

**ESTUDIO TEXTURAL DE LAS BRECHAS DEL SECTOR LA MASCOTA
(PLATAFORMA 9600: POZOS DE PERFORACIÓN LB278 Y LB140),
PROYECTO LA BODEGA (MUNICIPIO DE CALIFORNIA, DEPARTAMENTO
DE SANTANDER)**

MONIKA BERTILDE MENDOZA LEÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2011



**ESTUDIO TEXTURAL DE LAS BRECHAS DEL SECTOR LA MASCOTA
(PLATAFORMA 9600: POZOS DE PERFORACIÓN LB278 Y LB140),
PROYECTO LA BODEGA (MUNICIPIO DE CALIFORNIA, DEPARTAMENTO
DE SANTANDER)**

MONIKA BERTILDE MENDOZA LEÓN

Trabajo de Grado para optar al Título de Geólogo

DIRECTOR

LUIS CARLOS MANTILLA FIGUEROA

Geólogo, Ph.D. en Petrología y Geoquímica

CODIRECTORES

ALFONSO LUIS RODRIGUEZ MADRID

Geólogo CVS Explorations Ltda.

GUILLERMO ANTONIO AVILA CALAO

Geólogo CVS Explorations Ltda.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOQUIMICAS

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA

*A Samuel por su infinito amor, gracias hijo por enseñarme
amar.*

Al por tu amor y compañía, gracias por creer en mí, te amo.

*A mí mamá y mí papí por el amor, educación y la bella
persona que hicieron de mí.*

*A mis hermanos: mí chinito y la flaca, gracias por su
colaboración, incondicionalidad y leal amistad.*

*A Dios por llenarme de sabiduría y fortaleza en todo
momento.*

*Y por último a MI por llegar hasta aquí, y por lo que viene
ahora en adelante.*

AGRADECIMIENTOS

Empiezo dando las gracias a la **Empresa CVS Explorations Ltda** junto con el profesor y director del proyecto **Luis Carlos Mantilla Figueroa** por darme la oportunidad y confiabilidad de desarrollar este hermoso proyecto de grado para lograr mi título de Geóloga, aprendiendo a desenvolverme no sólo en trabajo de campo sino también en la investigación y crecimiento como profesional.

A los geólogos Guillermo Antonio Ávila Calao y Alfonso Luis Rodríguez Madrid por la colaboración, enseñanza y guía que me brindaron en el transcurso de este proyecto.

A los profesores Carlos García, Jorge Pinto y Julieta por sus enseñanzas, sabidurías y consejos, por la amistad que me brindaron en el transcurso de mi carrera, gracias de todo corazón.

A mis amigos y compañeros de carrera: Yamit, Liz, Aura T, Aura M, Muñoz, Karen, Pao, Diego, Clark, Erich, Yisus, Carlos M, Carlos H, Xavier, Tatis y a todos aquellos que compartieron conmigo gratos momentos (salidas especialmente) gracias por aguantarme, siempre estarán en mi corazón.

A don Alfonso y doña Judith por viajar y venir en los momentos más necesitados.

A mi familia: mis nonos, mis tíos, tías, primos, primas y cuñadas.

A mi linda UIS todos esos momentos hermosos y vividos, su gente, su campus, su cultura.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	20
1 OBJETIVOS	22
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
2 METODOLOGÍA.....	23
2.1 FASE DE CAMPO.....	23
2.2 FASE DE LABORATORIO.....	23
3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	29
3.1 LOCALIZACIÓN.....	29
3.2 VÍAS DE ACCESO	30
3.3 CLIMA, VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA	31
4 ANTECEDENTES	33
4.1 ESTRATIGRAFÍA.....	33
4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	35
4.3 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	36
5 RESULTADOS.....	39
5.1 RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES DEL SECTOR LA MASCOTA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS BRECHAS.....	39
5.2 CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE AMBIENTES Y PROCESOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE BRECHAS.....	43
5.2.1 Atributos a tener presente durante la descripción de las brechas (según Cooke, 2008).....	43
5.2.2 Clasificación Genética de las Brechas.....	48
5.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS BRECHAS.....	51
5.3.1 Tipos Texturales de las Brechas.....	55
5.4 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS BRECHAS.....	62
5.5 RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPITULO 5.....	73
6 INCLUSIONES FLUIDAS.....	75
6.1 PETROGRAFÍA DE LAS INCLUSIONES FLUIDAS.....	79

6.2	DATOS MICROTERMOMÉTRICOS.	84
6.3	RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	85
7	QUIMICA MINERAL	86
8	AMBIENTES Y MECANISMOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE LAS BRECHAS DEL SECTOR LA MASCOTA.	97
9	CONCLUSIONES.....	99
10	RECOMENDACIONES	101
11	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	102
12	ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lupa bipolar NIKON N1-150 MODELO C-PS para la descripción macroscópica de muestras. Laboratorio de lupas, Escuela de Geología, (UIS).	25
Figura 2. Microscopio óptico de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con cámara y pantalla incorporada Digital S DS-L1. Escuela de Geología, (UIS).	25
Figura 3. Microsonda electrónica CAMECA SX100, Departamento de Geología de la Universidad de California, Santa Bárbara.....	26
Figura 4. Microscopio de Luz transmitida marca NIKON ELIPSE 50i, con platina de enfriamiento y calentamiento THMS 600 marca LINKAM. Laboratorio de Geología, sede Guatiguará (UIS).....	28
Figura 5. Localización geográfica del sector de La Mascota, proyecto La Bodega en el Municipio de California Santander.	30
Figura 6. Vías principales de Bucaramanga con señalización del Municipio de California.....	31
Figura 7. Aspecto Geomorfológico de la zona de estudio, nótese un control estructural en los drenajes de la zona (en amarillo). Ortoimagen Proyecto La bodega, Sector La Mascota en el municipio de California (Santander).	32
Figura 8. Geología Regional del área de estudio.	35
Figura 9. Imagen satelital. Rasgos Estructurales Regionales. SFBS (Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta).	36
Figura 10. Mapa Geológico, Proyecto La Bodega en California, Santander. Ubicación de la Plataforma 9600. Por Bernasconi <i>et al.</i> , (2009).....	40

Figura 11. Esquema ilustrativo de la disposición de los pozos de perforación LB278 y LB140 y sus correspondientes tramos muestreados.42

Figura 12. Esquema ilustrativo de la clasificación genética de brechas, según Corbett y Leach (1998).50

Figura 13. Triangulo de clasificación genética de brechas.....51

Figura 14. Imagen de fragmentos de brecha. (A) Muestra MBM-LB278-001; (B) Muestra MBM-LB278-003; (C) Muestra MBM-LB278-005; (D) Muestra MBM-LB140-008; (E) Muestra MBM-LB140-010.....52

Figura 15. Matriz en brechas. (A) Muestra MBM-LB278-001; (B) Muestra MBM-LB278-002; (C) Muestra MBM-LB140-010.53

Figura 16. Texturas en el cemento. (A) Muestra MBM-LB278-001, Textura Coloforme de Silice y Pirita; (B) Muestra MBM-LB278-004, Textura Crustiforme de Pirita y Calcosina; (C) Muestra MBM-LB278-006, Textura Cataclástica; (D) Muestra MBM-LB140-008, Textura Bladed; (E) Muestra MBM-LB140-009, Textura Comb.54

Figura 17. Organización interna de las brechas. (A) Muestra MBM-LB140-010, distribución jigsaw-fit; (B) Muestra MBM-LB140-009, bandeado.55

Figura 18. Brechas matriz-soportadas, (A): muestra MBM-LB278-001; (B) muestra MBM-LB278-002; (C) muestra MBM-LB278-004; (D) muestra MBM-LB278-005; (E) muestra MBM-LB140-007. La distribución de clastos es de forma caótica para las muestras A, B, C y D, y textura cataclástica para la muestra D.57

Figura 19. Características texturales de las brechas matriz soportadas: (A) muestra MBM-LB278-001, textura coloforme de pirita (Py) y sílice (Si); (B) Muestra MBM-LB278-004, textura crustiforme de Py y calcosina (Cc) y (C) textura crustiforme de cuarzo calcedonia (Qtz) e illita. (D) Muestra MBM-LB278-005, textura Bladed. (E) Muestra MBM-LB140-007, textura cataclástica.....57

Figura 20. Características estructurales y mineralizaciones de las brechas. (A) Muestra MBM-LB278-004, aspectos de las cavidades en donde crece el cuarzo drusa (Qtz), (B) cavidades rellenas de marcasita (Mrc) botroidal y azufre nativo (SN), (C) azufre nativo y pirita cubica (Py). (D) Muestra MBM-LB278-005, cavidades de textura bladed rellenas de cuarzo y covelita (Cv) y (E) pirita botroidal, pirita diseminada y calcocita (Cc).....58

Figura 21. Brechas clasto-soportada, (A): muestra MBM-LB278-003; (B) muestra MBM-LB140-008; (C) muestra MBM-LB140-009; (D) muestra MBM-LB140-011; (E) muestra MBM-LB140-010. La distribución de clastos es en forma jigsaw-fit (o de rompecabezas) para la muestra A y E, caótica para las muestras B y D, y bandeada para la muestra C.59

Figura 22. Características texturales de las brechas clasto-soportada: (A) muestra MBM-LB278-003, textura crustiforme compuesta de sílice. (B) Muestra MBM-LB140-008, textura bladed. (C) Muestra MBM-LB140-011, textura cataclástica. (D) Muestra MBM-LB140-009, textura comb (o empeine). (E) Muestra MBM-LB140-010, textura colofome compuesta de esfalerita (Sph) y caolinita (Cal).....60

Figura 23. Características estructurales y mineralizaciones de las brechas. (A) Muestra MBM-LB278-003, aspectos de las cavidades en donde crece el cuarzo drusa (Qtz). (B) Muestra MBM-LB140-008 cuarzo drusa (Qtz), pirita romboédrica (Py) y Bornita (Bn). (C) Muestra MBM-LB140-009, wolframita (Wf) en forma de agujas. (D) Muestra MBM-LB140-011 clastos con contenidos de Hematita hipogénica color rojizo (Hem) y (E) vena de cuarzo (Qtz) y Caolinita (Cal). (F) Muestra MBM-LB140-010, pirita (Py) rodeando fragmentos de clastos y matriz.60

Figura 24. Brechas cemento-soportada, muestra MBM-LB278-006. (A) Textura milonítica, foliación tectónica a 30° con respecto al eje del núcleo. (B) Vetillas de alunita y sílice.61

Figura 25. Aspecto de la muestra MBM-LB278-01A. (A) En NII, (B) en NX, detalle de la textura masiva en cuarzo. Qtz2: cuarzo 2.65

Figura 26. Aspecto de la muestra MBM-LB278-02. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2, textura sacaroidal.65

Figura 27. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3 textura crustificada simétrica se caracteriza por un borde en mosaico y hacia el centro un agregado silíceo.....66

Figura 28. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz3: cuarzo 3, textura plumosa.66

Figura 29. Aspecto de la muestra MBM-LB140-07. (A) En NII, (B) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita, Illita?. Se observa textura milonítica.66

Figura 30. Aspecto de la muestra MBM-LB278-03. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota, se observa textura plumosa.69

Figura 31. Aspecto de la muestra MBM-LB140-08B. (A) En NII, (B) en NX Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota, se observa textura masiva.69

Figura 32. Muestra MBM-LB140-09B. (C) En NII, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz4: cuarzo 4, textura flamboyant.70

Figura 33. Aspecto de la muestra MBM-LB140-09C. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita, Zrn: zircón.70

Figura 34. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10A. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Qtz2: cuarzo 2 en textura colorme.70

Figura 35. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10A(C) En NII, (D) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, textura crustiforme entre Qtz2 y opacos (sulfuros).71

Figura 36. Aspecto de la muestra MBM-LB278-06. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Alu: alunita, Qtz1+Illita?: cuarzo 1 con illita. (C) en NII, (D) en NX,

