenosa de color gris oscuro. Presenta líticos sub-redondeados a sub-angulares.

CgP: Conglomerado calcáreo de color gris oscuro.

Tabla 5
Distribución de facies núcleo S2

Facies	Miembro
GpcST	Removido
Sm(g)	
Svff(g)	
GpcST	
SmGT	
Sm(g)	Superior
GpcST	
Sc(g)	
SmGT	
Sc(g)Fc	
SmGFc	
GpcI	
SvcF(g)	
GpcI	
SvcF(g)	
GpcI	
ScF(g)	
Sf(g)	
Sm(g)	
GpcI	
SvcF(g)	
GpcSI	
SvcF(g)	
GpI	
GgpI	Inferior
GpcI	
Sc	
GpcSI	
SvcF(g)	
Smc	
ScF(g)	
Smc	
GpcI	
SvcF(g)	
Gb	
SvcF(g)	
GpcI	
SvcF(g)	
GpcI	
SvcF(g)	

GpcI	
Sc(g)	
GgpI	
FS	Fm.
CgP	Tiburón

6.2.3 Facies núcleo S3. En base a la textura y composición de líticos se describieron 13 facies, de las cuales 2 pertenecen al Miembro Órganos Superior (Qbos), 7 al Miembro Órganos Inferior (Qboi), 2 al Miembro Órganos removido (Qbor) y 2 la Formación Tiburón?-Bocas?. (Tabla 6).

GpcT: Grava guijosa a guijarrosa de color naranja pardo. Presenta clasto sub-angulares a sub-redondeados de rocas sedimentarias predominando areniscas cuarzosas.

GgpT: Grava granulosa a guijosa de color amarillo pardo. Presenta clastos sub-angular, sub esférico de rocas sedimentarias predominantemente areniscas cuarzosas.

GpbT: Grava arenosa de granulometría guijo a bloque de color naranja pardo. Presenta clastos sub-angulares de rocas graníticas félsicas, cuarzo, metamórficas foliadas y predominantemente areniscas cuarzosas.

ScGI: Arena gruesa gravosa de color café anaranjado. Presenta clastos de rocas graníticas félsicas y sedimentarias.

SfFcE: Arena fina epiclástica matriz soportada de color verde oscuro. Presenta un calibrado muy bueno y líticos sub-angulares a sub-redondeados.

SmF(g)E: Arena media lodosa levemente gravosa epiclástica matriz soportada de color negro. Presenta un calibrado bueno y líticos sub-angulares a sub-redondeados, sub-esféricos.

ScG(s)E: Arena gruesa levemente gravosa epiclástica matriz soportada de color negro. Presenta un calibrado malo y líticos Sub-angulares a sub-redondeados, sub-esféricos.

SmFcE: Arena media epiclástica matriz soportada de color gris claro. Presenta un calibrado muy bueno y líticos angulares a sub-angulares, sub-esféricos.

GpcSI: Grava arenosa de granulometría guijo a guijarro de color gris. Presenta un calibrado malo y clastos sub-angulares, sub-elongados de rocas sedimentarias, metamórficas y predominantemente ígneas graníticas.

GcbI: Grava guijarrosa a blocosa de color gris. Presenta clastos sub-elongados de rocas metamórficas e ígneos graníticos.

ScF(g): Arena gruesa levemente gravosa de color verde grisáceo. Presenta un calibrado bueno y líticos sub-angulares, sub-esféricos.

FG: Arcillolita gravosa de color gris anaranjado claro. Presenta líticos sub-elongados.

FS(p): Limolita arenosa ligeramente calcárea de color violeta oscuro.

Tabla 6
Distribución de facies núcleo S3

Facies	Miembro
GpcT	Removido
GgpT	
GpbT	Superior
ScGI	
SfFcE	Inferior
SmF(g)E	
ScF(g)E	
SmFcE	
GpcSI	
GcbI	

GpcSI	
GcbI	
ScF(g)	
GcbI	
GpcSI	
ScF(g)	
FcG	Fm. Tiburón?
FS(p)	Bocas?

6.3 Petrografía

Mediante el logeo de núcleos y la determinación y descripción de facies se determinaron los potenciales niveles epiclásticos según sus características macroscópicas. Se realizaron 9 secciones delgadas en total para determinar su verdadera naturaleza y precisar su clasificación textural y modal. Siguiendo el método estadístico de conteo de puntos para la determinación de porcentajes Gazzi-Dickinson (Ingersoll *et al.*, 1984) se clasificaron las muestras, haciendo uso de las clasificaciones de Folk, 1974 (*Figura 27 y 28*) y Schmid, 1981 (*Figura 26*) conjuntamente, según su naturaleza observada al microscopio. (*Apéndice G*)

Cabe aclarar que el término epiclástico utilizado en los niveles volcanoclásticos hace referencia a depósitos cuyo porcentaje de fragmentos piroclásticos se encuentra entre el 0% y 25% del volumen total según Schmid (1981). Posteriormente Vincent, (2000) para dar énfasis en el contenido volcánico que presentan dichos depósitos. Sin embargo, en este trabajo se toma la nomenclatura establecida por Schmid (1981).

Del total de 9 secciones se obtuvo 5 muestras epiclásticas y 4 sedimentarias expuestas a continuación.

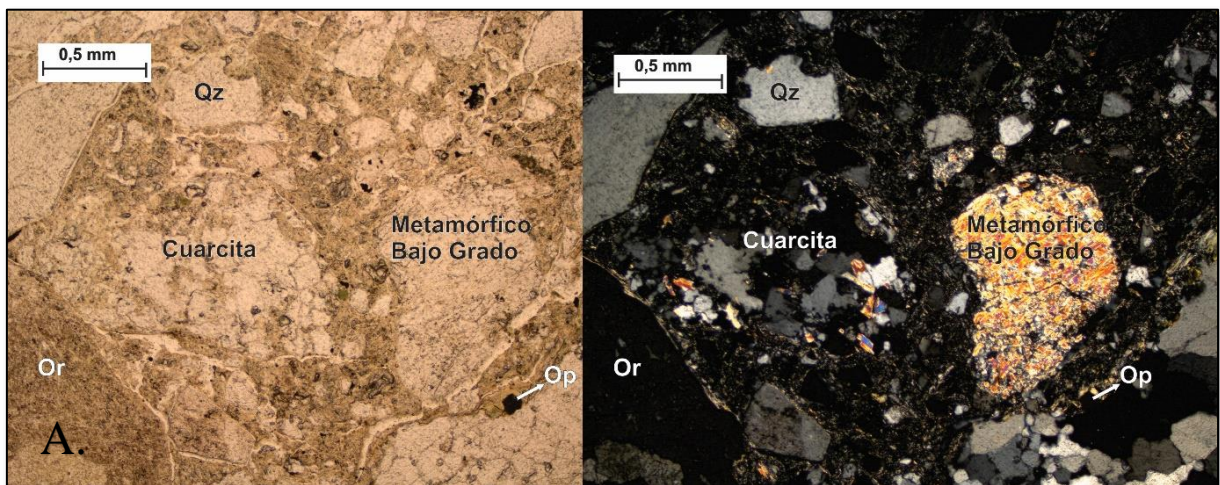
6.3.1 Descripciones petrográficas

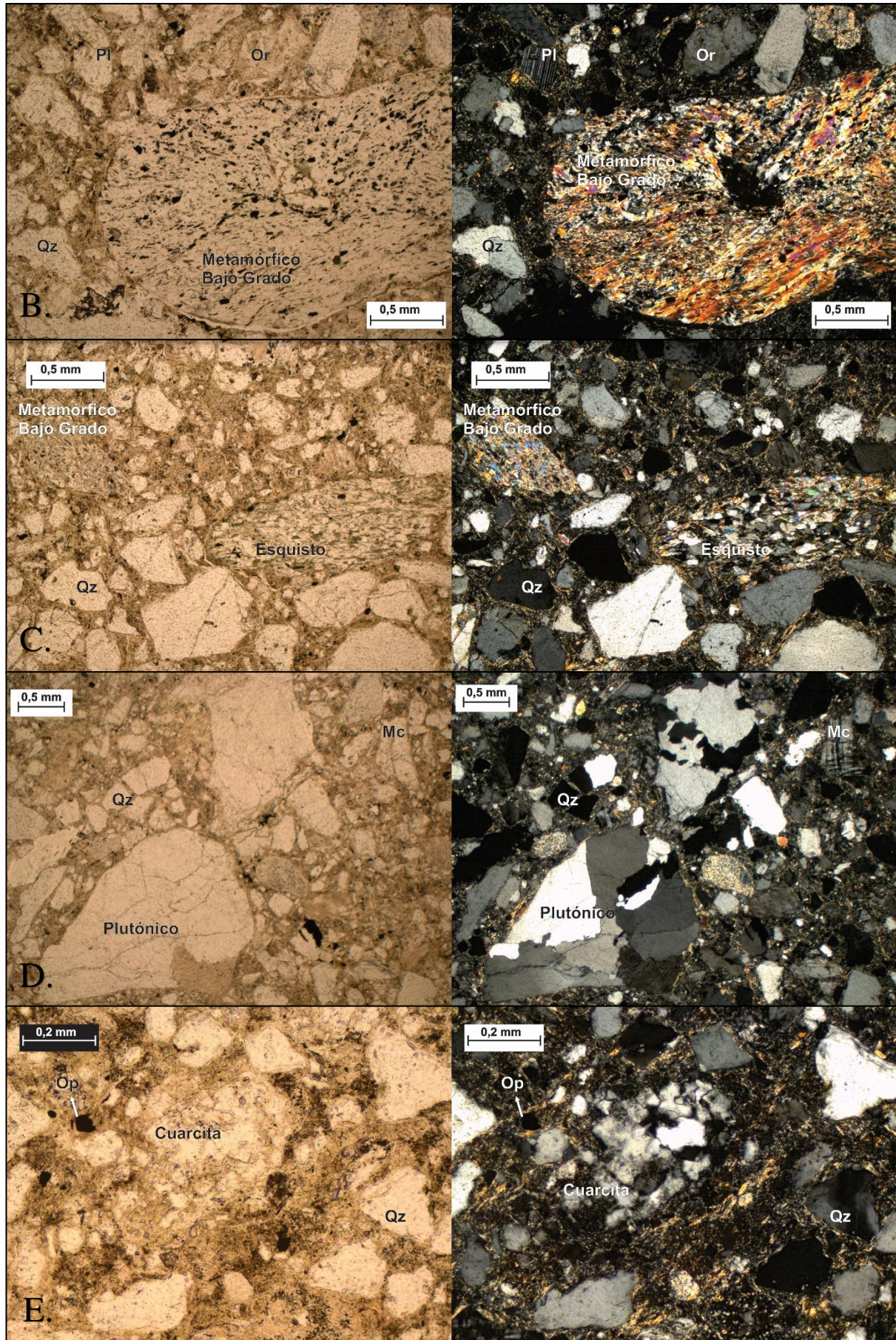
6.3.1.1 Sección S1-76,75m



Figura 8. Muestra de mano S1 76,75.

Macroscópicamente la muestra es de color gris claro, con matriz afanítica, estructura masiva, con un grado de meteorización bajo; se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs), sericita (Ser) y fragmentos líticos (Fr).





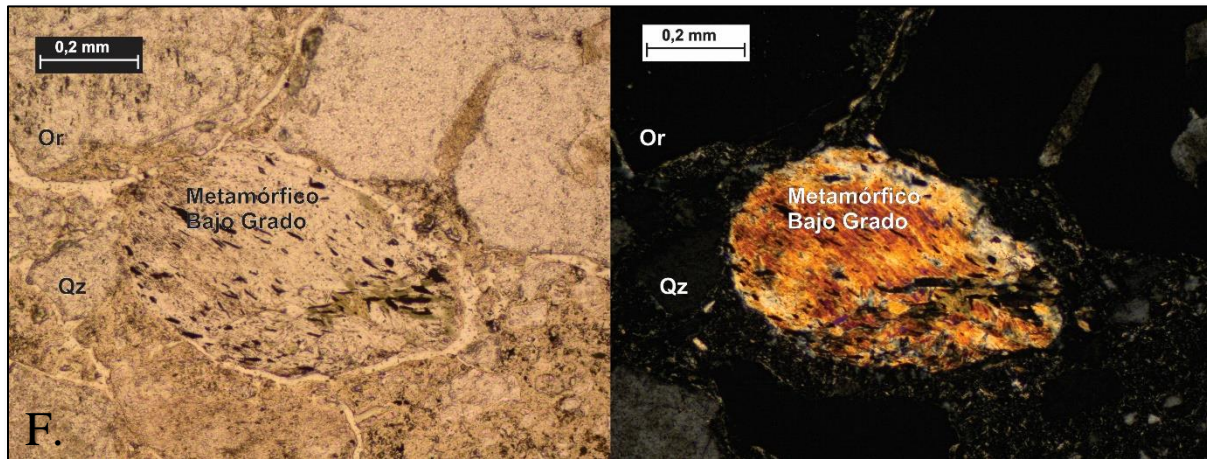


Figura 9. Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 76,75. A) Fragmento de roca (Fr) metamórfica de bajo grado. Fragmento de cuarcita. Cristal de ortoclasa alterando a caolín. Cristal de cuarzo (Qz). B) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristal de plagioclasa (Pl) con macla polisintética. Cristal de ortoclasa (Or) con leve alteración a caolín. Cristal de cuarzo (Qz). C) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Fragmento de esquisto. Cristal de cuarzo con inclusión de biotita. D) Fragmento de roca plutónica. Cristales de cuarzo. Cristal de microclina (Mc). E) Fragmento de cuarcita. Cristal de cuarzo ondulante. Cristal de mineral opaco. F) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristal de cuarzo. Cristales de ortoclasa con leve alteración a caolín.

Microscópicamente la muestra presenta una selección mala. Se compone de un 38% de matriz, 49% de cristales y 13% de fragmentos líticos (Fr); donde los cristales corresponden a cuarzo (Qz), sericita (Ser), ortoclasa (Or), clorita (Chl), biotita (bt) y los fragmentos líticos (Fr) a rocas plutónicas y metamórficas.

La matriz (38%) es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (31,3%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (6,7%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (33,7%) es euédral a anédral con una predominancia de cristales subhedrales, tamaño oscilante entre 1,56mm-0,028mm con un tamaño promedio de 0,438mm, extinción ondulante y recta abundantemente, angular a subangular, ocasionalmente con microfracturas intergranulares, además un cristal con inclusiones de biotita (Bt) y unos pocos cuarz

policristalinos. La ortoclasa (1,3%) es subhedral a andedral, con un tamaño entre 2,94mm-0,14mm con un tamaño promedio de 0,789mm, con forma subredondeada a subangular, considerablemente se halla alterada a sericita (Ser) y caolín. La microclina (Mc) (0,7%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,641mm, de forma subangular a subredondeado, alterada esporádicamente a sericita (Ser). La plagioclasa (Pl) (1%) es subhedral a anhedral, de un tamaño promedio de 0,408mm, con macla polisintética, subangular a subredondeado. La biotita (Bt) (0,3%) es anhedral, tamaño 0,665mm, dispuesta sin una dirección preferencial y se encuentra alterando a clorita (Chl). Zircón (Zrn) (0,3%) subhedral, con un tamaño de 0,123mm, subredondeado. Óxidos (0,3%) son subhedral a anhedral, tamaño 0,38mm elongado, con un color rojizo. Opacos (0,3%) son anhedral, tamaño de 0,285mm, redondeados.