Qtz3: cuarzo 3, Qtz1+Illita?: cuarzo 1 con illita. Qtz Comb: cuarzo con textura Comb.72

Figura 37. Comparación entre texturas de baja sulfidación (A) y (B) Textura Bandeada; (C) Textura Bladed. Alta sulfidación Texturas (D), (E) y (F) Cuarzo Vuggy.....74

Figura 38. Esquema mostrando los diferentes tipos de inclusiones fluidas.76

Figura 39. Clasificación según Nash (1976). Tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L: líquido, S: sólido, V: vapor, C: carbonáticas). Donde: L: moderada salinidad con dos fases. (L: agua y V: vapor de agua). V: ricas en gas (> 60% de la inclusión). Buenas indicadores de ebullición. S: muy salinas con cristales de halita, silvita, anhidrita, etc. C: ricas en CO₂ con la relación CO₂/H₂O entre 3% y 30% del volumen.....78

Figura 40. Mecanismo de atrapamiento de inclusiones fluidas primarias según Roedder (1984).....79

Figura 41. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB278-03. (A) IF primaria con familias de IF secundarias (IFS). (B) IF primaria con una familia de IF secundarias. (C) IF primaria con familia de IF pseudosecundaria. Fotografía tomada en nicols paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. IFPS: inclusiones fluidas pseudosecundarias.81

Figura 42. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB278-04C. (A) IF primaria con familias. (B) IF primaria con una familia de IF secundarias. (C) IF primaria. (D) IF primaria bifásica rica en vapor. Fotografía tomada en nicols paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. Fotografía tomada en nicols paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida.....82

Figura 43. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB140-09A. (A) IF primaria con familias. (B) IF primaria con una familia de IF

secundarias. (C) IF primaria. (D) IF primaria bifásica rica en vapor. Fotografía tomada en nicoles paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. Fotografía tomada en nicoles paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida.....83

Figura 44. Distribución espacial de los cristales de pirita seleccionados para el análisis de química mineral. Sección delgada muestra MBM-P140-08A.87

Figura 45. Cristal 1 (C1)87

Figura 46. Cristal 2 (C2) y cristal 2A (C2A)88

Figura 47. Cristal 3 (C3)89

Figura 48. Cristal 4 (C4)90

Figura 49. Concentración de Fe vs S para clastos de pirita (C1, C2, C2A y C4) y pirita contenida en clastos (C3) para la muestra MBM-P140-08A.....91

Figura 50. Distribución espacial de los cristales de pirita seleccionados para el análisis de química mineral. Sección delgada muestra MBM-P140-10B.91

Figura 51. Cristal 5 (C5)92

Figura 52. Cristal 6 (C6)93

Figura 53. Cristal 7 (C7)94

Figura 54. Cristal 8 (C8) y cristal 8A (C8A)95

Figura 55. Concentración de Fe vs S para clastos de pirita (C5, C6, C7, C8 y C8A) para la muestra MBM-P140-10B.96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los análisis elaborados en la fase de laboratorio.....	24
Tabla 2. Estándares y límites de detección usados en la microsonda para piritas.	27
Tabla 3. Número de pozo de perforación y relación de sus correspondientes muestras estudiadas.....	41
Tabla 4. Relación de muestras estudiadas.....	62
Tabla 5. Datos microtermométricos obtenidos en el laboratorio.....	84
Tabla 6. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C1.	88
Tabla 7. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C2.	88
Tabla 8. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C2A.	89
Tabla 9. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C3.	89
Tabla 10. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C4.	90
Tabla 11. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C5.	92
Tabla 12. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C6.	93
Tabla 13. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C7.	94

Tabla 14. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C8.95

Tabla 15. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C8A.95

ANEXOS

ANEXO 1. CATÁLOGO MACROSCÓPICO	107
ANEXO 2. CATÁLOGO PETROGRÁFICO.....	130

RESUMEN

TITULO: Estudio Textural de las Brechas del Sector La Mascota (Plataforma 9600: Pozos de Perforación LB278 y LB140), Proyecto La Bodega (Municipio de California, Departamento de Santander)¹.

AUTOR: Monika Bertilde Mendoza León².

PALABRAS CLAVES: Brecha, Proyecto La Bodega, Sector La Mascota, texturas, microtermometría de inclusiones fluidas, Municipio de California.

DESCRIPCIÓN

Este documento es el resultado de un proyecto de pregrado 'Modalidad Investigación', el cual tenía por objetivo principal estudiar las texturas de los cuerpos de brechas reconocidos durante perforaciones en el área del proyecto aurífero 'La Bodega' (Municipio California, Santander), para fines de establecer su papel durante el evento mineralizante y su correspondiente historia geológica de formación y evolución.

Las brechas de La Mascota, se han clasificado en tres tipos: clasto-soportadas, matriz-soportadas y cemento-soportadas. Igualmente, las texturas predominantes identificadas para las brechas del sector La Mascota son: Bandas Coloformes, Bandas Crustiformes, Masiva, Mosaico y Feathery. En menor proporción se observaron también texturas Lattice Bladed, Comb, Flamboyant, Cockade, Sacaroides, Zonada y Cataclástica (Milonítica?). Todas las texturas mencionadas excepto la textura Cataclástica, corresponden a texturas típicas de ambientes epitermales de baja sulfidación. La textura Cataclástica se relaciona a deformación dúctil, sugiriendo un sistema Tectónico-Hidrotermal.

Los rasgos de las brechas permitieron definir diferentes eventos relacionados con la posible génesis y evolución de las brechas: 1) Etapa pre-Brechificación I: clastos con alteración sericitia-illita (?), 2) Etapa pre-Brechificación II: clastos alunitizados. 3) Etapa de Brechificación I o evento tectónico-hidrotermal: actividad de la Falla de La Quebrada La Baja (?) y escape simultáneo de fluidos, que favoreció la formación de un precipitado de cuarzo microcristalino, generando la cementación de la matriz; 4) Etapa de Brechificación II: Brechificación y alteración hidrotermal formando precipitados hidrotermales tipo cuarzo con textura coloforme, crustiforme, plumosa, entre otras, relacionadas con ambientes epitermales de baja sulfidación (?).

El estudio de las Inclusiones Fluidas presentes en cementos derivados de la etapa de brechificación II, sugieren temperaturas mínimas de los paleofluidos, entre 190°C y 250°C. Sus relaciones L/V y su modo de homogenización a líquido (Th→L), apuntan a que los paleofluidos fueron atrapados en condiciones homogéneas.

¹ Proyecto de Grado.

² Facultad de Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Luis Carlos Mantilla Figueroa. Codirectores: Alfonso Luis Rodríguez, Guillermo Antonio Ávila.

ABSTRACT

TITLE: Textural Study of the breccias in La Mascota Zone (Drill Pad 9600: Diamond Drill Holes LB278 & LB140), La Bodega Project (California town, Santander Department)¹.

AUTHOR: Monika Bertilde Mendoza León².

KEYWORDS: Breccia, La Bodega Project, La Mascota Zone, textures, fluid inclusions microthermometry, California town.

DESCRIPTION

This document is the result of a “Research Type” degree project. The main objective of the project was to study textures of breccia bodies that have been identified by diamond drilling in the area of La Bodega gold project (California town, Santander), in order to establish its role during the mineralization events and its corresponding geological history and evolution.

La Mascota Breccias have been texturally classified in three types based on the internal organization of the breccia components: clast supported, matrix supported, cement supported. Likewise, the most dominant textures at La Mascota zone are: Coloform Bands, Crustiform Bands, Massive, Mosaic and Feathery. Minor abundance of other textures was observed like Lattice Bladed, Comb, Flamboyant, Cockade, Sacaroidal, Zoned, Cataclastic (Milonitic?) textures. All mentioned textures, except for the cataclastic texture, correspond to typical textures of low sulphidation environments. Cataclastic texture is related to ductile deformation suggesting a Tectono-Hydrothermal system.

Breccia Features allowed to define different events related to the possible genesis and evolution of the breccias: 1) Pre-Breccification Stage I: sericite-illite altered clasts. 2) Pre-Breccification Stage II.: alunized clasts. 3) Breccification Stage I or tectono-hydrothermal event: La Baja Creek fault activity and fluids simultaneous escape, favoring microcrystalline quartz precipitate generating matrix cement (?). 4) Breccification Stage II: Breccification and hydrothermal alteration precipitating hydrothermal products like coloform, crustiform, feathery texture quartz, among others, related to low sulphidation environments (?).

Study of fluid inclusions in the cement that was derived from Breccification Stage II suggests paleofluid minimum temperatures between 190°C and 250°C. Their relations L/V and their homogenization mode to liquid (Th→L), show that paleofluid were entrapped in homogeneous conditions.

¹ Graduate Project.

² Faculty of Physical and Chemical Engineering. Geology School. Director: Luis Carlos Mantilla Figueroa. Codirectores: Alfonso Luis Rodríguez, Guillermo Antonio Ávila.

INTRODUCCIÓN

El presente documento es el resultado de un proyecto de pregrado modalidad investigación, cuya temática fue propuesta por el grupo de investigación en Mineralogía, Petrografía y Geoquímica (MINPETGEO) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y su desarrollo fue auspiciado por la empresa *CVS Explorations Ltda.*

El distrito minero de Vetas-California (Departamento de Santander), presenta depósitos epitermales, fundamentalmente de Au-Ag. Estos depósitos, en el sector del municipio de California, han sido considerados por algunos autores como formados en un ambiente epitermal de alta sulfidación (Mathur *et al.*, 2003) a intermedia sulfidación (Hedenquist, 2010).

La mineralización de Au-Ag, está asociada mayoritariamente a filones y a diseminaciones en rocas con alteración hidrotermal (argílica avanzada), típicas de las partes más someras de un sistema magmático-hidrotermal. Sin embargo, en el Sector La Mascota, Proyecto La bodega, durante los trabajos de perforación realizados por la empresa CVS Explorations Ltda., se identificó un nuevo tipo de estructura mineralizada, representada en brechas, las cuales parecen tener un fuerte control estructural (dirección NE, buzando al NW).

El origen de estas brechas, hasta la fecha se desconoce, debido a la falta de estudios geológicos. Por esta razón, se propone realizar este proyecto con la finalidad de compilar una serie de datos básicos sobre las brechas (especialmente atributos relacionados con su composición y textura), en aras de contribuir al conocimiento del origen de esta nueva estructura mineralizada.

En el sentido anteriormente mencionado, se ha definido como objetivo de trabajo de tesis de pregrado, realizar una descripción de las brechas reconocidas de la perforación de los pozos LB278 y LB140, haciendo especial énfasis en la descripción de rasgos tales como: a) geometría de la brecha; b) tamaño de grano; c) componentes (clastos, cemento, matriz, oquedades); d) organización interna de sus componentes y; e) alteraciones asociadas. Aunque la alteración asociada a los componentes de la brecha, es otro elemento importante en la descripción de éstas, no se hace énfasis en esta en el presente estudio.

Apoyados en la identificación y descripción de los atributos de las brechas objeto de estudio, se espera en lo posible interpretar su ambiente, procesos asociados a su génesis y evidentemente su relación con la mineralización.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar las brechas reconocidas en los núcleos de los pozos de perforación LB278 y LB140 del Sector La Mascota (Proyecto La Bodega) en el municipio de California (Santander), para afines de interpretar su ambiente y procesos asociados a su formación.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la descripción textural y composicional de las brechas reconocidas en los núcleos de perforación LB278 y LB140 del sector La Mascota, a partir de análisis macroscópicos y microscópicos (microscopía óptica y electrónica), para fines de reconocer procesos y ambientes asociados a su formación.
- Realizar análisis petrográficos y microtermométricos en las inclusiones fluidas presentes especialmente en los cementos de las brechas, con el fin de identificar y establecer las propiedades fisicoquímicas de los paleofluidos asociados a éstas.
- Realizar análisis de química mineral en las distintas variedades de sulfuros presentes en las brechas.
- Sugerir a la luz de los nuevos datos, el ambiente y sus procesos geológicos que debieron condicionar la formación de éstas estructuras.

2 METODOLOGÍA

Para poder alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, se estructuró una metodología de trabajo, la cual consistió en TRES fases: 1) Fase de campo, previa colección análisis de la información existente; 2) Fase de Laboratorio; 3) Fase de interpretación de resultados y elaboración de informe final.

Debido a la importancia en la obtención de nuevos datos, a continuación se describen la fase de campo y la fase de laboratorio.

2.1 FASE DE CAMPO.

Durante esta fase se realizó la salida a campo al área objeto de estudio, en aras de realizar el muestreo de las brechas reconocidas durante de las perforaciones de los pozos LB278 y LB140 (Sector de La Mascota, Proyecto La Bodega). Durante este trabajo de campo (fundamentalmente para fines de reconocimiento de la geología local y trabajo con núcleos), se recolectaron 6 muestras para el pozo LB278 y 5 para el pozo LB140 (ver esquema de localización de los pozos y distribución de las muestras extraídas en la Figura 10). Estas muestras, fueron referenciadas, mediante la nomenclatura MBM-PLBX-000, en donde MBM son las iniciales de la tesista (Monika Bertilde Mendoza), en secuencia con el PLBX pozo La Bodega y número referente a la muestra y la última parte de la nomenclatura corresponde con el número consecutivo de la muestra tomada (001: primera muestra tomada).

2.2 FASE DE LABORATORIO.

Durante la fase de laboratorio (Ver Tabla 1), se realizaron los siguientes análisis:

Tabla 1. Resumen de los análisis elaborados en la fase de laboratorio.

No. Pozo	Código Geoquímico	Profundidad (m)	Código Muestra	Código Sección Delgada	Análisis			
					Descripción Macro	Descripción Micro	Microtermometría IF	Química Mineral
LB278	I575916	396.44	MBM-001	MBM-01A	X	X		
				MBM-01B		X		
LB278	I634812	536.66	MBM-002	MBM-02	X	X		
LB278	I634840	562.45	MBM-003	MBM-03	X	X	X	
				MBM-04A		X		
LB278	J634854	575.37	MBM-004	MBM-04B	X	X		
				MBM-04C		X	X	
LB278	J634853	575.81	MBM-005	MBM-05A	X	X		
				MBM-05B		X		
LB278	J634858	580.41	MBM-006	MBM-06	X	X		
LB140	8763	406.44	MBM-007	MBM-07	X	X		
LB140	8771	413.18	MBM-008	MBM-08A	X	X		
				MBM-08B		X		X
				MBM-09A		X	X	
LB140	8781	422.00	MBM-009	MBM-09B	X	X		
				MBM-09C		X		
LB140	8784	425.19	MBM-010	MBM-10A	X	X		
				MBM-10B		X		X
LB140	8791	430.96	MBM-011	MBM-11A	X	X		
				MBM-11B		X		

Estos análisis fueron realizados para identificar y caracterizar las fases minerales y los rasgos petrográficos en general, presentes en las muestras estudiadas.

La descripción macroscópica de las muestras se realizó utilizando una lupa bilocular, marca NIKON N1-150 MODELO C-PS (Figura 1), disponible en el laboratorio de Arcillas de la Escuela de Geología.

Figura 1. Lupa bipolar NIKON N1-150 MODELO C-PS para la descripción macroscópica de muestras. Laboratorio de lupas, Escuela de Geología, (UIS).



- **Análisis de Microscopía Óptica y Electrónica.**

Durante el estudio de las láminas delgadas, se utilizó un microscopio óptico de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con cámara y pantalla incorporada Digital Sight DS-SM y Digital Sight DS-L1 (Figura 2) disponible en el laboratorio de microscopía óptica de la Escuela de Geología.

Figura 2. Microscopio óptico de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con cámara y pantalla incorporada Digital S DS-L1. Escuela de Geología, (UIS).



Para la análisis de química mineral, se utilizó una microsonda electrónica marca CAMECA SX100 (ver aspecto del equipo Figura 3) en el Departamento de Geología de la Universidad de California (sede Santa Bárbara-USA). La sonda está equipada con cinco espectrómetros de longitud de onda dispersiva. El equipo esta automatizado basado en el software EPMA v.8.47 para la sonda. La resolución espacial para el análisis cuantitativo fue del orden de 1 a 3 micras y la resolución espacial para las imágenes de electrones secundarios y retro dispersados fue de aproximadamente 100 a 200 nanómetros (según el voltaje de aceleración, la composición de la corriente del haz y la muestra).

Figura 3. Microsonda electrónica CAMECA SX100, Departamento de Geología de la Universidad de California, Santa Bárbara.



Para la calibración del equipo, se utilizaron los siguientes patrones:

Tabla 2. Estándares y límites de detección usados en la microsonda para piritas.

Estándares para Piritas	Rayos X	Límites de Detección
Esfalerita para S	L α	0,038766
Fe Metal	K α	0,048699
Oropimente para As	L α	0,106452
Mo Metal	L α	0,052192
Pb Metal	L α	0,306869
Cu Metal	K α	0,162191
Zn Metal	K α	0,212313
Co Metal	K α	0,034638
Ni Metal	K α	0,036154
Ag Metal	L α	0,056826
Sb Metal	L α	0,034699
Te Metal	L α	0,066427
Cd Metal	L α	0,103554
W Metal	M α	0,038686
Au Metal	M α	0,22305
Bi Metal	M α	0,LB140558

La preparación de las muestras para análisis mediante microsonda electrónica se siguió con la elaboración de 2 secciones delgadas pulidas a las cuales se seleccionaron diferentes sulfuros encerrándolos con un círculo (para facilitar la ubicación en el momento del análisis). Luego se cubre con grafito para que los minerales sean analizados con los rayos de la microsonda electrónica.

- **Análisis Microtermométrico.**

El análisis petrográfico de inclusiones fluidas se realizó en el Laboratorio de microscopía óptica de luz transmitida y los análisis microtermométricos se realizaron en el microscopio de Luz transmitida (Figura 3) marca NIKON ELIPSE 50i, con platina de enfriamiento y calentamiento THMS 600 marca LINKAM, la cual permite medir cambios de fases en inclusiones fluidas de temperaturas de -198°C y +600°C, Laboratorio de Geología, sede Guatiguará (UIS).

Figura 4. Microscopio de Luz transmitida marca NIKON ELIPSE 50i, con platina de enfriamiento y calentamiento THMS 600 marca LINKAM. Laboratorio de Geología, sede Guatiguará (UIS).



3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

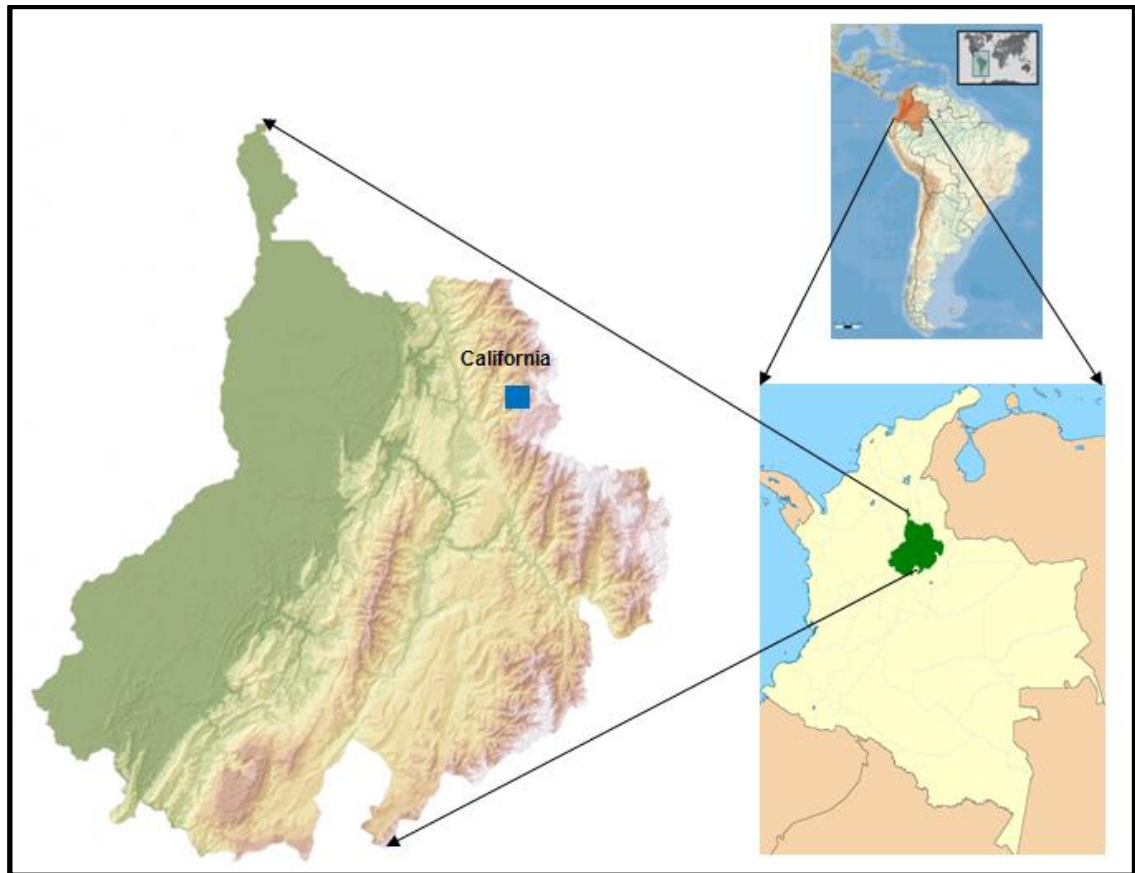
3.1 LOCALIZACIÓN

El sector de La Mascota del proyecto La Bodega, Municipio de California (Figura 5), se encuentra ubicado en la parte nororiental del departamento de Santander, el cual se encuentra aproximadamente a 51 Km de Bucaramanga capital del departamento. Para acceder al municipio de California se hace por la vía Bucaramanga–Suratá y de allí se accede por carretera sin pavimentar que conduce a las veredas la Baja y Angostura al proyecto La Bodega.

La Mascota se encuentra ubicada en el centro del Macizo de Santander, cordillera oriental de Colombia dentro del cuadrángulo en las coordenadas aproximadas (origen Bogotá):

X1:1'307.000	Y1:1'129.000
X2:1'308.000	Y2:1'130.000

Figura 5. Localización geográfica del sector de La Mascota, proyecto La Bodega en el Municipio de California Santander.



Fuente: Tomado de <http://www.worldatlas.com/webimage/countrys/samerica/co.htm>

3.2 VÍAS DE ACCESO

El municipio de California se encuentra sobre la vía principal que conduce de Bucaramanga-Suratá a 50 Km de la capital de Santander (Figura 6). El proyecto La Bodega se encuentra a 9 Km por carretera destapada del municipio. Existen también carreteras satélites que comunican al municipio con otros como Vetas y veredas aledañas al Municipio de California.

Figura 6. Vías principales de Bucaramanga con señalización del Municipio de California.