Los fragmentos líticos de rocas plutónicas (7,4%) son subangulares a subredondeados, subelongados a subesféricos, textura equigranular, de tamaño entre 5,7mm-0,31mm con un tamaño predominante de 3,136mm, principalmente de composición granítica, esporádicamente con alteración a sericita (Ser). Líticos de rocas metamórficas (5,3%), son subredondeados a redondeados, elongados a subelongados, de tamaño entre 4,08mm-0,33mm con un tamaño promedio de 2,226 mm, compuestos de cuarzo ondulantes con bordes suturados, moscovita (Ms), feldespatos con alteración a sericita (Ser); se presentan foliados como esquistos y no foliados como cuarcitas.

En base a lo anteriormente descrito, y según la clasificación de Folk, 1974, la muestra S1 76,75 se clasifica texturalmente como **“arena gravosa de matriz arcillosa”** y composicionalmente como **“arena lítica feldespática”**.

6.3.1.2 Sección S2-65,96m

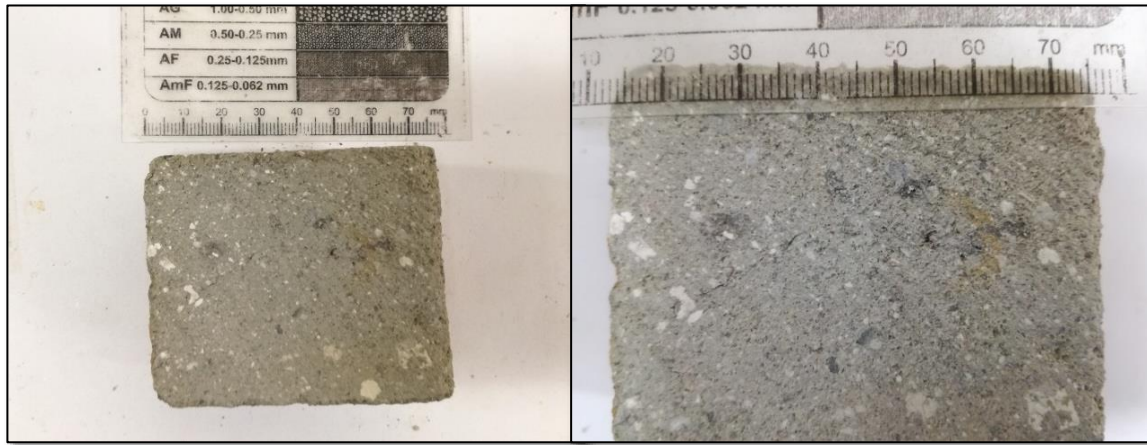
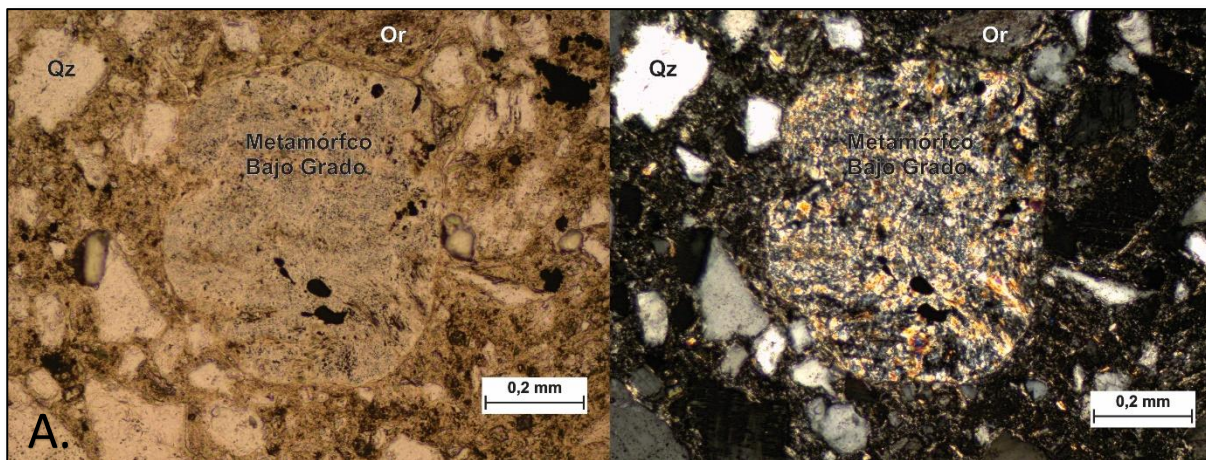


Figura 10. Muestra de mano S2 65,96.

A nivel macroscópico la muestra tiene color gris claro ligeramente verdoso, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).



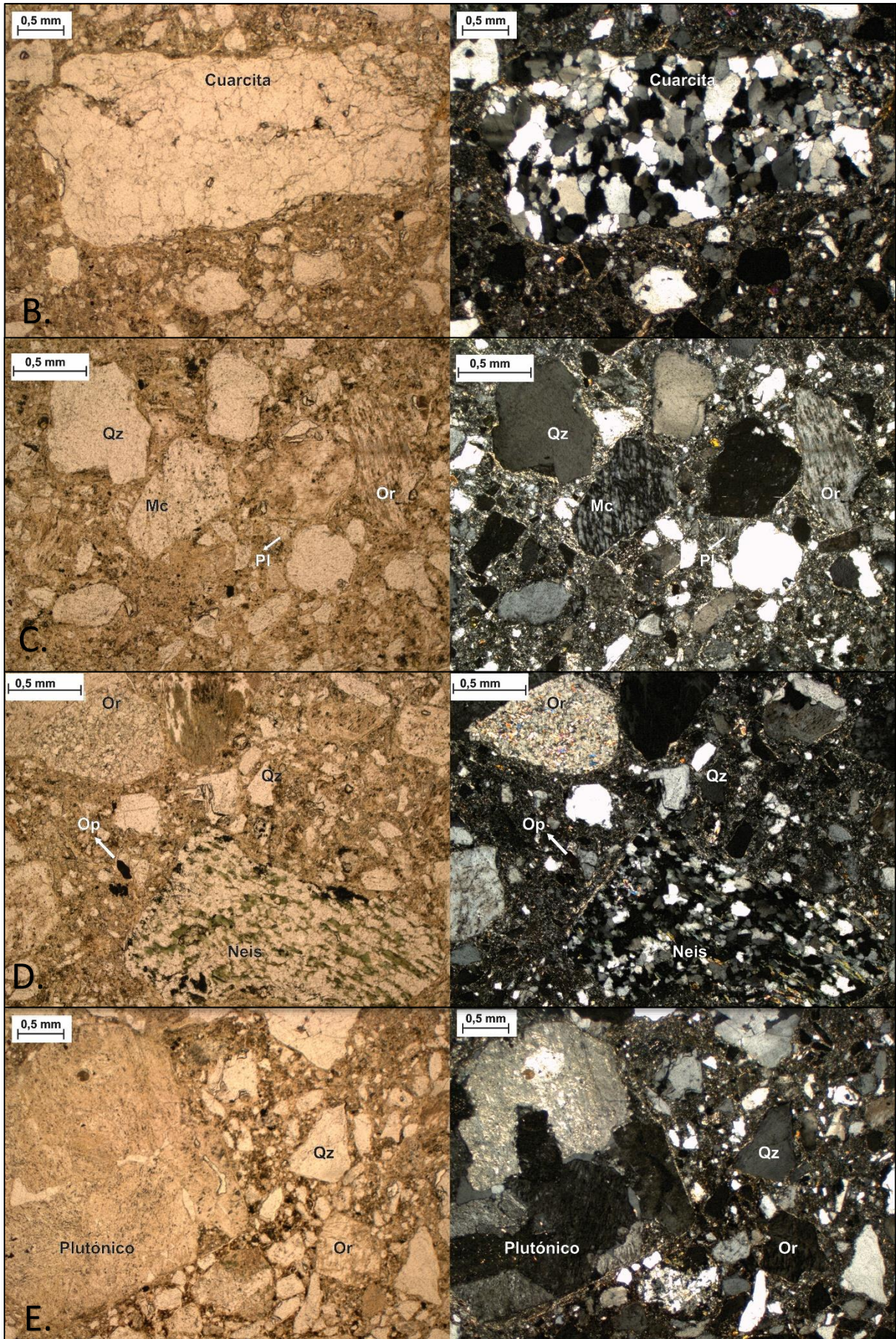


Figura 11. Microfotografías en nicoles paralelos y cruzados de la sección S2 65,96. A) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristales de cuarzo. Cristal de ortoclasa alterando a caolín. B) Fragmento de cuarcita. Cristales de cuarzo (Qz) y ortoclasa (Or). C) Cristal de microclina (Mc). Cristal de ortoclasa (Mc). Cristal de plagioclasa (Pl) con macla polisintética. Cristal de cuarzo (Qz). D) Fragmento de neis. Cristal de mineral opaco. Cristal de cuarzo (Qz). Cristal de ortoclasa alterando parcialmente a sericita (Ser). E) Fragmento de roca plutónica. Cristal de cuarzo con fracturas intergranulares. Cristal de ortoclasa (Or).

En su nivel microscópico la sección presenta una selección moderada. Compuesta por un 42% de matriz 44% de cristales y 14% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo, plagioclasa (Pl), ortoclasa (Or), microclina (Mc), moscovita (Ms), epidota (Ep) y los fragmentos líticos (Fr) a rocas plutónicas y metamórficas

La matriz que representa el 42% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (25%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (17%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (25,4%) es anhedral a subhedral con mayoría en cristales anhedrales y muy escasamente euhedrales, con un tamaño que varía entre 1,9mm-0,038mm con un promedio de 0,475mm, extinción ondulante y recta prioritariamente, subangular a subredondeado, ocasionalmente con microfracturas intergranulares, con algunas inclusiones de biotita (Bt) y epidota (Ep) en el cuarzo (Qz), con esporádico embabiamiento y cuarzo (Qz) policristalino. La plagioclasa (Pl) (1,6%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,171mm, angular, posee macla polisintética. La ortoclasa (Or) (15,4%) es anhedral a subhedral, con un tamaño que varía entre 4,56mm-0,123mm con predominancia en 0,766mm, con forma subangular a subredondeada con alteración a sericita (Ser) y caolín. La microclina (Mc) (0,6%) es subhedral, con un tamaño de 0,57, forma subredondeado a subangular, con leve alteración a sericita (Ser). La moscovita (Ms) (0,4%) es anhedral, hábito tabular y con un tamaño de 0,19mm, con un

ordenamiento aleatorio de los cristales. La epidota (Ep) (0,6%) es anhedral a subhedral, presenta un tamaño de 0,123mm, se encuentra fracturada.

Los líticos metamórficos (3,3%) corresponden a cuarcitas, neises y de bajo grado y presentan un tamaño promedio de 1,106mm. Las cuarcitas (1,3%) son redondeadas a subredondeadas, elongadas a subelongadas, con un tamaño de 1,629mm, con estructura masiva. El neis (0,3%) es subredondeado, elongado, de tamaño 1,85mm, compuesto de cuarzo (Qz), clorita (Chl) y muscovita (Ms). Los líticos metamórficos de bajo grado (1,7%) son subesféricos a subelongado, subredondeado a subangular, con tamaño entre 1,425mm-0,285mm con un promedio de 0,633mm, compuestos de cuarzo (Qz), moscovita (Ms) y feldespato alterando a sericita. Los fragmentos líticos de rocas plutónicas (10,7%) son subangulares a subredondeados, subesféricos a elongados, con tamaño entre 2,85mm-0,285mm con un tamaño promedio de 1,346mm, principalmente de composición granítica, ocasionalmente con alteración a sericita (Ser).

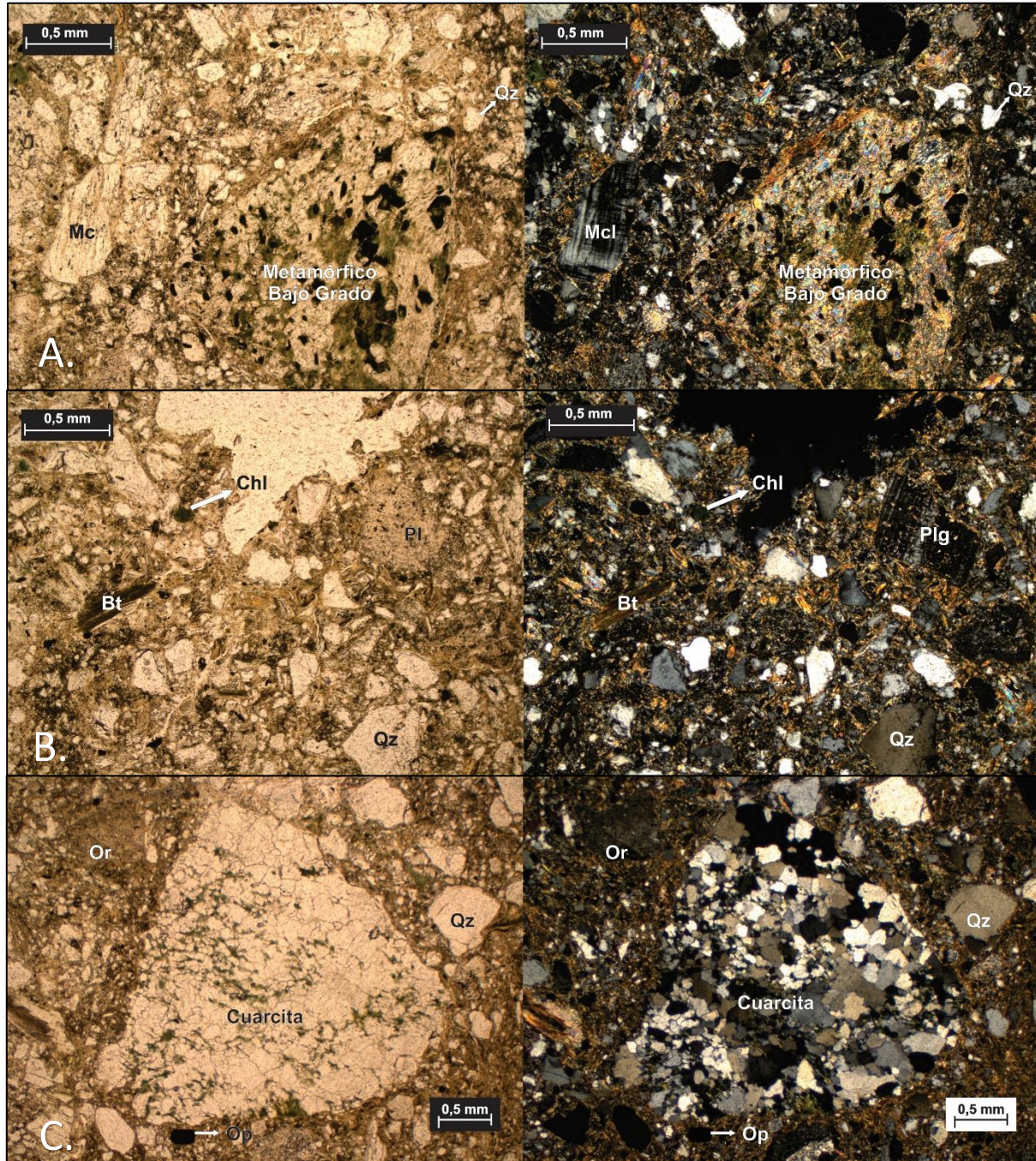
En base a lo anteriormente mencionado, y a la clasificación de Folk, 1974, la muestra S2 65,96 se clasificó como “**Arena levemente gravosa de matriz arcillosa, Arcosa lítica**”.