Fuente: Tomado de <http://co.lirondo.com/Santander/California/como-llegar>

3.3 CLIMA, VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA

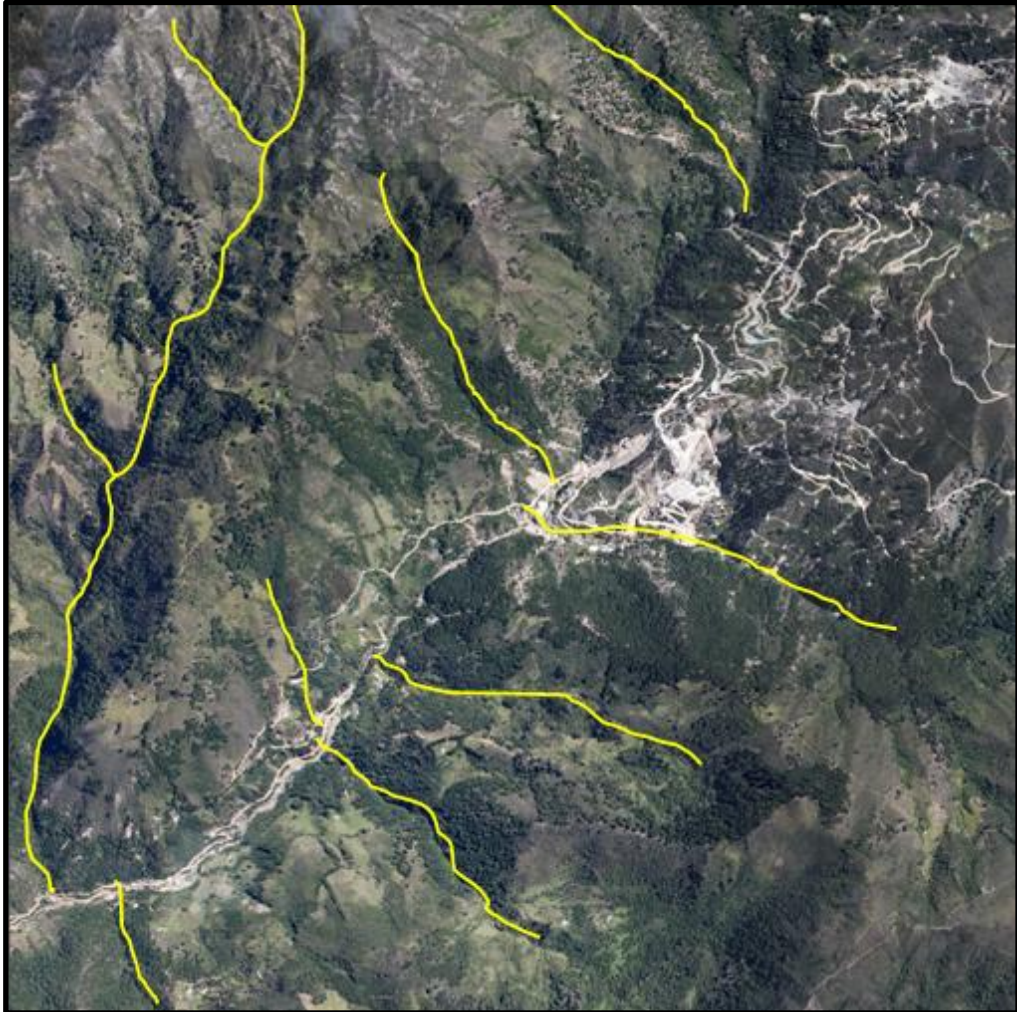
El proyecto La Bodega se encuentra a una altura que varía entre 2600 m.s.n.m y 3250 m.s.n.m (Altmann et al., 2010), se caracteriza por poseer un clima frío y húmedo con una temperatura promedio anual de 10°C que varía con la altitud y las condiciones meteorológicas. Dos estaciones de lluvias ocurren principalmente entre abril-mayo y octubre-noviembre; la precipitación promedio anual es de 750mm.

Ya que el proyecto se encuentra al nororiente de la cordillera oriental su topografía está denominada por relieves empinados con pendientes pronunciadas mayores de 30° y valles profundos. El área es controlada estructuralmente por fallas lo cual presenta drenajes paralelos en la zona (Figura 7).

Su vegetación es escasa en los sectores topográficos de mayor elevación aumentando hacia las partes más bajas. En el municipio predominan árboles y

plantas de menor tamaño especies nativas como el roble y el siete cuervos abundan en la zona.

Figura 7. Aspecto Geomorfológico de la zona de estudio, nótese un control estructural en los drenajes de la zona (en amarillo). Ortoimagen Proyecto La Bodega, Sector La Mascota en el municipio de California (Santander).



Fuente: Imagen suministrada por la empresa *CVS Explorations Ltda.*

4 ANTECEDENTES

Con el propósito de contextualizar la geología del área de estudio, a continuación se resumen aquellos aspectos geológicos relacionados con la geología regional y local, tanto en sus aspectos estratigráficos, como de geología estructural y geología económica, realizados en el marco de estudios geológicos anteriores.

4.1 ESTRATIGRAFÍA.

En el macizo de Santander, en el cual se localiza el área de estudio, afloran rocas metamórficas del pre-cámbricas Ward *et al.*, (1973), agrupadas dentro de la formación Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará y Ortoneis (ver Figura 8) las cuales en algunos sectores han sido intruidas por cuerpos ígneos de tipo ácido a intermedio los cuales hacen parte del Grupo Plutónico de Santander fueron emplazados durante Triásico/Jurásico (Ward *et al.*, 1973). Las rocas sedimentarias que varían cronológicamente desde el Paleozoico hasta el Cretácico representada en las formaciones Floresta, Diamante, Tiburón, Bocas, Jordán, Girón (Ward *et al.*, 1973; Royero y Clavijo, 2001).

Por su importancia en el presente estudio, a continuación se relacionará un resumen con información disponible en la bibliografía, sobre las rocas aflorantes en el área de estudio, tanto de naturaleza metamórfica (Formación Neis de Bucaramanga), como ígnea (asociadas a eventos magmáticos del Mesozoico y Cenozoico).

- **Neis de Bucaramanga.**

El neis de Bucaramanga consta de una secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos, hornbléndicos, micáceos y granatíferos, además de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y granulitas. El complejo Neis de

Bucaramanga ha sido intruido por plutones de composición félsica del Paleozoico y Jurásico (Royero y Clavijo, 2001). Ward *et al.*, (1973) lo describe en general como rocas metamórficas pre-cámbricas, afectadas por metamorfismo dinamo-térmico regional de alto grado (facies anfibolita). Los principales afloramientos con roca fresca del Neis de Bucaramanga se limitan a algunas quebradas, como La Baja, Paez, Chitaguá (Mendoza y Jaramillo, 1979), Angosturas y los cortes de las vías principales.

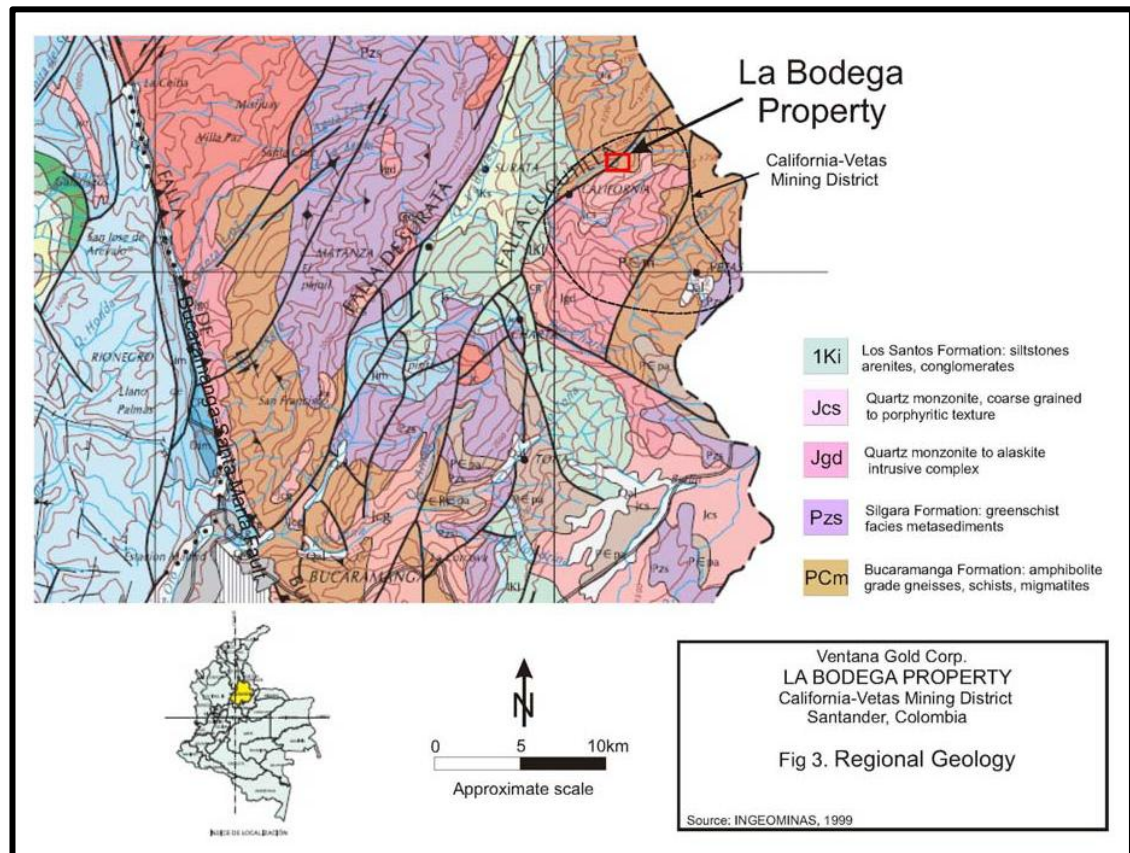
- **Cuarzomonzonita Rosada.**

Conforma el Batolito de Santa Bárbara. La cuarzomonzonita es de color rosado, rosado a naranja y grisáceo, está compuesta por feldespatos potásico, plagioclasa, cuarzo y biotita (Royero y Clavijo, 2001). La Cuarzomonzonita de Santa Bárbara conforma el Batolito de Santa Bárbara, Grupo Plutónico de Santander; aflora al oriente del departamento de Santander, se asume una edad de Triásico Superior-Jurásico inferior (Ward *et al.*, 1973).

- **Granodiorita Gris.**

Estas rocas constituyen el Batolito granodiorítico de Rionegro y el Plutón tonalítico de Páramo Rico. La granodiorita del Batolito de Rionegro es de color gris, de grano medio a grueso, subporfirítico, compuesta por andesina, cuarzo, microclina y biotita. La tonalita del Plutón de Páramo Rico es de color gris verdoso, de grano medio, con variaciones locales a granodiorita; está constituida por andesina, cuarzo, hornblenda y feldespatos potásico. Se asume una edad de Jurásico inferior (Ward *et al.*, 1973).

Figura 8. Geología Regional del área de estudio.