6.3.1.3 Sección S1-77,97m



Figura 12. Muestra de mano S1 77,97.

Macroscópicamente la muestra tiene color gris claro ligeramente verdoso, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs), sericita (Ser) y fragmentos líticos.



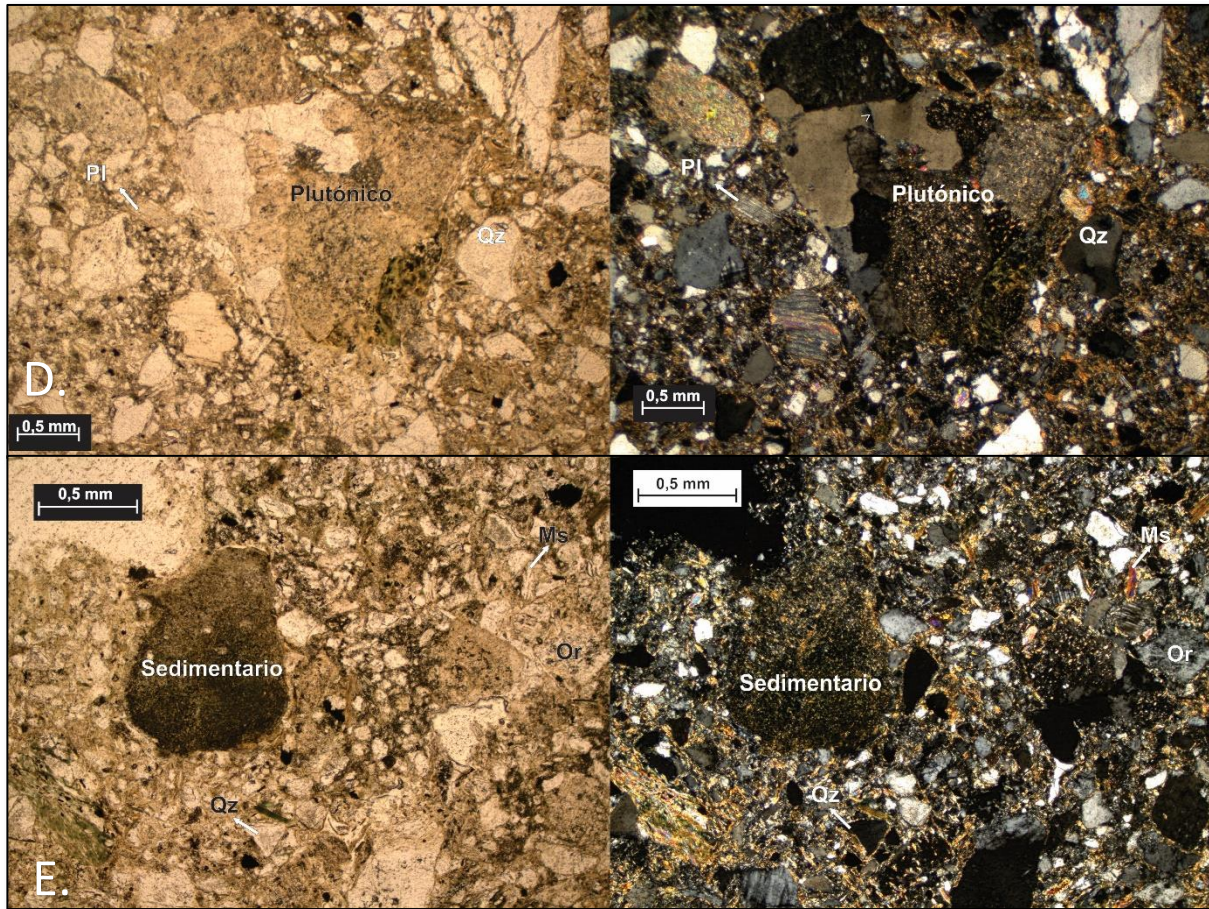


Figura 13. Microfotografía en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 77,97. A) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristal de microclina (Mc). B) Cristal de cuarzo ondulante. Cristal de plagioclasa con macla polisintética. Cristal de clorita (Chl). Cristal de biotita (Bt). C) Fragmento de cuarcita. Cristal de cuarzo con fractura intergranular. Cristal de ortosa (Or) alterando a caolín. Cristal de mineral opaco. D) Fragmento de roca plutónica. Cristal de cuarzo ondulante. Cristal de plagioclasa (Pl) con macla polisintética. E) Fragmento de lodolita. Cristales de cuarzo (Qz) y ortoclasa (Or).

Microscópicamente la muestra presenta selección moderada. Se compone de un 33% de matriz, 52% de cristales y 15% de fragmentos líticos; donde los cristales corresponden a cuarzo (Qz), ortoclasa (Or), plagioclasa (Pl), microclina (Mc), biotita (Bt), moscovita (Ms), epidota (Ep), clorita (Chl), óxidos, opacos y los fragmentos líticos (Fr) con afinidad a rocas plutónicas, metamórficas y sedimentarias.

La matriz que representa el 33% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presenta de color café, isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden.

El cuarzo (28,9%) es anhedral a subhedral, de tamaño que varía entre 3,135mm-0,0285mm con un tamaño promedio de 0,41mm, extinción ondulante y recta, subangular a subredondeado, con microfracturas intergranulares, ocasionalmente con inclusiones de moscovita, con presencia de cuarzo (Qz) policristalino y esporádico desarrollo de subgranos. La ortoclasa (Or) (15,1%) es anhedral a subhedral, con un tamaño entre 1,37mm-0,0285mm predominando entre 0,44mm subredondeada a subangular, muy rara vez macla simple, con alteración a sericita (Ser) y caolín. La plagioclasa (Pl) (3,1%) se presenta mayoritariamente anhedral y escasamente subhedral, con un tamaño promedio 0,237mm, subangular, presencia de macla polisintética específicamente de albita y periclina. La microclina (Mc) (0,4%) es anhedral, de tamaño de 1,33mm, subredondeado a subangular, alterando a sericita. La biotita (Bt) (1,1%) es subhedral, con tamaño 0,332mm, ordenada sin una dirección preferencial, con evidencia de deformación plástica. La clorita (Chl) (0,4%) es subhedral, con un tamaño de 0,38mm. La muscovita (Ms) (2,8%) es subhedral, de tamaño 0,549 mm, ordenada de una manera aleatoria, se encuentra alargada y deformada. La epidota (Ep) (0,8%) es anhedral a subhedral, de tamaño 0,43mm, subredondeada y presencia de fracturas. Los óxidos (0,4%) son anhedrales, con un tamaño de 0,285mm, subangular. Presencia ocasional de opacos.

Los líticos plutónicos (6%) son subangulares a redondeados, subesféricos a subelongados, de tamaño entre 2,47mm-0,332mm con un tamaño promedio de 1,153mm, de composición granítica. Los líticos metamórficos (8%) corresponden a cuarcitas y de bajo grado con un tamaño promedio de 1,36mm. Las cuarcitas (1,7%) son elongadas, subredondeadas, con un tamaño de 3,42mm, con

estructura masiva. Los líticas metamórficos de bajo grado (6,3%) son subesfericos a subelongados, subredondeados, con tamaño entre 1,805mm-0,209mm con un promedio de 0,896mm, compuestos de cuarzo (Qz), muscovita (Ms), clorita (Chl) y feldespato (Fs) alterando a sericita (Ser). Los líticas sedimentarias (1%) son subesféricos, redondeados, con tamaño promedio de 0,696mm, correspondientes a lodolitas.

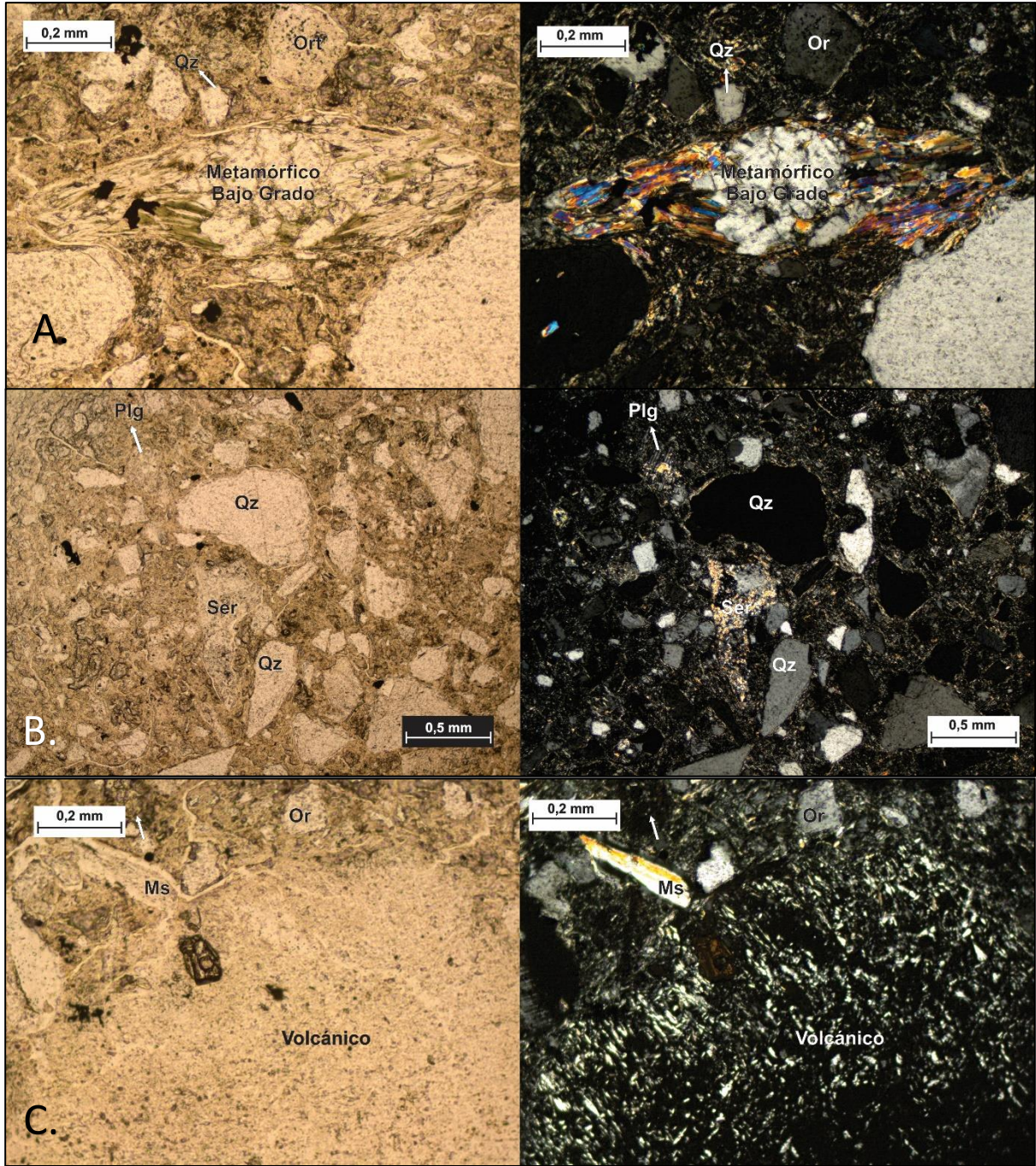
Según lo anteriormente descrito, en base a la clasificación de Folk,1974, la muestra S1 77,97 se clasifica como “**Arena ligeramente gravosa de matriz arcillosa, Arcosa lítica**”.

6.3.1.4 Sección S2-66,30m



Figura 14. Muestra de mano S2 66,30.

A nivel macroscópico la muestra tiene color gris claro ligeramente verdoso, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs) y fragmentos líticas (Fr).



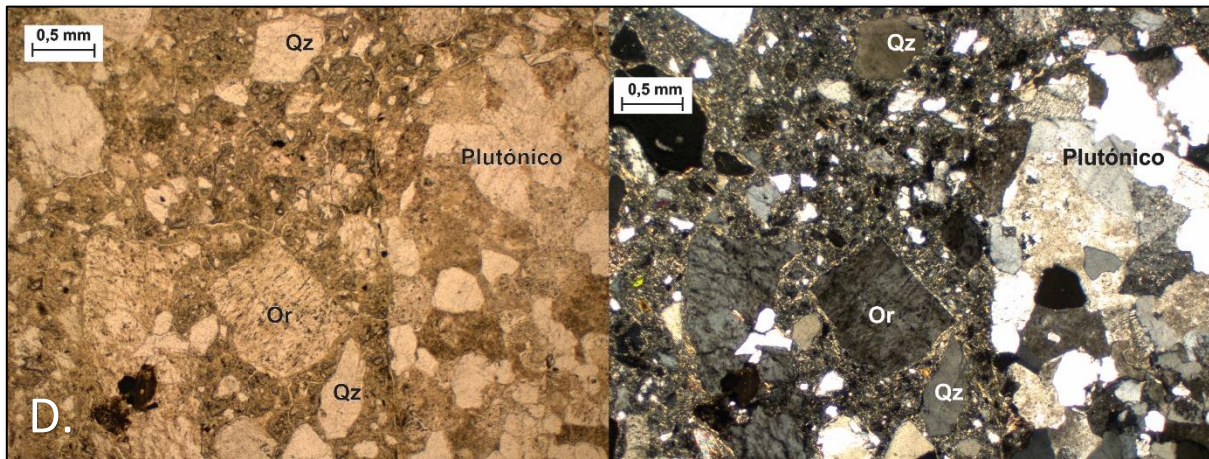


Figura 15. Microfotografías en nicoles paralelos y cruzados de la sección S2 66,30. A) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristales de cuarzo (Qz) y ortoclase (Or). B) Cristal de ortoclase alterando a sericita (Ser). Cristales de cuarzo (Qz). Cristal de plagioclasa con macla polisintética alterando levemente a sericita (Ser). C) Fragmento de roca volcánica. Cristal de muscovita. Cristal de ortoclase (Or). D) Fragmento de roca plutónica. Cristal de ortosa (Or). Cristales de cuarzo (Qz).

En nivel microscópico la muestra presenta una selección muy mala. Se compone de un 43% de matriz, 36% de cristales y 21% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo (Qz), ortoclase (Or), plagioclasa (Pl), opacos, óxidos, con mínima proporción de epidota (Ep) y los fragmentos líticos (Fr) de rocas plutónicas, metamórficas y muy escasamente volcánicos.

La matriz que representa el 43% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (24%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (19%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (19,7%) es anhedral a subhedral, con un tamaño que varía entre 1,57mm-0,038mm con un tamaño promedio de 0,479mm, extinción ondulante y recta, subangular a subredondeado, leve presencia de microfracturas intergranulares, con inclusiones de moscovita (Ms), esporádico desarrollo de subgranos y embahiamiento. La ortoclase (Or) (14,4%) es

anhedral a subhedral, de tamaño entre 2,28mm-0,171mm con un promedio de 0,716mm, subangular, con alteración a sericita (Ser) y caolín. La plagioclasa (Pl) (1,6%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,154mm, subangular, con presencia de macla polisintética específicamente de albita y periclina. Los óxidos (0,3%) son anhedrales, subangulares, con un tamaño de 0,619mm. Presencia ocasional de opacos.

Los fragmentos líticos metamórficos (1,9%) corresponden a cuarcitas y de bajo grado. La cuarcita (0,3%) es elongada a subelongada, redondeada a subredondeada, con un tamaño entre 4,27mm-0,991mm con un tamaño promedio de 3,61mm, con estructura masiva. Los líticos metamórficos de bajo grado (1,6%) son subelongados, subangulares, con tamaño 0,617mm, compuestos de cuarzo, muscovita, clorita y feldespato alterando a sericita. Los líticos plutónicos (18,5%) son angulares a subredondeados, subesféricos a subelongados, de tamaño entre 13,59mm-0,22mm con un tamaño promedio de 7,69mm, de composición granítica. Lítico volcánico (0,6%) es subredondeado, subesférico, matriz afanítica con cristales de biotita y feldespato, con un tamaño promedio de 0,693mm.

En base a lo anteriormente descrito y según la clasificación de Folk, 1974 la muestra S2 66,30 se clasifica texturalmente como **“arena gravosa de matriz arcillosa”** y composicionalmente como **“arena lítica feldespática”**.

6.3.1.5 Sección S3-45,63m

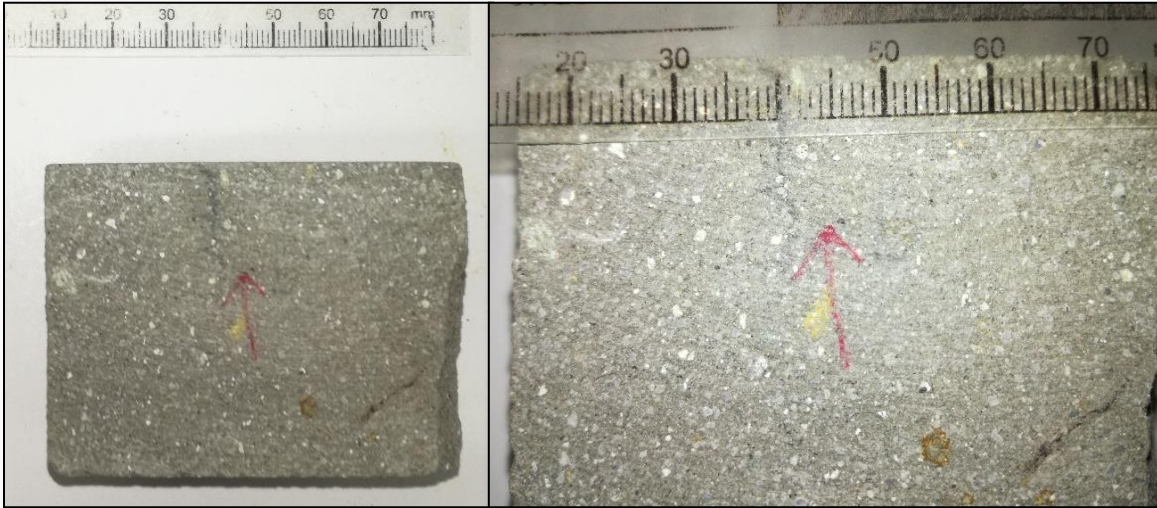
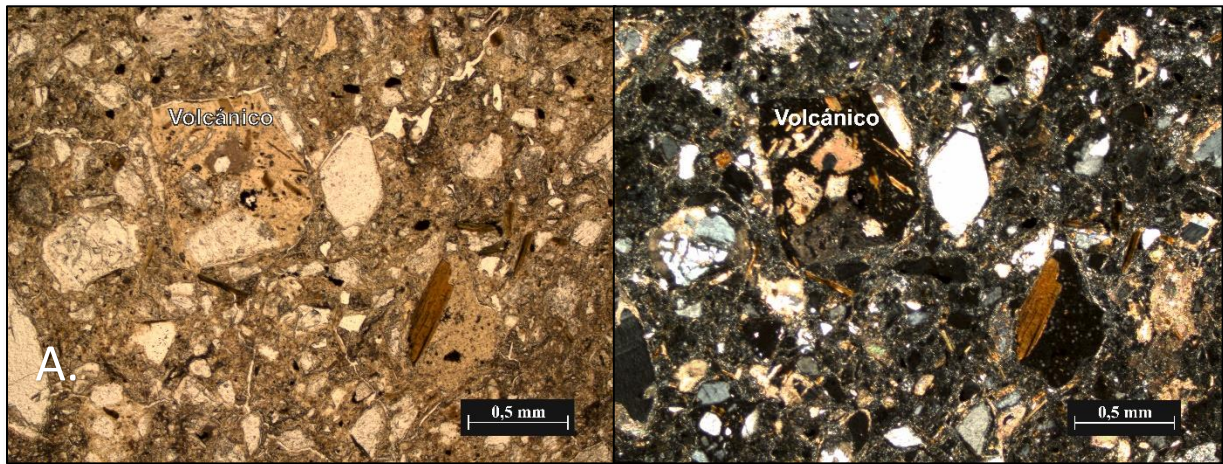
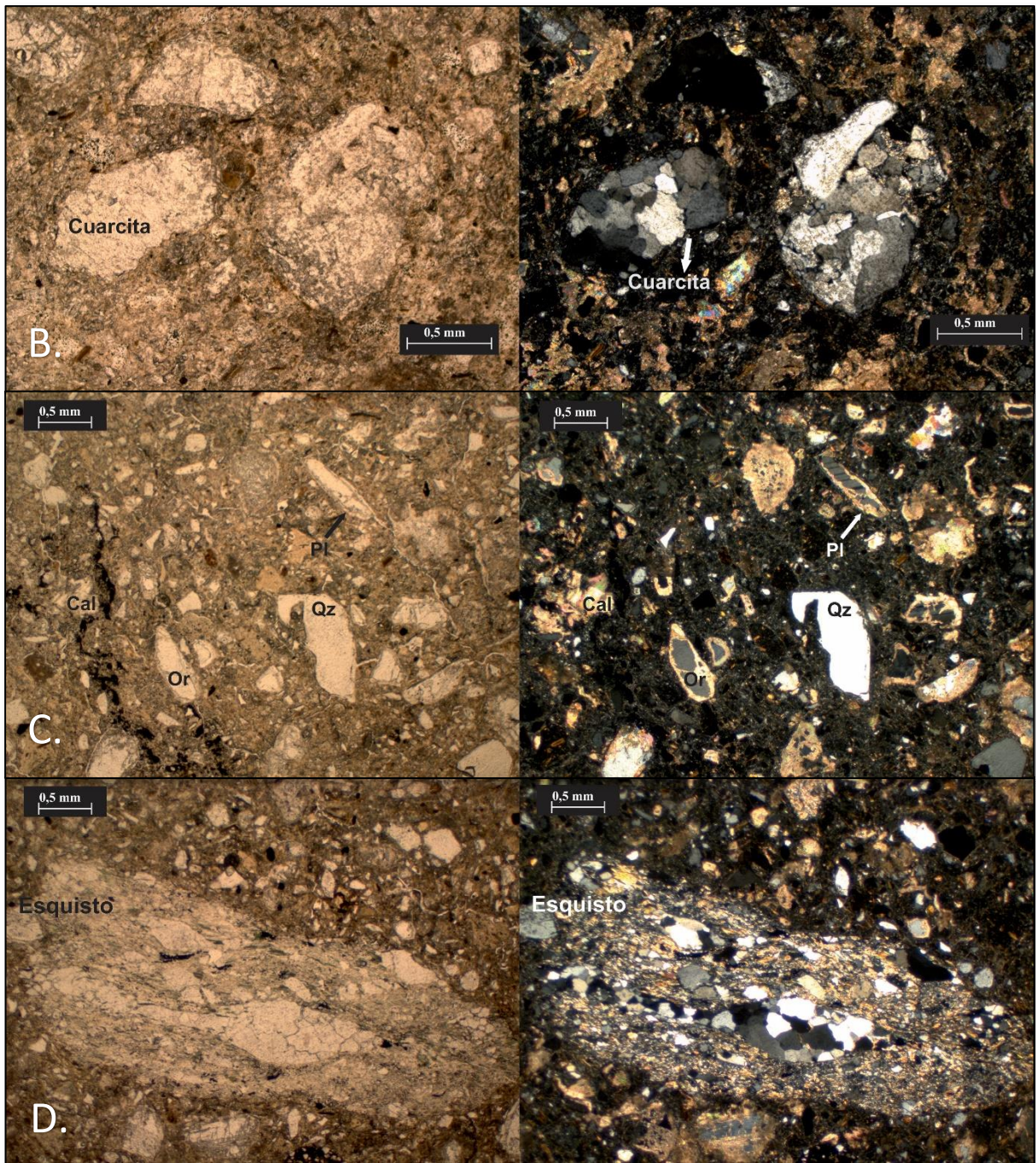


Figura 16. Muestra de mano S3 45,63.

Macroscópicamente la muestra tiene color gris oscuro, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).





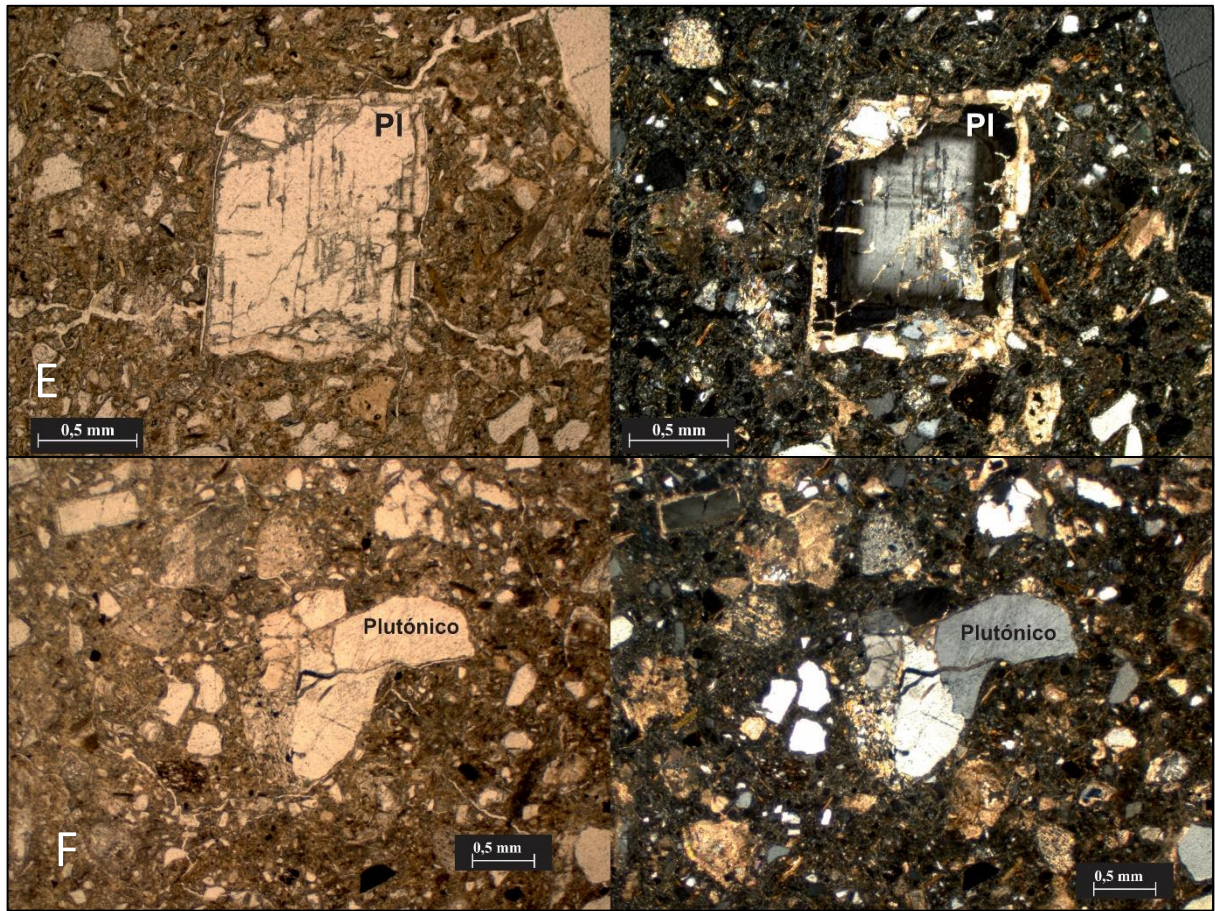


Figura 17. Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 45,63. A) Fragmento de roca volcánica coherente. B) Fragmento de cuarcita. Cristal de ortoclasa alterando a calcita. C) Fragmento de esquisto. Cristales de cuarzo. Cristales de ortoclasa y plagioclasa alterando a calcita. D) Cristal de cuarzo. Cristal de plagioclasa con macla polisintética alterando a calcita. Cristales de (Or) ortoclasa alterando a calcita (Cal). E) Cristal de plagioclasa zonada alterando a calcita. Cristales de cuarzo (Qz). F) Fragmento de roca plutónica. Cristales de cuarzo (Qz). Cristales de feldespatos alterando a calcita.

Microscópicamente la muestra presenta una selección buena. Se compone de un 54,9% de matriz, 36,27% de cristales y 8,86% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, opacos, biotita, calcita, glauconita y los fragmentos líticos a rocas plutónicas, metamórficas y volcánicas.

La matriz que representa el 54,9% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (14,67%), isótropa con trazas de alteración de un color

de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (16,67%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (9,8%) es anhedral a subhedral, de tamaño que varía entre 0,04mm a 0,66mm con un tamaño promedio de 0,17 mm, extinción recta y muy escasa ondulante, angular a subangular, con muy baja presencia de embahiamiento. El feldespato potásico (Kfs) (18,02%) es subhedral y ligeramente anhedral, de tamaño entre 0,06 mm a 1,5 mm con un tamaño promedio de 0,41mm, subangular a subredondeado, presencia de microfracturas intergranulares, con abundante alteración a calcita. La plagioclasa (Pl) (11,71%) es anhedral a subhedral, de tamaño entre 0,2mm y 2,12mm y con un tamaño promedio de 0,67mm, subangular a subredondeado, presencia de macla polisintética específicamente de albita y periclina, con abundante alteración a calcita. La calcita (9,15%) es anhedral, se presenta como un sobrecrecimiento mineral amorfo con esporádicas inclusiones de biotita y feldespato. La biotita (4,50%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,08mm, se dispone sin una dirección preferencial. Los opacos (4,50%) son subhedrales, subredondeados, con un tamaño promedio de 0,076mm. La glauconita (1,81%) es anhedral, subredondeada, con un tamaño promedio de 0,071mm.

Los fragmentos líticos de rocas metamórficas (2,62%) corresponden a esquistos y de bajo grado. El esquisto (1,96%) es subredondeado, subesférico a elongado, con un tamaño promedio de 1,24mm, compuesto de cuarzo con bordes suturados, plagioclasa, biotita, moscovita. Los líticos de rocas de bajo grado (0,66%) son subesféricos, subredondeados, con un tamaño promedio de 0,38mm, compuesto de cuarzo, moscovita, feldespato con abundante alteración a sericita. Los líticos plutónicos (0,66%) son subangulares, subelongados, con un tamaño promedio de 1,36mm, compuesto de cuarzo y feldespato con alteración a sericita. Los líticos volcánicos (7,58%) son subelongados a subesféricos con escasos esféricos, angulares a subangulares con pocos

subredondeados, con un tamaño de 0,10mm a 1,5mm y tamaño promedio de 0,54mm, compuestos por una matriz afanítica vítrea con cristales de biotita, cuarzo y feldespato alterado a calcita con una textura porfirítica.

Según lo anteriormente descrito y las clasificaciones de Folk (1974) y Schmid (1981), la muestra S3 45,63 se clasifica texturalmente como **“arena lodosa levemente gravosa epiclástica matriz soportada”** y composicionalmente como **“arcosa lítica”**.