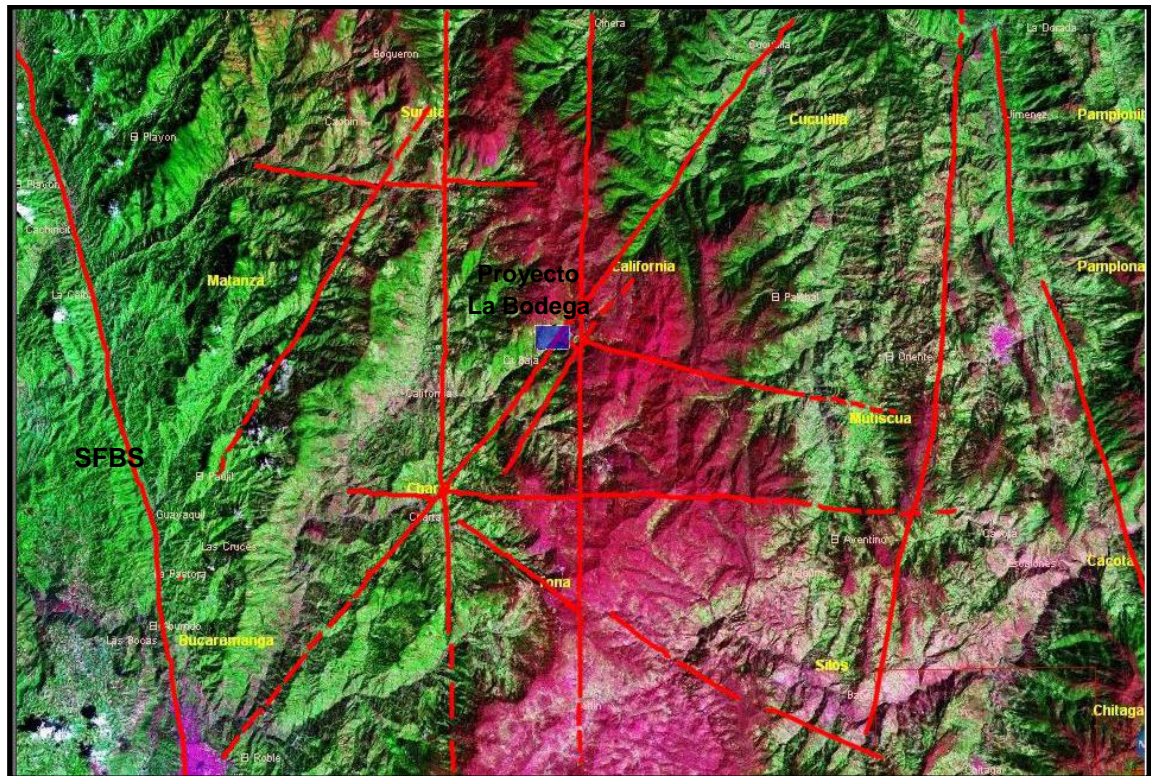


Fuente: Mapa suministrado por la empresa *CVS Explorations Ltda.*

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

La falla más importante por su relación con el presente estudio, son la Falla de Bucaramanga (falla de primer orden en este estudio), Falla del Río Suratá y Falla Cucutilla (fallas consideradas de segundo orden en el marco del presente estudio), Falla del Río Vetas (considerada como falla de tercer orden en este estudio) y la Falla de la Quebrada La Baja (considerada como falla de cuarto orden en este estudio). Sus relaciones espaciales, se representan en la imagen satelital de la Figura 9.

Figura 9. Imagen satelital. Rasgos Estructurales Regionales. SFBS (Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta).



Fuente: Adaptado de Parra (2007).

4.3 GEOLOGÍA ECONÓMICA.

Diversos estudios geológicos se han realizado en el municipio de California, Santander, para fines de conocer su verdadero potencial minero y para explotación de filones auroargentíferos.

Uno de los principales trabajos realizados en la zona es la primera cartografía realizada a escala 1:100000 en las planchas H12 y H13 que corresponde con los departamentos de Santander y Norte de Santander (Ward *et al.*, 1973), gran aporte a la geología de la zona.

Estudios basados en la geoquímica de sedimentos activos del sector de La Quebrada La Baja en California, permitieron reconocer anomalías que

reflejaban concentraciones importantes de Oro y Plata, relacionadas en aquel momento con los filones hidrotermales que se venían explotando incluso desde épocas precolombinas (Mendoza y Jaramillo, 1979; Royero y Clavijo, 2001).

Estudios petrográficos realizados con el propósito de caracterizar los filones ricos en Oro y Plata, fueron realizados por Pinto (1991), haciendo énfasis en la caracterización de venas de cuarzo y pirita, calcopirita, diegenita y bornita. Por otro lado, Díaz y Guerrero (2006), estudiaron las asociaciones mineralógicas de las menas del depósito Angostura, a partir de análisis petrográficos y geoquímicos.

Se determinó una edad 57 ± 10 Ma. de la mineralización por medio de las dataciones Re/Os en piritas de la mina La Bodega e igualmente para el pórfido dacítico el cual tendría que ver con la mineralización de la zona (Mathur *et al.*, 2002).

Dataciones realizadas con U-Pb en zircones determinaron edades 8.4 ± 0.2 y 9.0 ± 0.2 (Mantilla *et al.*, 2009) para cuerpos riodacíticos porfídicos, evidencia una etapa magmática reciente para la cordillera oriental y posiblemente procesos magmáticos hidrotermales asociados a este.

Paragénesis minerales de las brechas mineralizadas del sector de La Mascota donde se realizaron análisis de microtermometría en inclusiones fluidas de las brechas donde se identificaron diferentes tipos de inclusiones como bifásicas, polifásicas; análisis de microsonda electrónica donde se determinaron las mineralizaciones de oro en calcopirita, bornita, esfalerita y covelina, (Forero, 2010).

En los últimos años se han intensificado las labores de exploración en el área por parte de dos compañías mineras (*Greystar Resources Ltda.*, y *CVS Explorations Ltda.*). Estos trabajos han ido aportando nuevos conocimientos

acerca de la geología y poco a poco han ido ayudando a determinar las características de la mineralización en el distrito.

En los últimos cuatro años de perforaciones realizadas por *CVS Explorations Ltda.*, se han identificado rocas brechiformes (posibles brechas tectónico-hidrotermales) que forman parte de las zonas mineralizadas de la región. Sin embargo la caracterización formal de dichas brechas aún no se ha determinado.

5 RESULTADOS

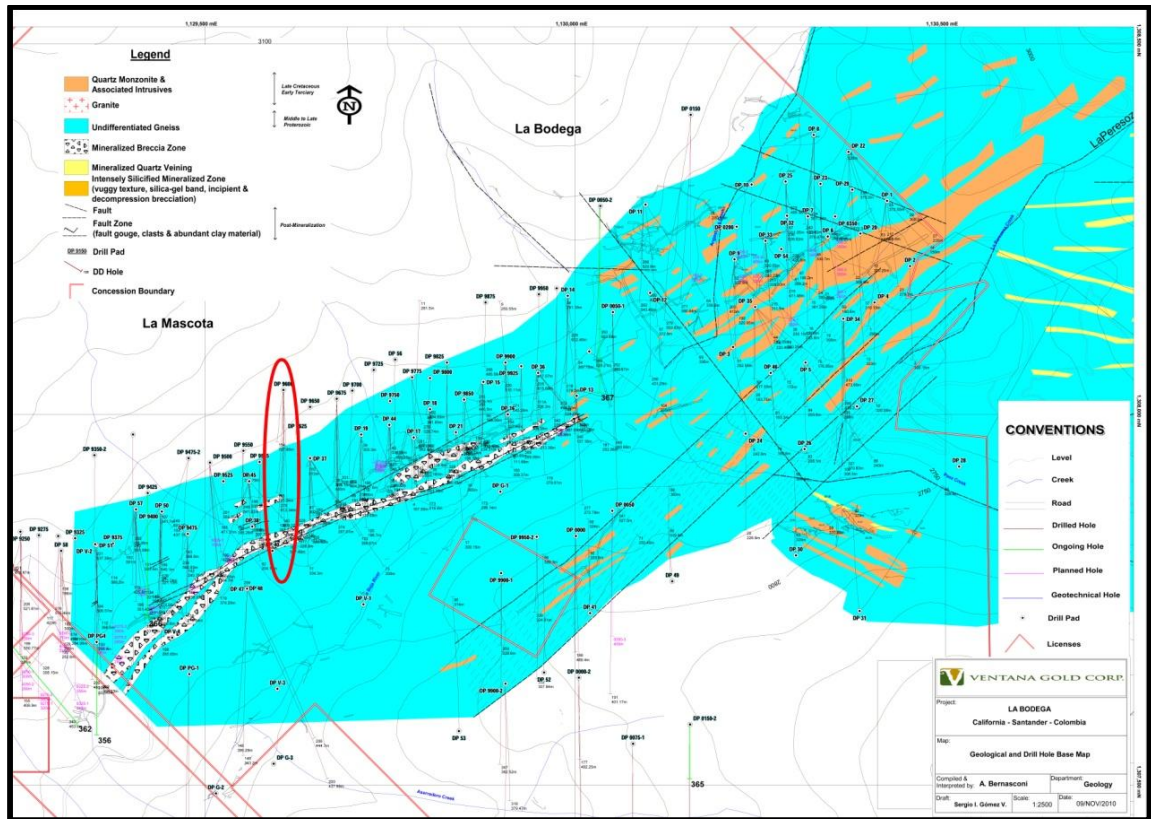
5.1 RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES DEL SECTOR LA MASCOTA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS BRECHAS.

En el Sector La Mascota, afloran rocas metamórficas de la formación neis de Bucaramanga fundamentalmente. Más hacia el sur y al oeste afloran rocas ígneas tales como granitos, cuarzomonzonitas y cuarzodioritas (Figura 9).

Las brechas estudiadas se distribuyen geográficamente en el Sector La Mascota, siguiendo una tendencia NE-SW, al parecer controladas estructuralmente por la falla de cuarto orden mencionado en el apartado antecedentes (Falla Río La Baja). En la Figura 10 se indica la localización de las perforaciones de los pozos LB278 y LB140 (perforados desde la plataforma 9600), y referenciados según las siguientes coordenadas (origen Bogotá):

- **Pozo LB278.** Este: 1.129.605
Norte: 1.308.032
Elevación: 2.828 m.
- **Pozo LB140.** Este: 1.129.606
Norte: 1.308.032
Elevación: 2.828 m.

Figura 10. Mapa Geológico, Proyecto La Bodega en California, Santander. Ubicación de la Plataforma 9600. Por Bernasconi *et al.*, (2009).



Fuente: Imagen suministrada por la empresa *CVS Explorations Ltda.*

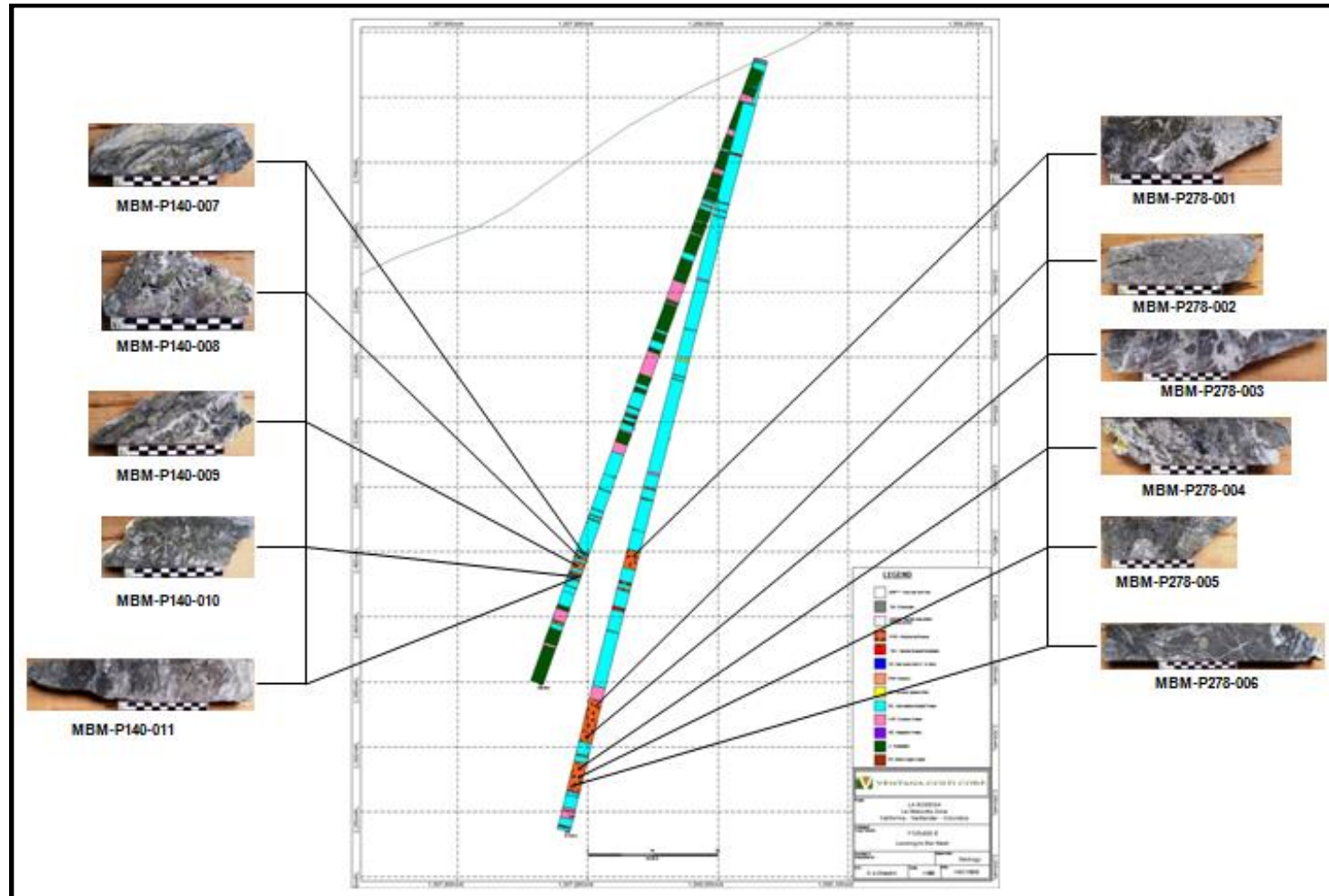
En la tabla 3, se observa el número del pozo con su respectiva muestra, código geoquímico (empleado por la Empresa *CVS Explorations Ltda.*) y código de muestra que se otorgo durante este proyecto con la profundidad de la cual se extrajeron cada una de las rocas.