6.3.1.6 Sección S3-45,90m

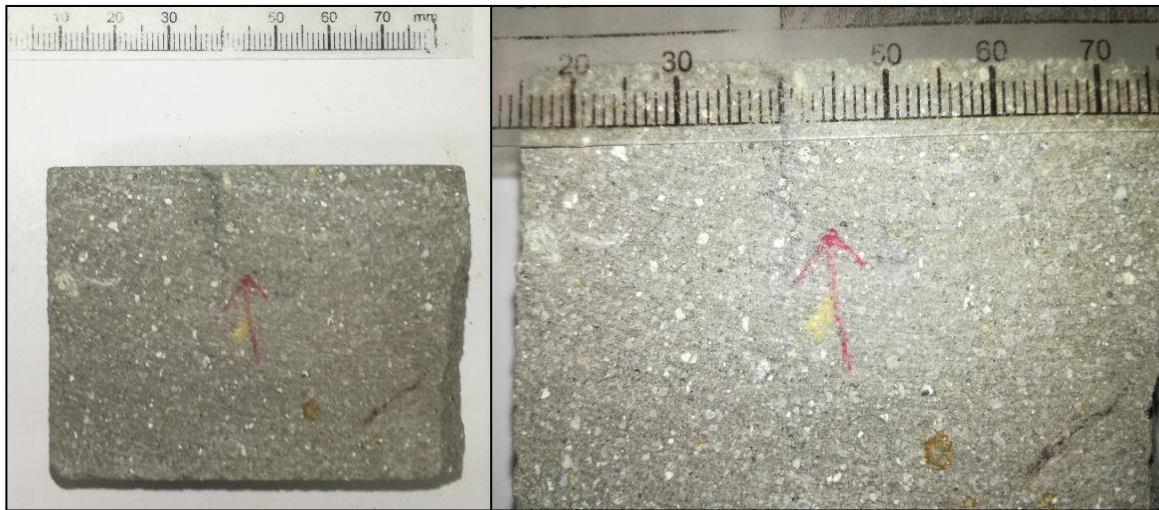
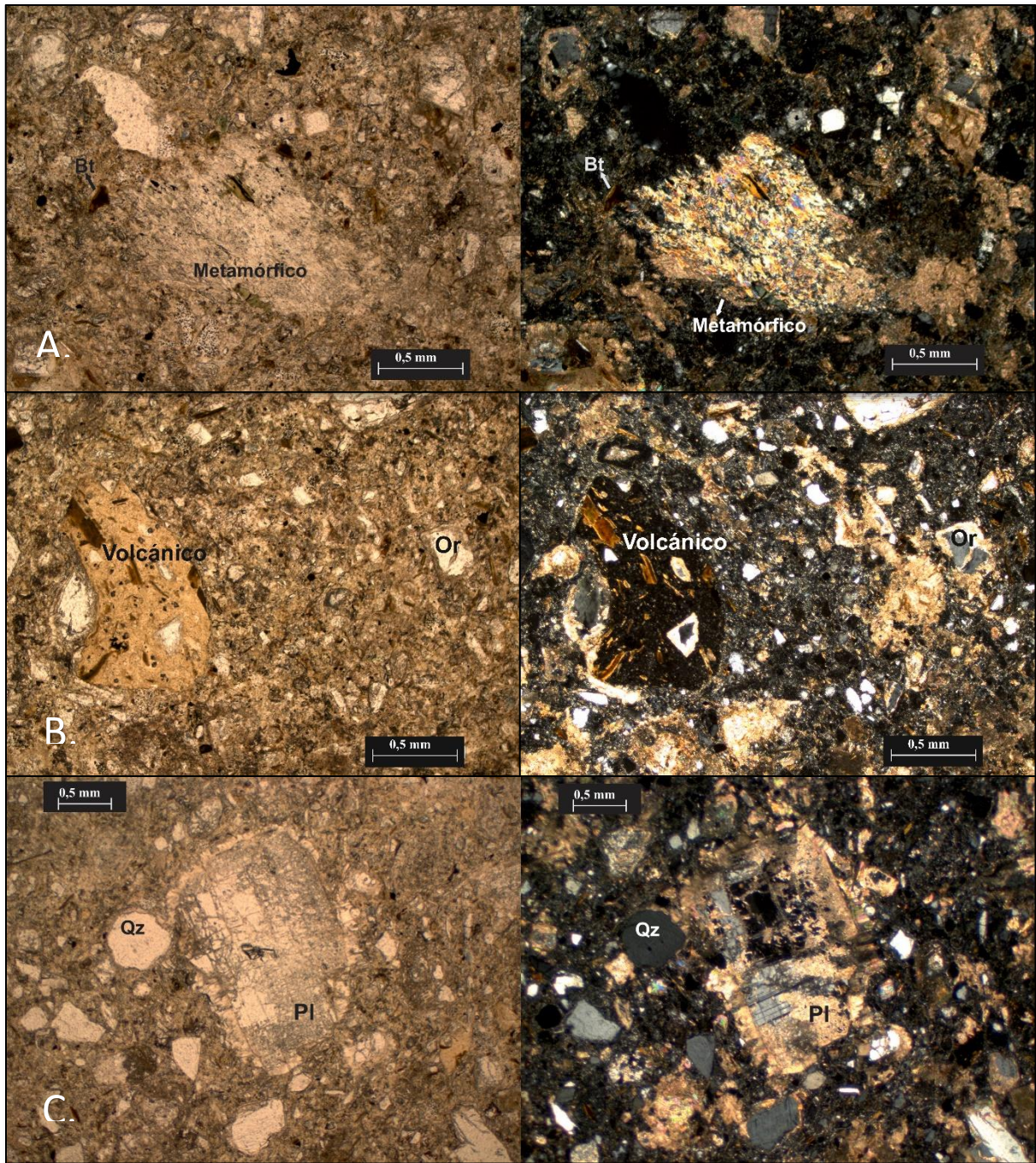


Figura 18. Muestra de mano S3 45,90.

A. nivel macroscópico la muestra tiene color gris oscuro, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).



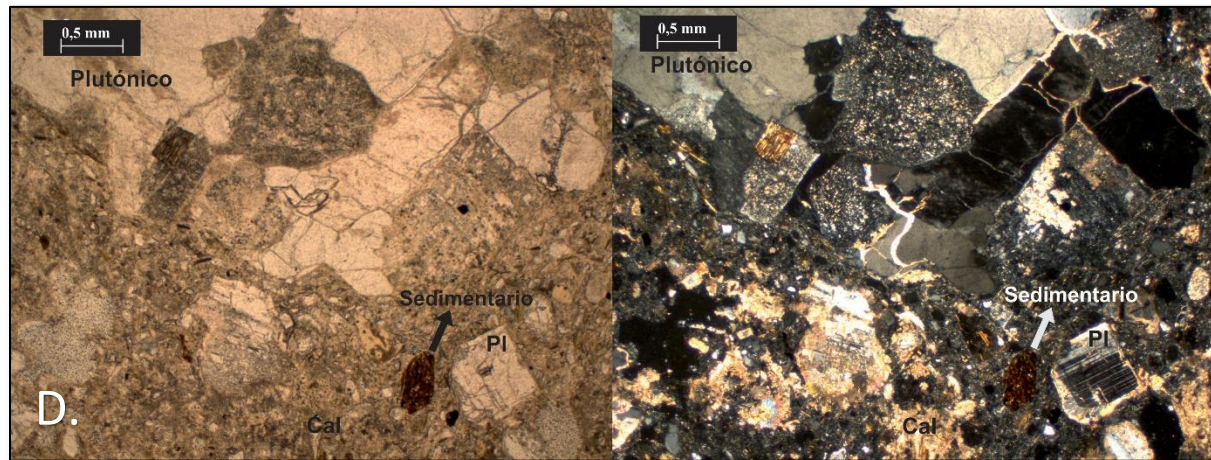


Figura 19. Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 45,90. A) Fragmento de roca metamórfica de bajo grado. Cristales de cuarzo (Qz). Cristales de ortoclasa (Or) alterando a calcita (Cal). B) Fragmento de roca volcánica coherente. C) Cristal de plagioclasa (PI) fracturada con macla policristalina alterando a calcita (Cal). Cristales de cuarzo (Qz). D) Fragmento de roca plutónica. Fragmento de lodolita. Agregados minerales de calcita amorfa. Cristal de plagioclasa con macla polisintética alterando a calcita.

A nivel microscópico la muestra presenta una selección mala. Se compone de un 52,94% de matriz, 35,23% de cristales y 11,83% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo (Qz), ortoclasa (Or), plagioclasa (PI), opacos, biotita (Bt), calcita (Cal), y los fragmentos líticos (Fr) a rocas plutónicas, metamórficas y volcánicas.

La matriz que representa el 52,94% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (15,65%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (15,65%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (35,7%) es anhedral a subhedral, con un tamaño que varía entre 0,02mm y 0,88mm y con un tamaño promedio de 0,29mm, extinción recta y muy escasa ondulante, subangular, con presencia de cuarzo policristalino. El feldespato potásico (Kfs) (5,53%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,41mm, subangular a subredondeado, presencia de microfracturas intergranulares, con alteración muy abundante a calcita. La plagioclasa (4,87%)

es anhedral a subhedral, de tamaño entre 0,07 mm y 1,98mm con un tamaño promedio de 0,52mm, subangular, presencia de macla polisintética, con exuberante alteración a calcita (Cal). La calcita (17,32%) es anhedral, se presenta como un sobrecrecimiento mineral amorfo con ocasionales inclusiones de biotita y feldespato. La biotita (Bt) (2,96%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,07mm, se dispone sin una dirección preferencial. Los opacos (0,98%) son anhedrales a subhedrales, subredondeados a subangulares, con un tamaño promedio de 0,1mm.

Los fragmentos líticos de rocas metamórficas (2,28%) corresponden a cuarcitas y de bajo grado. La cuarcita (0,98%) es subangular, subesférico a subelongado, con un tamaño promedio de 2,9mm, compuesto de cuarzo con bordes suturados, ocasionalmente microclina con alteración a sericita. Los líticos de rocas de bajo grado (1,30%) son subangulares, subesféricos, con un tamaño promedio de 1,33mm, compuesto de cuarzo, moscovita, feldespato con abundante alteración a sericita. Los líticos plutónicos (2,28%) son subangulares, subesféricos, con un tamaño promedio de 4,33mm, compuesto de cuarzo, ortoclasa alterando a sericita, biotita, con fracturas rellenas de calcita. Los líticos sedimentarios (0,65%) son subredondeados y subangulares, subelongado y subesféricos, con un tamaño promedio de 0,83mm, asociado a lodolitas. Los líticos volcánicos (6,62%) son subangulares, subelongados a subesféricos con escasos esféricos, con un tamaño promedio de 0,32mm, compuestos por una matriz afanítica vítrea con cristales de biotita, plagioclasa y feldespato alterando a calcita.

Según lo anteriormente descrito y las clasificaciones de Folk (1974) y Schmid (1981) para rocas y depósitos volcanoclásticos, la muestra S3 45,90 se clasifica texturalmente como **“arena levemente gravosa epiclástica matriz soportada”** y composicionalmente **“arcosa lítica”**.

6.3.1.7 Sección S3-46,97m

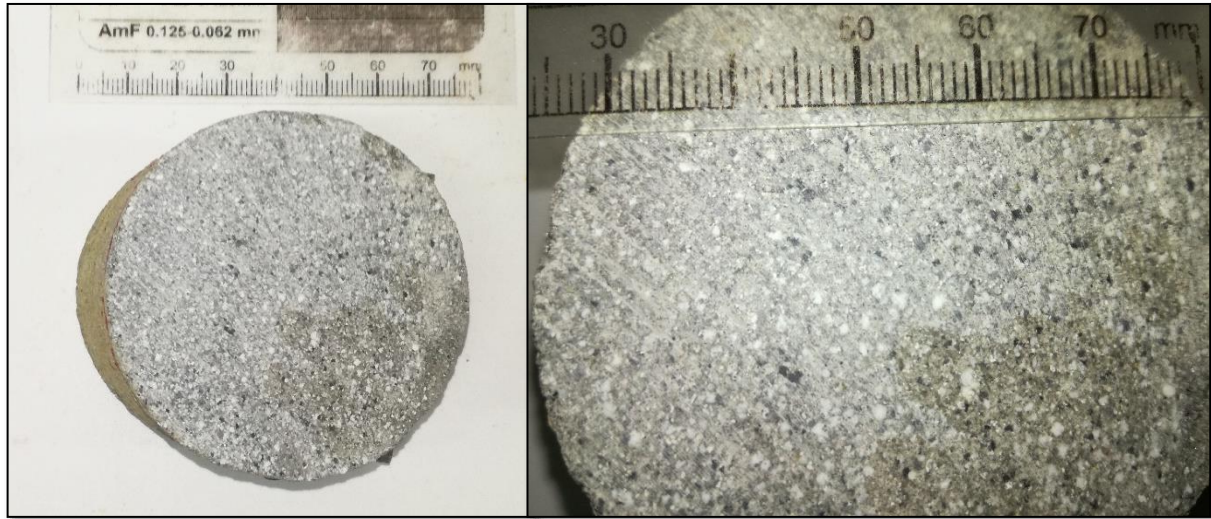
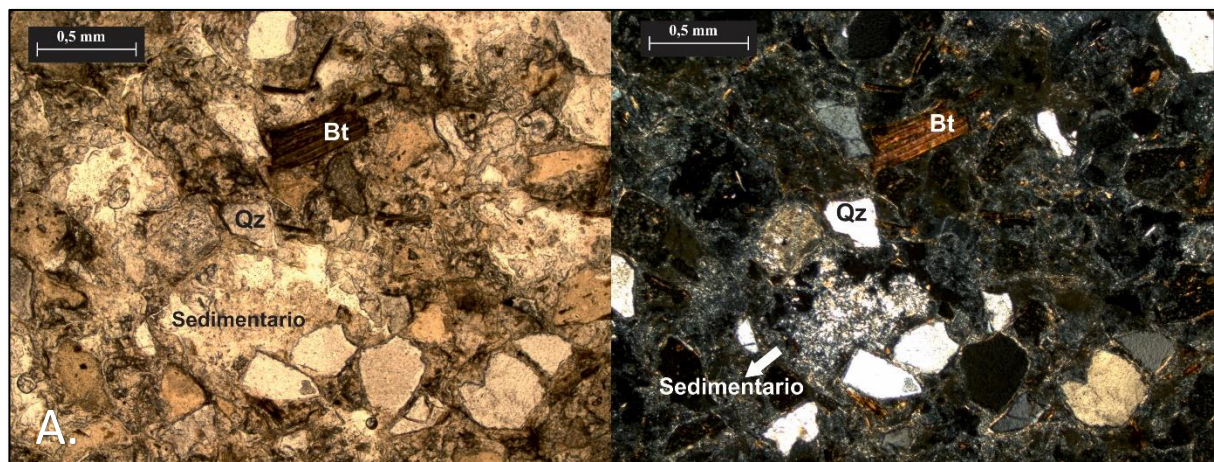


Figura 20. Muestra de mano S3 46,97.

Macroscópicamente la muestra tiene color gris claro, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).



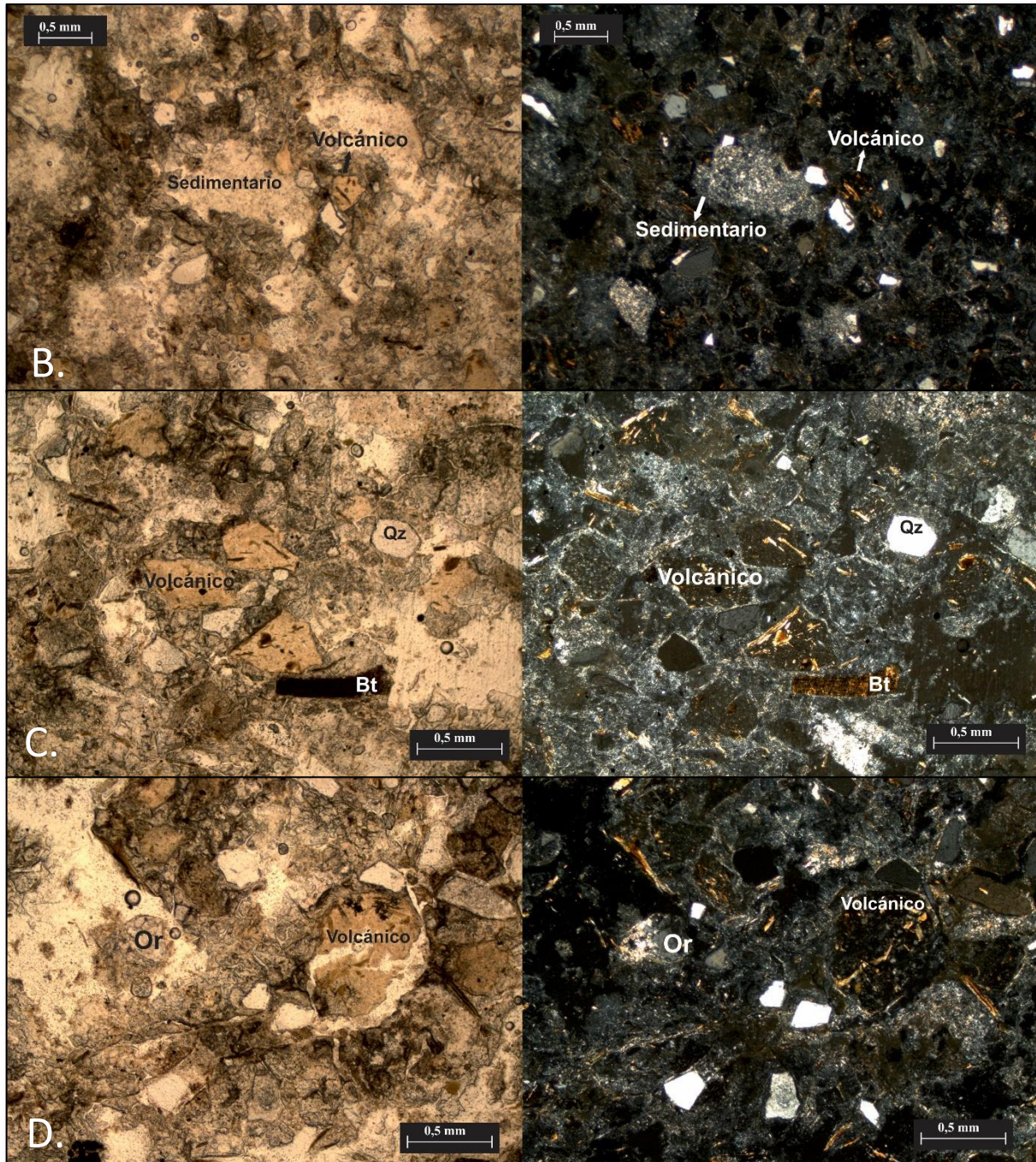


Figura 21. Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S3 46,97. A) Fragmento de roca sedimentaria (chert?). Cristales de cuarzo (Qz). Cristal de biotita (Bt). B) Fragmento de roca sedimentaria (chert?). Fragmentos de rocas volcánicas. Cristales de cuarzo (Qz). C) Fragmentos de rocas volcánicas. Cristales de cuarzo. Cristal de biotita. D) Fragmento de roca volcánica con una leve alteración arcillosa. Cristal de ortoclasa alterando a sericita.

Microscópicamente la muestra presenta una selección muy buena. Se compone de un 64,67% de matriz, 9% de cristales y 23,33% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo (Qz), ortoclasa (Or), biotita (Bt), opacos y los fragmentos líticos (Fr) a rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas.

La matriz que representa el 64,67% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (13%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (14%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (7%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,31mm, extinción recta y ondulante, angular a subangular. La ortoclasa (Or) (0,67%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,39mm, subangular a subredondeado, con alteración a sericita (Ser). La biotita (Bt) (0,67%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,34mm, se dispone sin una dirección preferencial. Los opacos (0,67%) son anhedrales a subhedrales, subredondeados a subangulares, con un tamaño promedio de 0,27mm.

Los líticos sedimentarios asociados a lodolitas (0,33%) son subangulares, elongados, con un tamaño promedio de 0,48mm. Los líticos sedimentarios compuestos por material criptocristalino de cuarzo (chert?) son subangulares, subesféricos, de tamaño entre 0,33mm y 1,12mm y con un tamaño promedio de 0,58mm. Los líticos volcánicos (21,33%) son subangulares, subelongados a subesféricos con escasos elongados, de tamaño entre 0,14mm y 0,99mm y con un tamaño promedio de 0,31mm, compuestos por una matriz afanítica con cristales de biotita y una textura porfirítica.

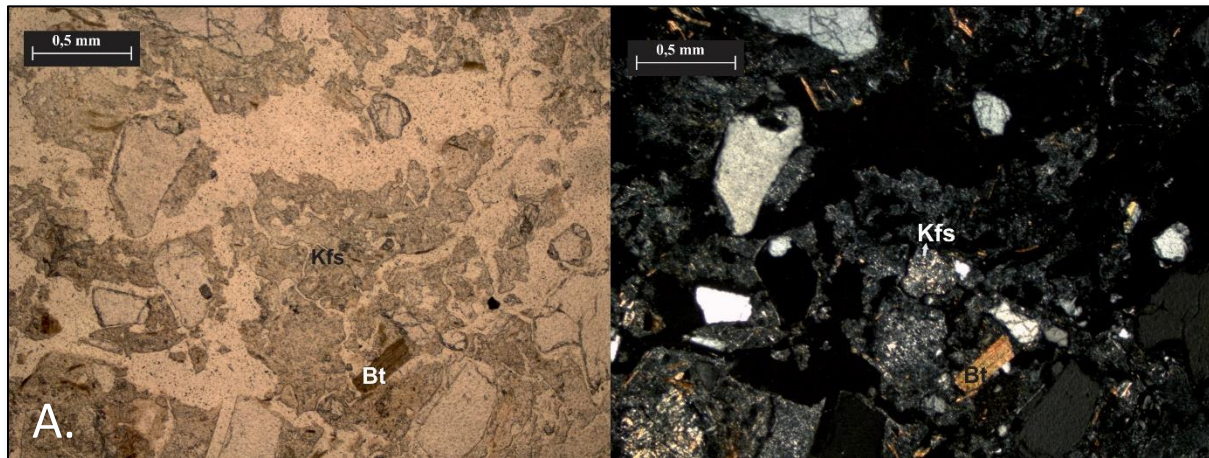
Según lo anteriormente descrito y las clasificaciones de Folk (1974) y Schmid (1981) para rocas y depósitos volcanoclásticos, la muestra S3 46,97 se clasifica texturalmente como “**arena media epiclástica matriz soportada**” y composicionalmente como “**arena lítica**”.

6.3.1.8 Sección S1-96,60m



Figura 22. Muestra de mano S1 96,60.

A nivel macroscópico la muestra tiene color gris oscuro, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).



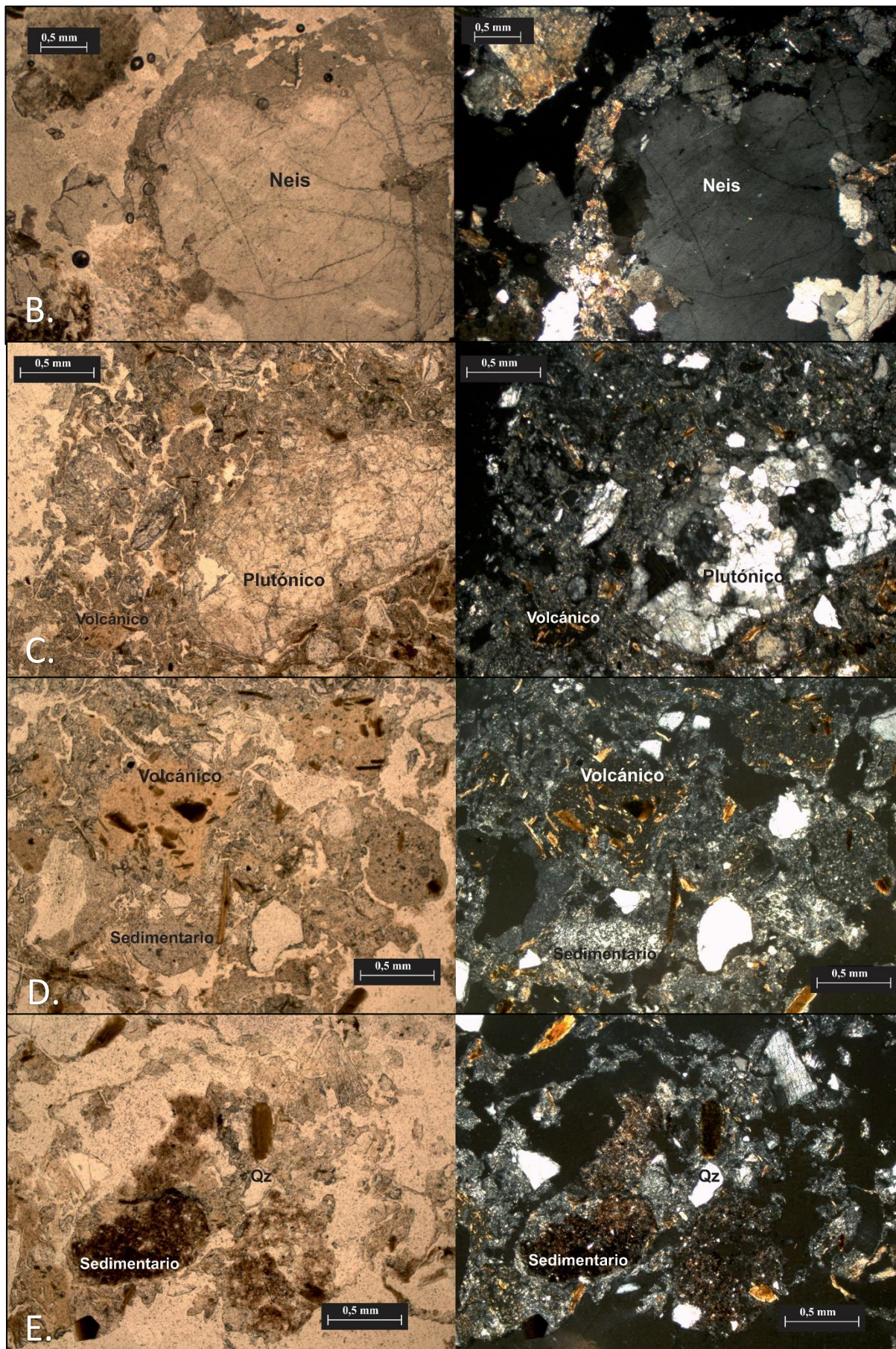


Figura 23. Microfotografías en nicols paralelos y cruzados de la sección S1 96,70. A) Cristal de feldespato potásico (Kfs) alterando a sericita (Sr). Cristal de biotita (Bt). Cristales de cuarzo (Qz). B) Fragmento de neis. C) Fragmento de roca plutónica. Fragmento de roca volcánica. Cristales de cuarzo (Qz). Cristales de biotita (Bt). D) Fragmento de roca volcánica. Fragmento de roca sedimentaria de cristales criptocristalinos (chert?). Cristales de cuarzo. Cristales de biotita. E) Fragmento de roca lodolita. Cristales de cuarzo. Cristal de biotita.

A nivel microscópico la muestra presenta una selección mala. Se compone de un 53% de matriz, 13% de cristales y 34% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo (Qz), feldespato (Fs), biotita (Bt), opacos y los fragmentos líticos (Fr) a rocas metamórficas, sedimentarias, plutónicas y volcánicas.

La matriz que representa el 53% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (12%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (11%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (8%) es anhedral a subhedral, tamaño oscilante entre 0,12 mm-0,85mm con un tamaño promedio de 0,46mm, extinción recta y ondulante, subangular a subredondeado, presencia de microfracturas intergranulares con embahiamiento esporádico. El feldespato potásico (Kfs) (4%) es anhedral a subhedral, con un tamaño promedio de 0,43mm, subangular, presencia leve de microfracturas intergranulares con alteración a sericita (Ser). La biotita (Bt) (0,5%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,29mm, se dispone sin una dirección preferencial. Los opacos (0,5%) son anhedrales, subredondeados, con un tamaño promedio de 0,14mm.

Los líticos sedimentarios asociados a lodolitas (1%) son subredondeados, subelongados, con un tamaño promedio de 0,64mm. Los fragmentos líticos de rocas metamórficas (8%) corresponden a cuarcitas, esquistos y neises. La cuarcita (3,5%) es subangular, subelongado, con un tamaño promedio de 5,32mm, compuesto de cuarzo con bordes suturados, feldespato alterado a sericita y

con desarrollo de subgranos. El esquistó (0,5%) es subangular, subesférico, con un tamaño promedio de 1,14mm, compuesto de filosilicatos con una dirección preferencial. El neis (4%) es subangular, subesférico a subelongado, con un tamaño promedio de 3,88mm, compuesto de cuarzo, moscovita, feldespato alterado a sericita con presencia de bandas de deformación, bordes suturados y leve desarrollo de subgranos. Los líticos plutónicos (4%) son subangulares, subesféricos a subelongados, con un tamaño promedio de 5,15mm, compuesto de cuarzo, ortoclasa alterado a sericita, y microclina. Los líticos volcánicos (20,33%) son subangulares, subelongados a subesféricos con escasos elongados, de tamaño entre 0,11mm y 0,87mm con un tamaño promedio de 0,36mm, compuestos por una matriz afanítica con cristales de biotita y textura porfirítica.