Tabla 3. Número de pozo de perforación y relación de sus correspondientes muestras estudiadas.

No. POZO	CÓDIGO GEOQUÍMICO	CÓDIGO PROYECTO	PROFUNDIDAD (m)
LB278	I575916	MBM-LB278-001	396.44
LB278	I634812	MBM-LB278-002	536.66
LB278	I634840	MBM-LB278-003	562.45
LB278	J634854	MBM-LB278-004	575.37
LB278	J634853	MBM-LB278-005	575.81
LB278	J634858	MBM-LB278-006	580.41
LB140	8763	MBM-LB140-007	406.44
LB140	8771	MBM-LB140-008	413.18
LB140	8781	MBM-LB140-009	422.00
LB140	8784	MBM-LB140-010	425.19
LB140	8791	MBM-LB140-011	430.96

En la Figura 11 se encuentra el perfil de los pozos y la distribución espacial de las muestras y la posición del tramo, desde el cual fueron éstas extraídas.

Figura 11. Esquema ilustrativo de la disposición de los pozos de perforación LB278 y LB140 y sus correspondientes tramos muestreados.



Fuente: Perfil suministrado por la empresa *CVS Explorations Ltda.*

5.2 CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE AMBIENTES Y PROCESOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE BRECHAS.

Las brechas son el resultado de la ruptura de las rocas debido a diversos fenómenos naturales, los cuales puede tener lugar en ambientes, volcánicos, sedimentarios, tectónicos, magmáticos, hidrotermales o mezcla de éstos.

Varias clasificaciones genéticas de brechas han sido propuestas en la bibliografía (Sillitoe, 1985), sin embargo, tal como lo sugiere Cooke (2005), antes de clasificar una brecha desde el punto de vista genético, es fundamental una descripción detallada de sus atributos, al menos aquellos relacionados con su Composición (Matriz, Cemento, Clastos); Textura (Clasto-soportada, Jigsaw fit, etc.); Morfología (Pipe, Vena, Capa, etc.) y sus Relaciones de Contacto.

Para fines de estandarizar la metodología que será utilizada en la descripción de las brechas objeto del presente estudio, a continuación se presentaran los atributos a describir, siguiendo la recomendación de Cooke (2005), y posteriormente se presentarán diversas clasificaciones genéticas propuestas en la bibliografía. Estas últimas, serán consideradas solo con posterioridad a la descripción de los atributos de las brechas, tal como se mencionó anteriormente.

5.2.1 Atributos a tener presente durante la Descripción de las Brechas (según Cooke, 2008).

Entre los atributos que contribuyen a la descripción macroscópica y microscópica de las brechas, se destacan los siguientes:

I. Geometría del Cuerpo de Brecha.

En este tipo de atributo, merece la pena reconocer tanto la morfología del cuerpo brechificado, como sus relaciones de contacto, así:

- Pipe, Cono, Dique, Vena, Capa, Irregular, Tabular, etc.
- Relaciones de Contacto: neto, gradacional, fallado, irregular, planar, concordante, discordante.

II. Tamaño de Grano de la Brecha.

- **Microbrecha:** Los fragmentos son menores a 2mm (<2mm).
- **Brecha:** Los fragmentos son mayores a 2mm (>2mm).

III. Componentes.

a. **Clastos.**

- Monomícticos o Polimícticos.
- Composición (líticos, venas, brecha, lapilli, mineralizados, etc.)
- Morfología (angular, subangular, subredondeada, redondeada, bien redondeado, tabular, etc.).
- Tamaño (arcilla, limo, arena, grava, guijarro).

b. **Matriz.**

- Harina de roca, fragmentos de cristales, fragmentos líticos, fragmentos de vena.
- Textura: bandeada, laminada, masiva.
- Tamaño de grano: arcilla, limo, arena.

c. **Cemento.**

- Textura (texturas de cuarzo como: cockade, masiva, drusa, etc.).
- Mineralogía de mena y de ganga, tamaño de grano (si se observa).

d. **Oquedades** (Vugs).

- Forma (redondeada, subredondeados, irregular, tabular, etc.).

IV. Organización Interna.

- Abundancia de clastos, matriz, cemento (clasto-soportada, matriz-soportada, cemento-soportada).
- Distribución de los clastos: jigsaw-fit; rotada, caótica, masiva, etc.
- Estratificada o sin estratificación.

V. Alteración.

- Clastos, Matriz, Cemento.
- Paragénesis de la alteración.

Para la descripción de las brechas objeto del presente estudio, se generó un formato teniendo en cuenta los atributos anteriormente mencionados. Este formato se relaciona en el anexo 1.

Para fines de aclarar algunos de los términos antes mencionados y otros que serán utilizados a lo largo del trabajo de descripción de las brechas, a continuación se relacionan algunas definiciones de los conceptos básicos aquí utilizados:

- **Clasto:** Son los fragmentos de las rocas que constituyen las brechas. Cuando los clastos en la brecha son de una misma litología, ésta se denominan brecha monomítica; y si está compuesta por dos o más litologías se les denomina polimítica. Morfológicamente los clastos pueden ser angulares, subangulares, redondeados y subredondeados, esto depende cuanto transporte han tenido los clastos o que procesos químicos corrosivos han podido dar esta apariencia.
- **Matriz:** Es la harina de roca que se encuentra entre los clastos y se forma por la trituración de los clastos. El tamaño de grano de la matriz,

varía según su tamaño y se puede clasificar como: lodo, limo, arena, grava y tamaño guijarro. La matriz puede presentar texturas como bandeada, laminada, masiva entre otras.

- **Cemento:** Es el precipitado químico que se forma principalmente a partir del fluido hidrotermal. Estos precipitados hidrotermales pueden contener minerales mena y ganga. La textura de éstos puede ser cockade, drusa, coloforme, crustiforme, entre otras.
- **Oquedades:** Son espacios localizados en las brechas.
- **Textura Bandeada:** Es aquella cuyos clastos y matriz se encuentran bordeados por un cemento bandeado.
- **Textura Masiva:** Constituida por agregados microcristalinos de color blanco, lechoso o gris de aspecto vítreo, integrado por individuos subhedrales y equigranulares, que no desarrollan ningún arreglo particular.
- **Textura de Bandas Coloformes:** Por lo general son finas bandas rítmicas botroidales, las cuales presentan una forma interna radiada.
- **Textura de Bandas Crustiformes:** Son texturas que presentan repetitivas bandas paralelas en diferentes formas (composición y/o textura).
- **Textura Cockade:** Es una textura representada por minerales criptocristalinos caracterizados por bandas de distintos colores dispuestos alrededor de un fragmento de roca de caja o veta previamente brechadas.

- **Textura Comb:** Se refiere a un grupo de cristales del mismo mineral paralelos o subparalelos los cuales se encuentran orientados perpendicularmente a las paredes de venas.
- **Cristales Zonados:** Desarrollan un contorno externo por la presencia de numerosas inclusiones fluidas paralelas a las caras del cristal y hacia el interior del mismo se observan zonas concéntricas con alternancia de concentraciones variables de inclusiones rodeando al núcleo limpio.
- **Textura Mosaico:** Se presentan en agregados de minerales microcristalino de cuarzo anhedral y cuyo contactos entre granos son muy irregulares e interpenetrados.
- **Textura Flamboyant (Llameante):** Constituye bandas de agregados fibrosos radiales, con superficies externas redondeadas, en ocasiones, formando esferulitas, muchas veces de distribución intersticial.
- **Textura Plumosa (Feathery):** Cristales individuales de cuarzo con apariencia de astillas plumosas los cuales se observa una ligera diferencia óptica en su posición máxima de extinción.
- **Bladed:** Es un agregado en forma de hojas o láminas. Se subdividen en tres tipos que se definen por la morfología del agregado, estos son:
 - ✓ **Lattice-Bladed:** Caracterizada por agregados de cuarzo masivo que respetan formas tabulares, las que se interceptan dejando espacios poliédricos entre sí, los cuales se encuentran parcial o totalmente rellenos por cuarzo en peine o masivo. Aparece espacialmente asociada tanto a las otras texturas de reemplazo como a las diferentes texturas de relleno.
 - ✓ **Parallel-Bladed:** Se presenta como agregados de cuarzo masivo siguiendo formas tabulares paralelas entre sí y a las paredes de

la cavidad. En ocasiones, los individuos de cuarzo que constituyen estos agregados son euhedrales y presentan zonación.

- ✓ **Ghost-Bladed:** Conformada por agregados de cuarzo masivo con concentraciones de impurezas que definen un hábito tabular muy delgado. En este caso, los agregados de cuarzo no siguen la geometría del mineral reemplazado.
- **Drusy (Drusa):** Es una textura de crecimiento de cristales euhedrales de cuarzo, subparalelos, perpendiculares a las paredes de las cavidades.

5.2.2 Clasificación Genética de las Brechas.

En la Bibliografía, se presentan diferentes clasificaciones genéticas de brechas, tales como la propuesta por Sillitoe (1985 y 2010); Corbett y Leach (1998); y Cooke (2008) entre otras. Estas serán relacionadas a continuación.

A. Clasificación Genética de Brechas, según Sillitoe (1985 y 2010).

Según esta clasificación, las brechas se clasifican en:

I. Brecha Magmático – Hidrotermal.

Estas brechas están relacionadas con: a) depósitos de Chimeneas de brecha y b) tipo pórfido.

II. Brechas Hidromagmáticas.

Estas a su vez, se subdividen en:

- **Brechas Freáticas:** Se encuentran relacionadas con los depósitos epitermales, pórfido de oro y sulfuros masivos.
- **Brechas Freatomagmáticas:** Se encuentran relacionadas con los depósitos epitermales, pórfido de oro y diatremas.

III. Brechas Magmáticas:

Estas brechas se forman en:

- *Diatrema volcánica*: Se encuentra relacionada a los depósitos tipo pórfido.

IV. **Brechas Intrusivas**. Estas se caracterizan por su matriz intrusiva.

V. **Brechas Tectónicas**. Las cuales se forman por el fracturamiento frágil en fallas.

Para sistemas de pórfidos de cobre las brechas que se forman son de tipo:

- **Brecha Magmática – Hidrotermal**: Se forman dentro y alrededor del pórfido de forma irregular y conductos.
- **Brechas Freáticas (Nivel Pórfido de Cu)**: Dentro y alrededor del pórfido en forma de diques y cuerpos irregulares.
- **Brechas Freáticas (Nivel Epitermal)**: Se forman dentro del lithocap como brechas de erupción de formas irregulares.
- **Brechas Freatomagmáticas**: Se forman en diatremas de pórfido y en ambientes epitermales como volcanes de maares se forman como conductos que se angostan hacia abajo.

B. Clasificación Genética de Brechas según Corbett y Leach (1998).

Corbett y Leach dividen las brechas según su génesis en siete tipos (ver Figura 12):

1) **Brechas Magmático-Hidrotermal**.