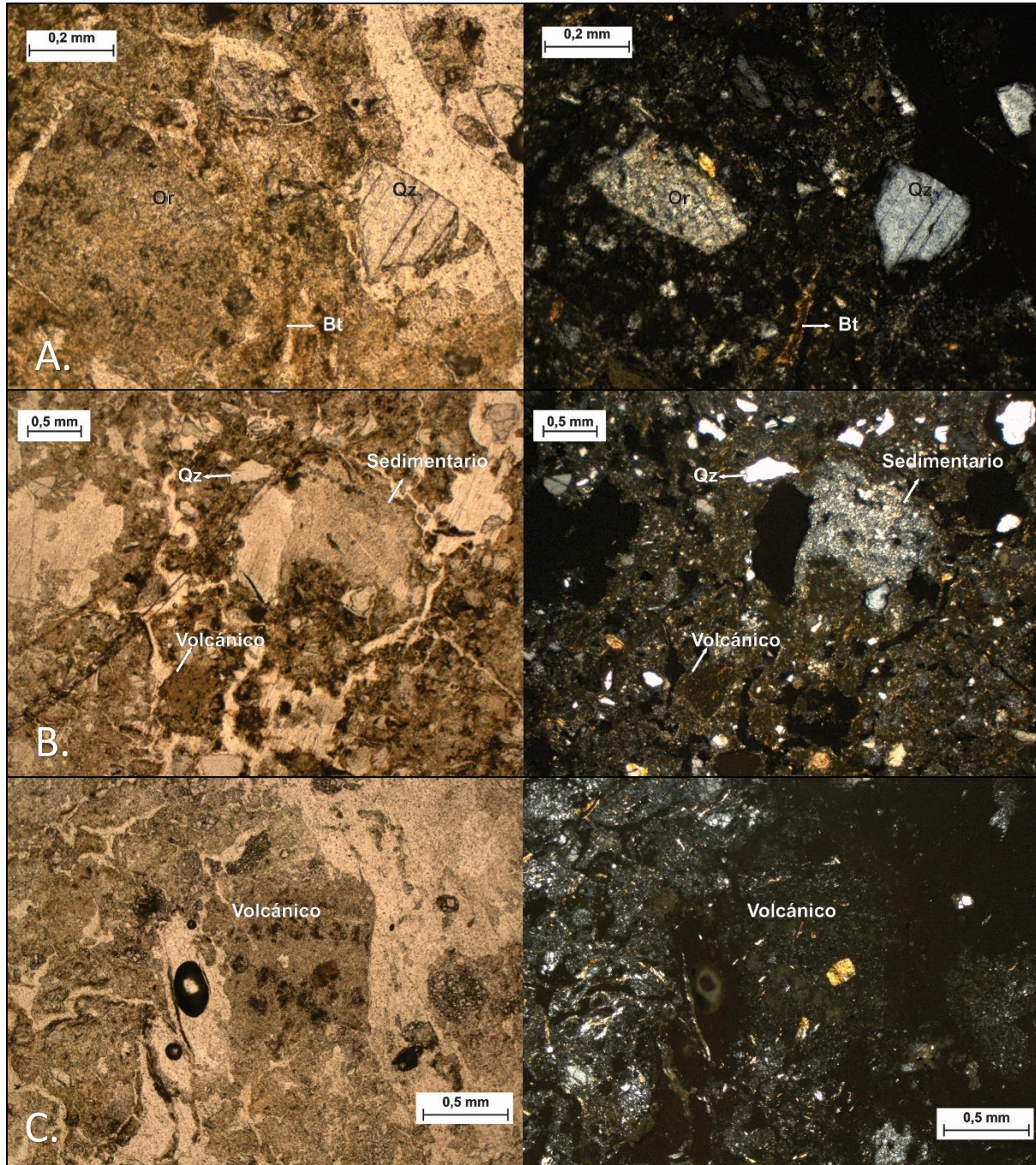
Según lo anteriormente descrito y las clasificaciones de Folk (1974) y Schmid (1981) para rocas y depósitos volcanoclásticos, la muestra S1 96,60 se clasifica texturalmente como **“arena muy gruesa gravosa epiclástica matriz soportada”** y composicionalmente como **“arena lítica”**.

6.3.1.9 Sección S3-44,95m



Figura 24. Muestra de mano S3 44,95.

Macroscópicamente la muestra tiene color verde oscuro, con matriz afanítica, con un grado de meteorización bajo y estructura masiva. Se logran diferenciar cristales de cuarzo (Qz), feldespato potásico (Kfs), biotita (Bt) y fragmentos líticos (Fr).



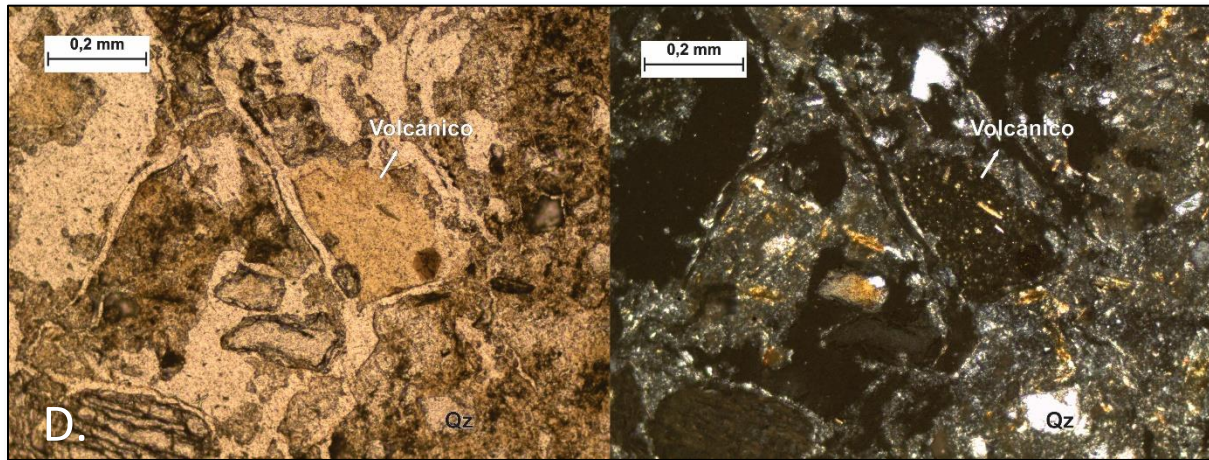


Figura 25. Microfotografías en nicóles paralelos y cruzados de la sección S3 44,95. A) Cristal de cuarzo fracturado. Cristal de biotita. Cristal de ortoclasa alterando a sericita. B) Fragmento de roca sedimentaria con cristales criptocristalinos (chert?). Fragmento de roca volcánica. Cristales de cuarzo. C) Fragmento de roca volcánica alterando a minerales arcillosos. D) Fragmento de roca volcánica. Cristales de cuarzo. Cristales de biotita.

Microscópicamente la muestra presenta una selección muy buena. Se compone de un 53,2% de matriz, 27,1% de cristales y 19,7% de fragmentos líticos; cuyos cristales corresponden a cuarzo, ortoclasa, biotita, opacos y los fragmentos líticos a rocas sedimentarias y volcánicas.

La matriz que representa el 53,2% del total de la muestra es amorfa, criptocristalina. Se presentan dos variaciones: (1) de color café (26,8%), isótropa con trazas de alteración de un color de interferencia amarillo de segundo orden. (2) de color café oscuro (26,4%), con colores de interferencia marrón de primer a segundo orden.

El cuarzo (Qz) (19,4%) es anhedral a subhedral, de tamaño entre 0,05mm y 0,88mm con un tamaño promedio de 0,38mm, extinción recta y ondulante, subangular a subredondeado, presencia de microfracturas intergranulares. La ortosa (Or) (1,4%) es subhedral, con un tamaño promedio de 0,25mm, subangular a subredondeado, con alteración a caolín. La biotita (Bt) (0,5%) es subhedral, tamaño oscilante entre 0,12 mm-0,79 mm con un tamaño promedio de 0,34 mm, deformado y se

dispone sin una dirección preferencial. La sericita (Ser) (0,7%) es subhedral, subredondeado, con un tamaño promedio de 0,48mm.

Los líticos sedimentarios (4,2%) compuestos por material criptocristalino de cuarzo (chert?) son subangulares a subredondeados, subesféricos a subelongados, tamaño oscilante entre 0,48mm-1mm con un tamaño promedio de 0,7mm. Los líticos volcánicos (15,5%) son subangulares a subredondeados, subelongados a subesféricos, de tamaño entre 0,19mm y 0,81mm con un tamaño promedio de 0,43mm, compuestos por una matriz afanítica con cristales de biotita y textura porfirítica.

Según lo anteriormente descrito y las clasificaciones de Folk (1974) y Schmid (1981) para rocas y depósitos volcanoclásticos, la muestra S3 44,95 se clasifica texturalmente como **“arena media epiclástica matriz soportada”** y composicionalmente como **“arena lítica”**.

pyroclastic *)	tuffites (mixed pyroclastic-epiclastic)	epiclastic (volcanic and/or non-volcanic)	average clast size in mm
agglomerate, agglutinate pyroclastic breccia	tuffaceous conglomerate, tuffaceous breccia	conglomerate, breccia	
lapilli tuff			64
coarse (ash) tuff	tuffaceous sandstone	sandstone	2
fine	tuffaceous siltstone	siltstone	1/16
	tuffaceous mudstone, shale	mudstone, shale	1/256
100%	75%	25%	0% by volume

*) terms according to table I

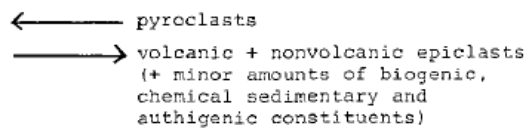


Figura 26. Clasificación para rocas y depósitos piroclásticos-epiclásticos. Tomado de Schmid (1981).

Tamaño de fragmentos en mm	Tamaño dominante de los fragmentos piroclásticos	Rocas y sedimentos volcanosedimentarios (volcsed.) (Pir. <25%)	
		Material no Consolidado	Material consolidado
64	Bomba (redondeado) Bloque (anguloso)	Aglomerado volcsed.	Conglomerado volsed.
2	Lapilli	Arena volcsed.	Arenisca volsed. volcsed.
1/16	Ceniza gruesa	Limo volcsed.	Limolita volcsed.
1/256	Ceniza fina	Arcilla volcsed.	Arcillolita volcsed.

Figura 27. Clasificación y nomenclatura de rocas y depósitos volcanosedimentarios. (basado en Schmid, 1981). Tomado de (Mantilla L. C., 2003).

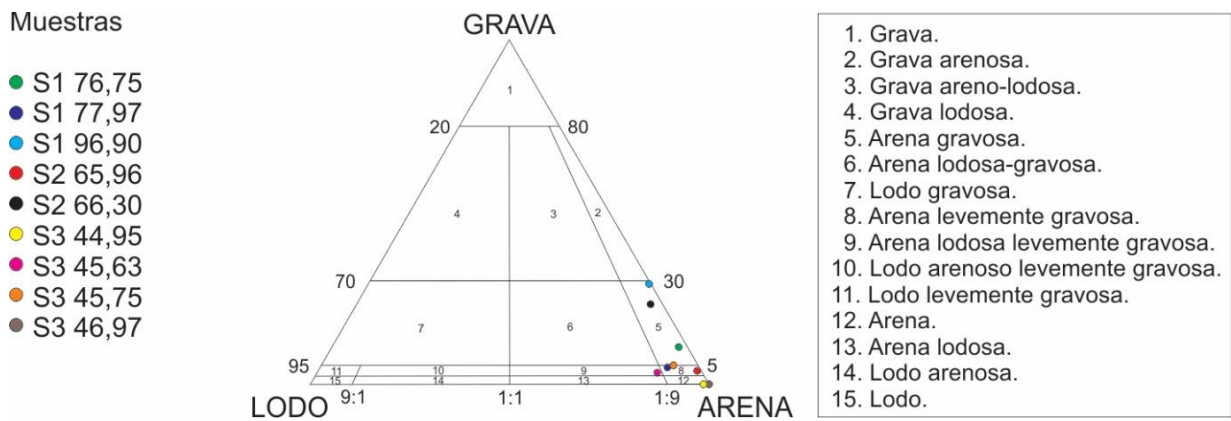


Figura 28. Triángulo de clasificación textural para rocas y depósitos sedimentarios. Tomado y modificado de (Folk, 1974)

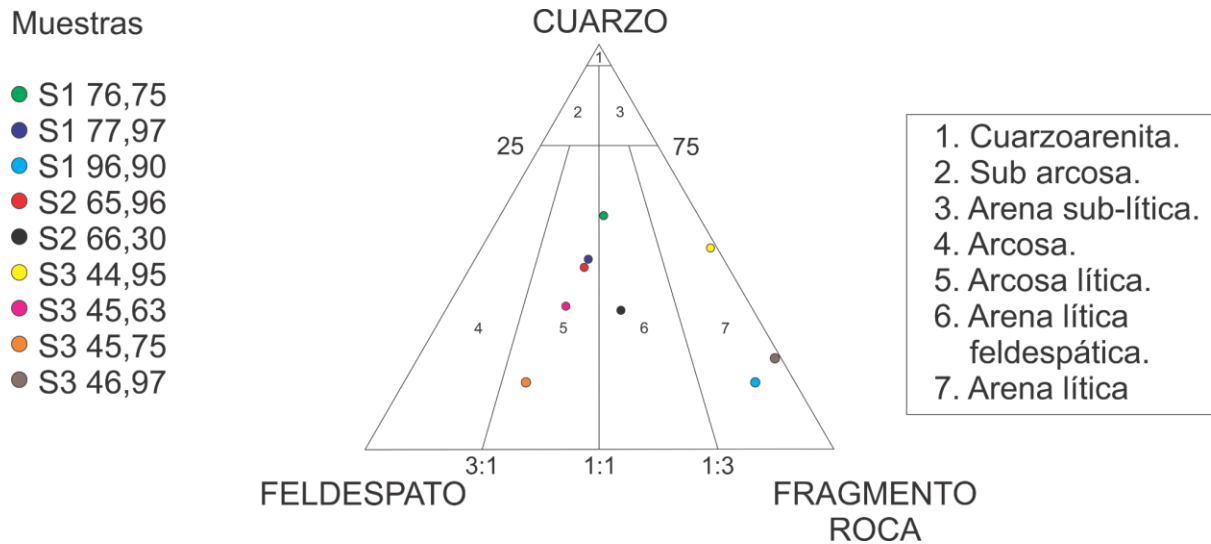


Figura 29. Triangulo de clasificación composicional para rocas y depósitos sedimentarios. Tomado y modificado de (Folk, 1974).

6.3 Correlación estratigráfica

La correlación entre los tres logeos de núcleos se logró mediante las respectivas facies asociadas a cada unidad (Tablas 4,5 y 6.) Haciendo uso del modelo de diagrama panel se puede observar el comportamiento tridimensional de los niveles entre los núcleos. Con el fin de obtener la mayor precisión posible en la correlación se indicó un nivel guía, el cual debía estar presente en los tres núcleos. Para este caso el nivel guía resultó ser una capa lodosa de tonalidades moradas ubicado en la base del miembro Órganos Superior. Los niveles unidos entre los núcleos se corroboraron mediante el respectivo análisis de las secciones delgadas. (Figura 30.)

Dicha correlación permitió observar que los niveles con aporte volcánico se encuentran en los núcleos S1 y S3, específicamente hacia la mitad del miembro Órganos Inferior, los cuales se encuentran distribuidos de manera casi paralela a la dirección general del miembro Órganos. Cabe resaltar que estos niveles no se logran evidenciar en el núcleo S2. (Apéndice H).