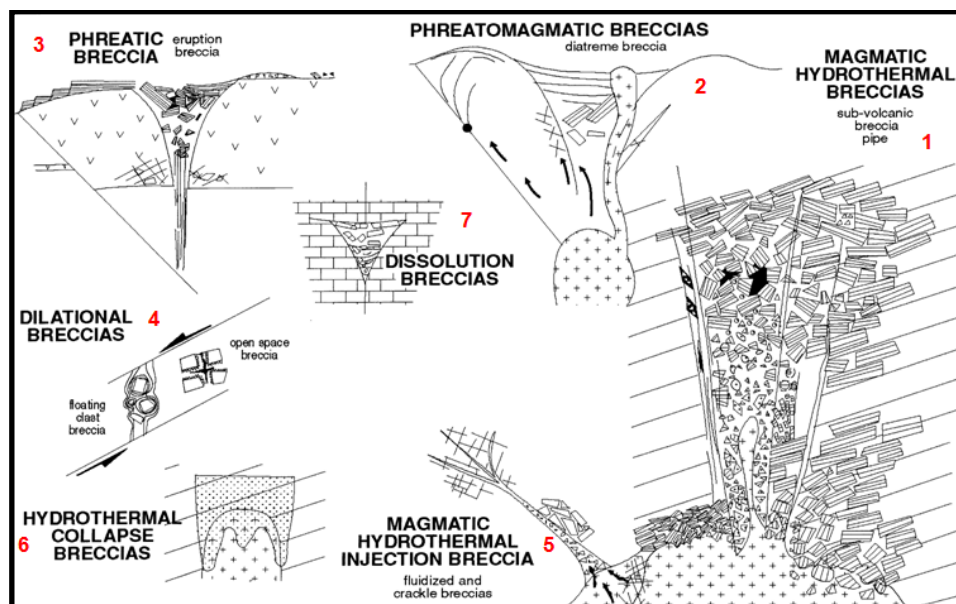
Estas brechas están relacionadas con: a) sistemas de pórfidos y b) chimenea de brechas.

2) **Brechas Freatomagmáticas**.

3) **Brechas Freáticas**.

- 4) *Brechas de Dilatación.*
- 5) *Brechas Magmáticas de Inyección.*
- 6) *Brechas Hidrotermales de Colapso.*
- 7) *Brechas de Disolución.*

Figura 12. Esquema ilustrativo de la clasificación genética de brechas.

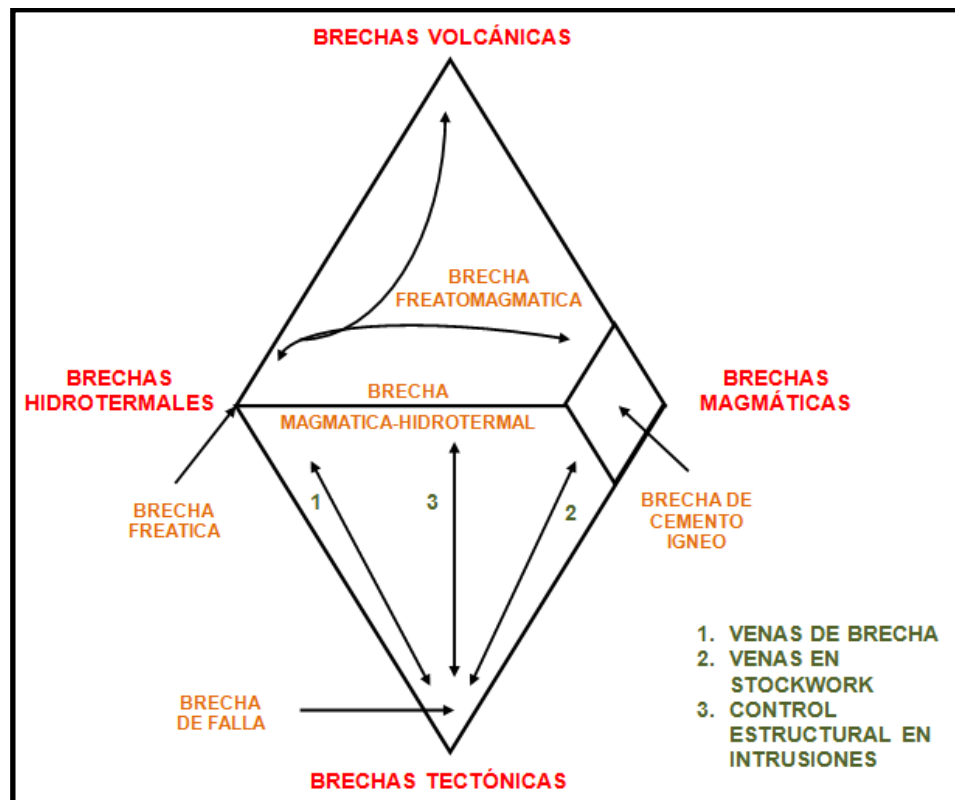


Fuente: Tomado de Corbett y Leach (1998).

C. Clasificación Genética de Brechas según Cooke (2008).

Las brechas se pueden clasificar dependiendo de los atributos presente en cada una de ellas. Para encasillarlas en una génesis (ver Figura 13) se debe tener en cuenta los atributos mencionados en el capítulo 5.2.1.

Figura 13. Triángulo de clasificación genética de brechas.



Fuente: Tomado de Cooke (2008).

5.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS BRECHAS.

A continuación se resumirá los atributos anteriormente mencionados para las muestras recolectadas en este proyecto.

I. Geometría del Cuerpo de Brecha.

Según la clasificación de geometría de brechas de Cooke (2005), la brecha de la zona La Mascota en el Proyecto La Bodega, basándose en las correlaciones de los pozos realizadas y la cartografía geológica en perfiles y en planta, está compuesta de cuerpos subtabulares-irregulares con cuerpos satélites menores de las mismas características (com. v. por Ávila y Rodríguez, 2010). Estos cuerpos brechoides se encuentran encajados mayormente en el Neis de Bucaramanga en el Sector La Mascota (Figura 10).

En los pozos de estudio se logró identificar contactos netos de la brecha con el neis de Bucaramanga.

II. Tamaño de Grano de la Brecha.

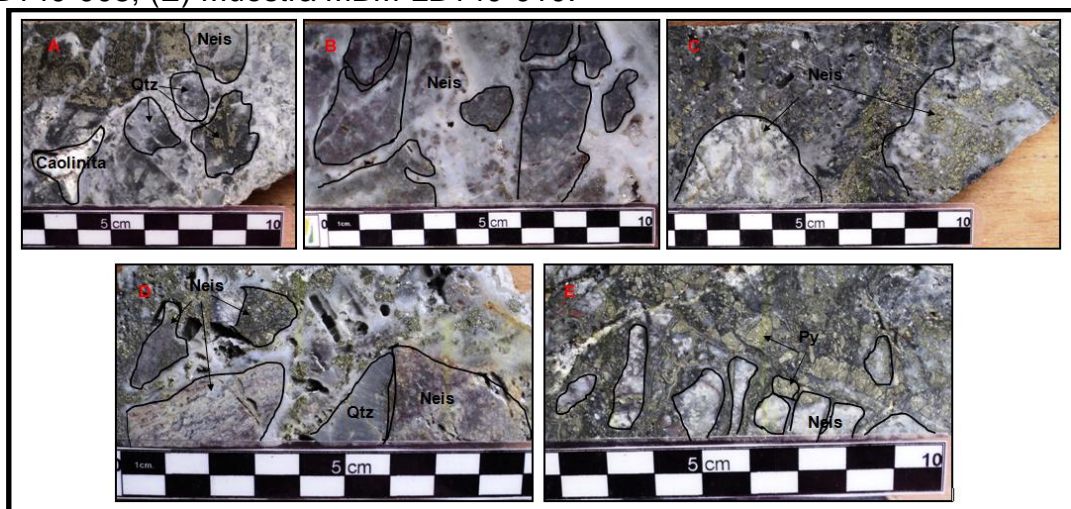
El tamaño de grano de la roca se clasifica como brecha, para todas la muestras extraídas en este proyecto (Figura 14), ya que los fragmentos contenidos en ellas tiene un tamaño mayor de 2mm (>2mm). Se ha clasificado para cada una de ellas en el Anexo 1.

III. Componentes.

a. *Clastos:*

Los Clastos de brecha están compuestos por neis, venas de cuarzo y sulfuros (principalmente pirita), lo que conlleva a que estas rocas son brechas polimícticas. Algunos clastos de neis contienen caolinita, illita y alunita, lo cual significa que han presentado diferentes alteraciones como argílica y argílica avanzada. Estos clastos presentan forma que varía de angular a subredondeados, predominando clastos subangulares (Figura 14). Sus tamaños varían de 1 a 7cm.

Figura 14. Imagen de fragmentos de brecha. (A) Muestra MBM-LB278-001; (B) Muestra MBM-LB278-003; (C) Muestra MBM-LB278-005; (D) Muestra MBM-LB140-008; (E) Muestra MBM-LB140-010.



b. Matriz.

La matriz de las brechas son fragmentos y harina de roca de venas de cuarzo, neis y sulfuros. En algunas brechas se encuentra con textura masiva y distribuida heterogéneamente en toda la roca (Figura 15). Su tamaño varía de arena fina a grava (0,25-5 mm).

Figura 15. Matriz en brechas. (A) Muestra MBM-LB278-001; (B) Muestra MBM-LB278-002; (C) Muestra MBM-LB140-010.

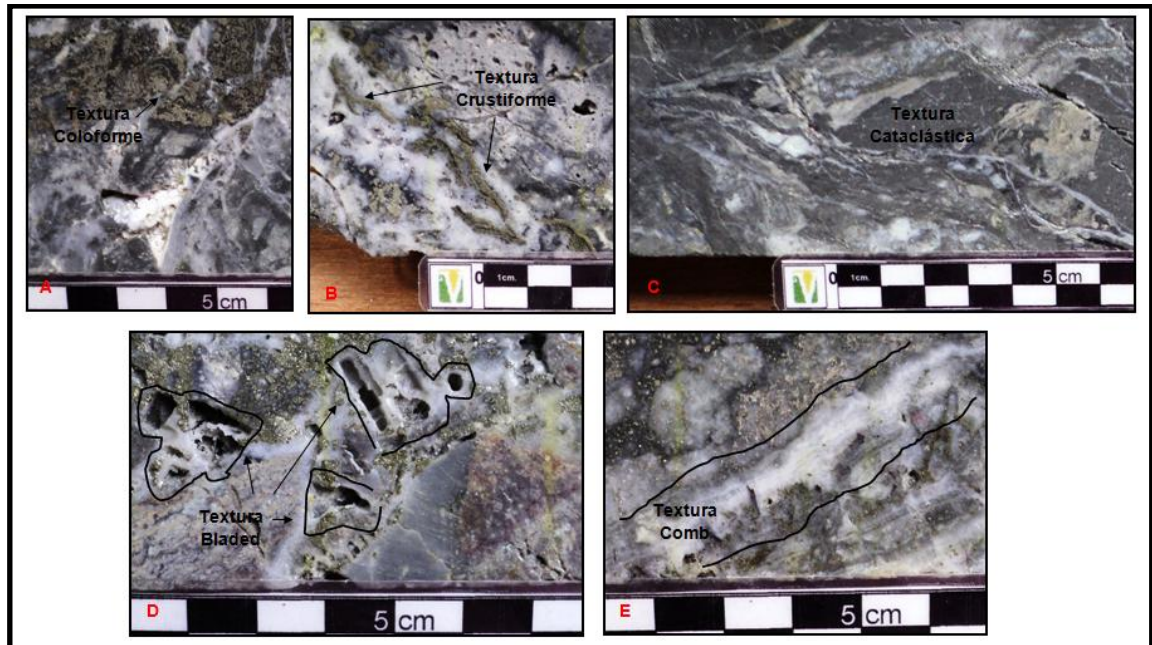


c. Cemento.