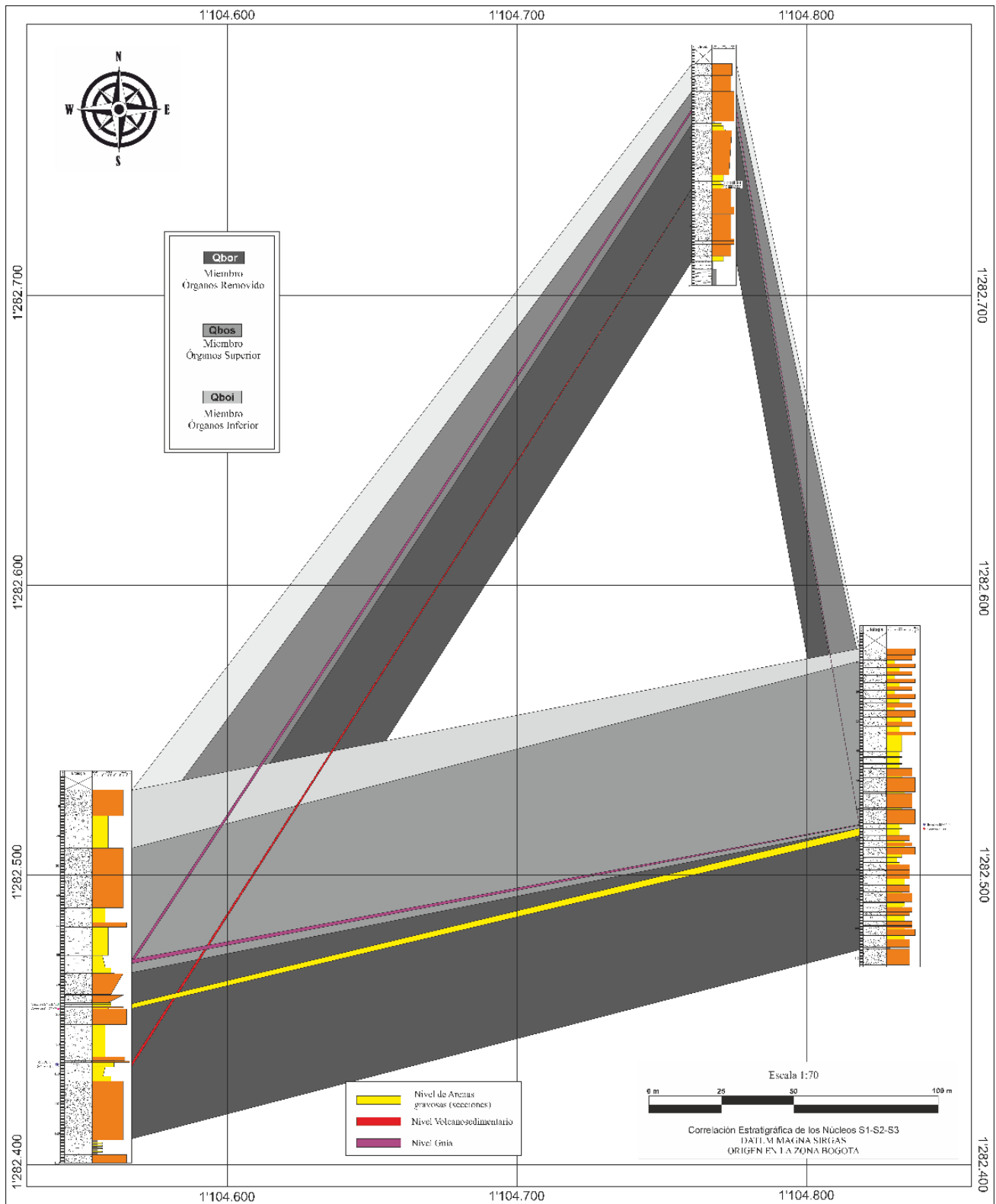


Figura 30. Correlación estratigráfica de los núcleos S1, S2 y S3.

6.4 Difracción de Rayos X

Para este análisis cualitativo de arcillas, se emplearon los datos obtenidos de la muestra calcinada (C), normal (N) y glicolada (G) de cada intervalo; los cuales se exportaron al software Profex 3.13.0 donde arrojan unas graficas de Intensidad vs. Angulo de difracción. Para determinar el tipo de arcilla se observaron en la ordenada de la gráfica, los picos cuyos valores de intensidad se registraban en Armstrong (\AA) y se comparaban con los patrones planteados para cada tipo de arcilla en Poppe (2001).

Según Poppe (2001) el patrón de la Illita se caracteriza por tener en el pico 001 una intensidad de 10 \AA , en el pico 002 una intensidad de 5.03 \AA y en el pico 003 una intensidad de 3.35 \AA ; siguiendo estas características las muestras que más se acomodan a estos valores son las muestras S1 76,75 y S1 77,70 cuyas arcillas se clasifican como illitas. El modelo de la saponita del grupo de la esmectita se representa por tener la más alta intensidad en el pico 001 con un valor de 17 \AA , esto se acomoda a las secciones S1 96,60 y S3 44,95 por tener unos valores y comportamientos similares asociando una arcilla tipo saponita. El patrón de la ripidolita del grupo de la clorita se clasifica por presentar en el pico 001 una intensidad de $14,1 \text{ \AA}$ y en el pico 002 una intensidad de $7,07 \text{ \AA}$, lo cual se adapta a la sección S3 46,97 al poseer valores de intensidades similares definiéndola como una arcilla de tipo ripidolita. (*Apéndice I*).

7. Discusión

Después de trabajar las secciones delgadas, se logra evidenciar que el aporte volcánico es mínimo debido a que las plagioclasas zonadas están en una cantidad casi despreciable, no hay fragmentos de vidrio o pómez y la matriz si bien podría ser vidrio alterado a arcilla no hay fuente primaria cercana que sustente esta idea; por lo tanto, el origen volcanoclástico primario es descartado y se toma como un depósito secundario de tipo epiclástico que implica un retrabajamiento de material volcánico.

Schmid (1981) define, en su clasificación para depósitos piroclásticos, aquellos con un aporte entre el 25-0% de fragmentos piroclásticos como “depósitos epiclásticos”, teniendo en cuenta la clasificación textural sedimentaria. Sin embargo, (Vincent, 2000) propone el sufijo “epi-volcanoclástico” para hacer salvedad y énfasis en el contenido volcánico de dicho intervalo, de modo que se pueda diferenciar de aquellos depósitos sin aporte volcánico alguno. En este trabajo se tomó la clasificación de Schmid (1981) para determinar el tipo de depósito volcanoclástico para evitar cualquier tipo de confusión con respecto a terminología.

Según los resultados obtenidos en la correlación estratigráfica de los núcleos de núcleos los niveles epiclásticos se hallan en el miembro Órganos Inferior (Qboi) de la Formación Bucaramanga (Qb), concretamente en su zona media. La edad de depositación de ésta formación, en su parte más basal, data de 730.000 años (Diederix, 2008). Se puede establecer una edad relativa para los niveles epiclásticos en base a la edad absoluta anteriormente mencionada. De modo que se asume una edad de depositación para los niveles EC similar a la definida para la Formación Bucaramanga, en la cual se encuentran inmersos.

En el municipio de vetas, en las cercanías de la quebrada La Plata y la quebrada Móngora se hallaron cuerpos de diques porfiríticos volcánicos, de composición rio-dácíticos y andesíticos, evidenciando un volcanismo de edad miocena (8-11 Ma) producto de la reactivación de la falla Bucaramanga-Santa Marta durante la orogenia andina que favorecieron el ascenso de estos magmas (Mantilla. L *et al.*, 2011). Según lo anteriormente descrito se plantean dichos diques como fuente de material volcánico para los niveles epiclásticos.

Las quebradas La Plata y Móngora desembocan en el río Vetás el cual a su vez desemboca en el río Surata. La erosión de dichas corrientes de agua han debido ser el agente de transporte para los materiales volcánicos que luego serían depositados por el río Surata en la formación Bucaramanga.

La textura porfirítica es característica de las facies volcánicas coherentes (McPhie, 1993). Tanto los líticos volcánicos de las arenas epiclásticas como los diques rio-dácíticos y andesíticos presentan dicha característica, la cual funciona como indicativo para plantear su relación. Sin embargo, debido al reducido tamaño de los líticos volcánicos, no se pudo establecer su clasificación composicional generando cierta incertidumbre.

El modelo de proveniencia para la formación Bucaramanga que propone como área fuente de sedimentos a la cuenca del río Surata resulta ser el que mejor se adapta a la presencia de niveles EC (Ingeominas, 2001) (Niño & Vargas, 1992) (Diederix, 2008) (De Porta *et al.*, 1958). Esta idea delimita la procedencia del material volcánico a la cuenca del río Surata y sus afluentes.

Por las características texturales de los líticos piroclásticos presentes en los materiales volcanoclásticos se plantea una posible relación con la Formación Mesa. Sin embargo, esto sugeriría un aporte de sedimentos provenientes desde el sur de la formación Bucaramanga. Ya

existen modelos que sugieren la proveniencia del Miembro Órganos inferior desde el sur por el río Chicamocha (Solano, 2016) (Franco & Ramírez, 2018) pero aún se encuentran en discusión.

8. Conclusiones

A partir del logueo de núcleos y la correlación estratigráfica se determinó que los niveles epiclásticos se encuentran ubicados en el miembro Órganos inferior de la Formación Bucaramanga específicamente su zona media, siguiendo la dirección de dicho miembro. Se hallan en los intervalos de profundidad 96,15m – 97,66m y 44,80m – 47,16m para los núcleos S1 y S3 respectivamente.

Gracias a los datos obtenidos por la petrografía, se tiene que la clasificación textural para los depósitos objeto de estudio según Folk (1974) y Schmid (1981) es arena lodosa levemente gravosa epiclástica matriz soportada, arena media epiclástica matriz soportada, arena levemente gravosa epiclástica matriz soportada y arena muy gruesa gravosa epiclástica matriz soportada. Mientras que la clasificación composicional para los depósitos objeto de estudio según Folk (1974) es arenas líticas y arcosas líticas.

La posible fuente del aporte volcánico de los materiales volcanoclásticos se asocia hacia la cuenca del Río Suratá, específicamente a diques volcánicos aledaños al Río vetas en el Distrito Minero Vetas- California. Esto se debe a la similitud de las características texturales entre los diques y los líticos piroclásticos en los materiales de estudio, sin embargo, los pequeños tamaños de los líticos no permiten dar un planteamiento certero.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar una datación a los niveles epiclásticos cuyo método interesante sería por trazas de fisión, el cual permite el análisis de características de rotura producidas por una interacción atómica en los minerales. Dichas características de fisura atómica generadas en la roca fuente se mantienen en los zircones, a pesar de la meteorización y erosión que le pueda ocurrir (Gallagher, 1998). Por lo tanto, la realización de este método permitiría un estudio de proveniencia más certero al comparar la edad absoluta de los zircones en los niveles epiclásticos y la edad establecida de los diques volcánicos dando con un modelo más apropiado.

La presencia de los niveles epiclásticos en la formación Bucaramanga es muy local por lo tanto una mayor evidencia de material epiclástico ya sea a través de afloramientos o en otras perforaciones podría establecer un mejor comportamiento tridimensional de este nivel y obtener una mayor comprensión de su historia.

La discrepancia acerca del modelo evolutivo de la Formación Bucaramanga hace impreciso el área fuente de los materiales epiclásticos. Por consiguiente, el modelo concreto evolutivo de dicha formación permitiría salir de suposiciones y establecer una adecuada área fuente para éstos materiales.

Referencias Bibliográficas

- Aldana W, A. S. (2000). *Geología para la Estabilidad del Escarpe Norte de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- AMB-UIS. (2017). *Estudio De Amenaza, Vulnerabilidad Y Riesgo Por Movimientos En Masa Del Sector Norte De Bucaramanga (Barrios Lizcano, Esperanza III, Mirador, Jose Maria Cordoba, Villa Helena, Villa Rosa, Villa María)*. Bucaramanga.
- Bueno, & Solarte. (1994). *Geología, geotecnia y comportamiento erosivo del área de reserva forestal de Bucaramanga*.
- Cediel. (1968). El Grupo Giron, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. *Boletín Geológico*.
- De Porta, J. e. (1958). La Terraza de Bucaramanga. *Boletín de Geología*.
- Dickey. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*.
- Diederix, H. (2008). *Modelo de Evolución Morfotectónica Cuaternaria Bsado en Evidencias Estructurales, Neotectónicas y Paleosismológicas de los Principales Sistemas de Falla en la Región de Bucaramanga*. Instituto Colombia de Geología y Minería.
- Etayo, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., Gonzáles, H., Orrego, A., . . . Sarmiento, L. (1983). *Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia*. Bogotá: Ingeominas.
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*.

Franco, M., & Ramírez, A. (2018). *Reconstrucción Paleoambiental de los Miembros Órganos, Finos y Gravoso de la Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Hettner. (1892). *Die Kordillere von Bogota: Gotha, Pathermasn Mitteil.*

Hubach. (1952). *Carbón del Páramo del Almorzadero y carbón y fuentes de agua sal de Molagavita en el Departamento de Santander.*

Ingeominas. (1999). *Mapa Geológico de Santander.*

Ingeominas. (2001). *Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga.*

Ingeominas. (2007). *Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.*

Ingeominas. (2015). *Mapa geológico de Colombia.*

Ingersoll, R., Bullard, T., Ford, R., & Pickle, J. (1984). The Efecto of Grain Size on Detrital Modes: a Test of the Gazzi-Dickinson Point-Counting Method. *University of New Mexico.*

Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2007). *Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa de Algunas Laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta*. Bogota.

J, D. P. (1959). *La Terraza de Bucaramanga.*

- Jiménez, G., Speranza, F., Faccena, C., Bayona, G., & Mora, A. (2014). Magnetic stratigraphy of the Bucaramanga alluvial fan: Evidence for a <math>< 3</math> mm/yr slip rate for the Bucaramanga-Santa Marta fault, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Kroonenberg, S. (1982). *Cenozoic alkalibasaltic to ultrabasic volcanism in the uppermost Magdalena Valley, Southern Huila Department, Colombia*.
- López, A., Sierra, G., & Ramírez, D. (2006). Vulcanismo Neógeno e el Suroccidente Antioqueño y sus Implicaciones Tectónicas. *Boletín de Ciencias de la Tierra*.
- López, S., & Cañola, E. (2011). Geología del Miembro Chagarton de la Formación Coconucos. *Boletín de Geología*.
- Mantilla, L. C. (2003). *Guía de Laboratorios de Petrología Ígnea*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Mantilla, Mendoza, Bissig, & Craig. (2011). Nuevas Evidencias sobre el Magmatismo Miocénico en el Distrito Minero de Vetas-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de Geología*.
- McPhie, J. (1993). *Volcanic Textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. University of Tasmania.
- Miall, A. D. (1985). Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth-Science Reviews*.
- Narváez et al, B. (2007). *Estratigrafía de los depósitos volcánicos y volcanoclásticos del sector San Pablo-La Cruz-Tajumbina, Departamento de Nariño*. Manizales: Instituto Colombiano de Geología y Minas.

- Niño, A., & Vargas, G. (1992). *Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga*. Bucaramanga.
- Pennington. (1981). *Subduction of the Eastern Panama basin and seismotectonics of northwestern South America*. .
- Poppe L, P. V. (2001). *A Laboratory Manual for X-Ray Powder Diffraction*. U.S. Geological Survey.
- Pulgarín, B. (2003). *Compilación Información sobre el Neógeno y Cuaternario Volcánicos de los Departamentos del Cauca Huila*.
- Schmid, R. (1981). *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments*.
- Solano, L. (2016). *Estudio de Proveniencia de los Sedimentos de la Formación Bucaramanga, al Sur del Río Frío; en los Municipios de Floridablanca y Girón, Santander*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Thouret, J. (1984). *Observations geomorphologiques preliminaires sur quelques relief volcaniques des Andes de Colombie*.
- Toussaint, J., & Restrepo, J. (1991). Migración del Magmatismo del Noroccidente Colombiano. *Boletín de Ciencias de la Tierra*.
- Unión Temporal Estudios Ambientales y Planificación Territorial Río Guarínó. (2015). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guarínó*.
- Van Houten, F. (1976). Late Cenozoic Volcanoclastic deposits, Andean Foredeep, Colombia. *Department of geological and geophysical sciences, Princeton University*.

- Vincent, P. (2000). *Volcanoes: from magmas to tephras. Gordon and Breach Science Publishers*, 1-32.
- Ward, D., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., & Restrepo, A. (1973). *Geología de los Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamentos de Santander y Norte de Santander*. Bogota: Boletín Geológico.
- Whitney, & Evans. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*.
- Wilson. (1989). *Igneous petrogenesis. A global tectonic approach*.