Está compuesto por sílice microcristalino, presenta diferentes texturas de cuarzo hidrotermal como: textura en bandas coliformes y crustiformes, textura comb (peine), textura bladed (formada posiblemente por precipitación de calcita o baritina) y textura de deformación dúctil como la textura cataclástica (Figura 16).

Presenta minerales de sulfuros de hierro y cobre (pirita, covelita, calcopirita, marcasita, bornita, calcosina) además de esfalerita.

Figura 16. Texturas en el cemento. (A) Muestra MBM-LB278-001, Textura Colóforme de Silice y Pirita; (B) Muestra MBM-LB278-004, Textura Crustiforme de Pirita y Calcosina; (C) Muestra MBM-LB278-006, Textura Cataclástica; (D) Muestra MBM-LB140-008, Textura Bladed; (E) Muestra MBM-LB140-009, Textura Comb.



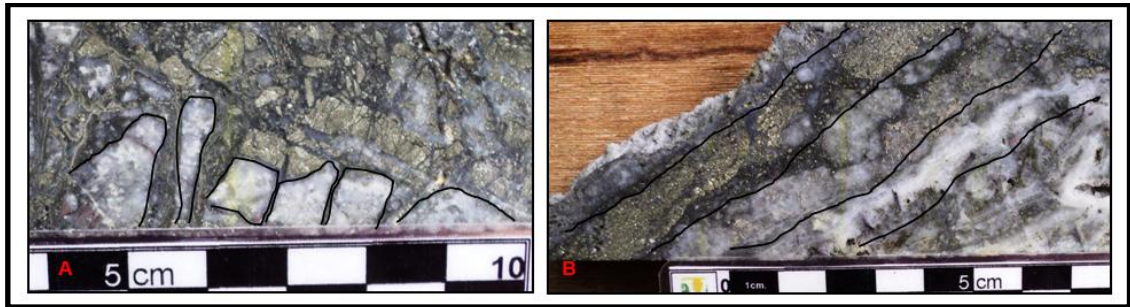
e. Oquedades (Vugs).

En algunas brechas son de forma irregular y sudredondeadas, y en otras es forma tabular (ver Figura 16D).

IV. Organización Interna.

Las brechas de estudio presentan en algunos sectores distribución *jigsaw-fit* o rompecabezas (Figura 17), es decir, que al unir los clastos uno con otros encajan, éstos parecen unirse nuevamente para formar el cuerpo rocoso original. Por otro lado, se reconoce igualmente una distribución caótica, es decir, los clastos se encuentran al azar en las muestras. La muestra MBM-LB140-009 presenta bandeamiento de clastos y cemento, mientras que las demás no se encuentran bandeadas.

Figura 17. Organización interna de las brechas. (A) Muestra MBM-LB140-010, distribución jigsaw-fit; (B) Muestra MBM-LB140-009, bandeado.



V. Alteración.

Las brechas del Sector La Mascota, como se mencionó anteriormente, contienen clastos y matriz compuestos de venas de cuarzo y neis. Los fragmentos de neis presentan principalmente alunitización.

El cemento está compuesto por sílice. Igualmente clastos y principalmente matriz ha sido reemplazado por sílice en muchos casos. Esta alteración posiblemente se produjo durante y después de la brechificación debido a la presencia de texturas primarias en el cemento, texturas de recristalización y texturas de reemplazamiento presentes en la roca.

5.3.1 Tipos Texturales de las Brechas.

Con las características de las brechas mencionadas en los apartados anteriores, se pueden diferenciar tres tipos texturales de brechas (apoyados fundamentalmente en el criterio de su organización interna): Matriz-soportada, Clasto-soportada y Cemento-soportadas.

A continuación se describe cada uno de los tipos texturales de brechas:

- **Brechas matriz-soportada.**

Brechas polimícticas, matriz-soportada por fragmentos de cuarzo, neis y pirita, clastos subangulares a subredondeados con una distribución caótica (Figura 18) de clastos. Estos son cortados por vetillas compuestas de sílice (ver Figura 19). Se observan texturas crustiformes conformadas por sílice y pirita; texturas coliformes de sílice. De igual forma se desarrolla textura cataclásticas en algunas zonas de la roca lo cual evidencia claramente ambientes de deformación generados en ambientes cuasi-dúctiles o dúctiles.

El cemento de la roca está compuesto por sílice en la totalidad de las muestras con brillo vítreo y color de blanco lechoso a gris claro. Se encuentran mineralizaciones de sulfuros de hierro y cobre (Figura 20) como covelita, enargita, pirita, calcosina, marcasita, además de wolframita en el cemento de la roca (Figura 20). Las cavidades de la roca muestran texturas lattice bladed posiblemente formadas por la precipitación de carbonatos o baritina; cuarzo drusa y algunas de las cavidades se encuentran rellenas marcasita o sulfuro nativo. En algunos casos las cavidades dejadas por fracturas o las oquedades de algunas venas de cuarzo se encuentran rellenas de caolinita. La presencia de minerales como alunita y sílice evidencian diferentes tipos de alteración en la roca como alteración argílica avanzada por la presencia de alunita y silicificación.

Figura 18. Brechas matriz-soportadas, (A): muestra MBM-LB278-001; (B) muestra MBM-LB278-002; (C) muestra MBM-LB278-004; (D) muestra MBM-LB278-005; (E) muestra MBM-LB140-007. La distribución de clastos es de forma caótica para las muestras A, B, C y D, y textura cataclástica para la muestra D.



Figura 19. Características texturales de las brechas matriz soportadas: (A) muestra MBM-LB278-001, textura coliforme de pirita (Py) y sílice (Si); (B) Muestra MBM-LB278-004, textura crustiforme de Py y calcosina (Cc) y (C) textura crustiforme de cuarzo calcedonia (Qtz) e illita. (D) Muestra MBM-LB278-005, textura Bladed. (E) Muestra MBM-LB140-007, textura cataclástica.

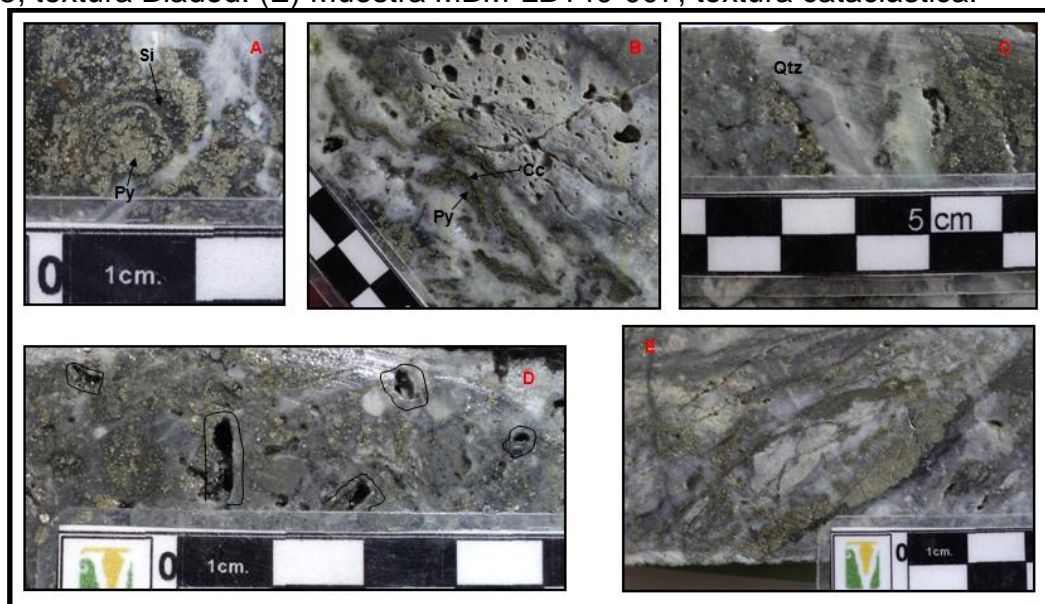
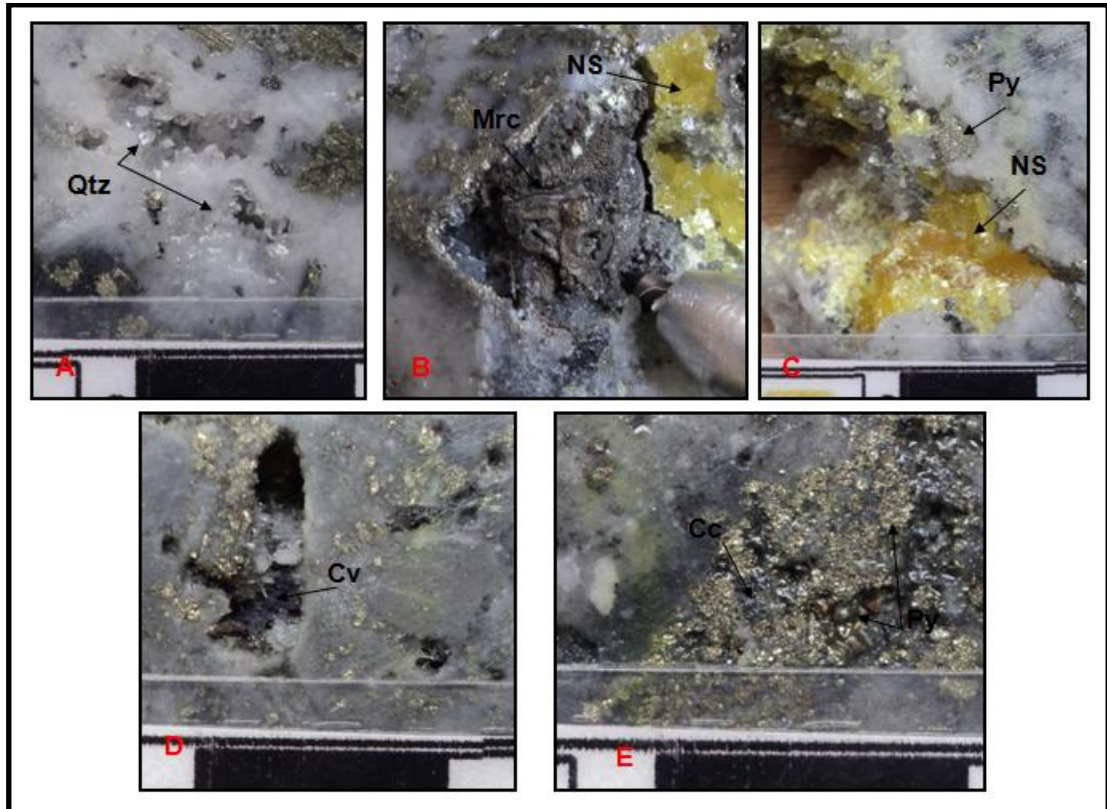


Figura 20. Características estructurales y mineralizaciones de las brechas. (A) Muestra MBM-LB278-004, aspectos de las cavidades en donde crece el cuarzo drusa (Qtz), (B) cavidades rellenas de marcasita (Mrc) botroidal y azufre nativo (SN), (C) azufre nativo (NS: Native Sulfur) y pirita cubica (Py). (D) Muestra MBM-005, cavidades de textura bladed rellenas de cuarzo y covelita (Cv) y (E) pirita botroidal, pirita diseminada y calcocita (Cc).



- **Brechas clasto-soportada.**

Brechas polimíctica, clasto-soportada por fragmentos de cuarzo, neis y pirita, clastos angulares a subredondeados con distribución caótica y localmente jigsaw-fit (Figura 21). Los clastos se encuentran cortados por vetillas compuestas de sílice y caolinita; algunos de los clastos de neis están compuestos de hematita hipogénica. Se observa textura crustiforme (Figura 22) de sílice. De igual forma se desarrollan textura cataclástica lo cual evidencia algún tipo de actividad tectónica en el área. Además en las cavidades se observa textura lattice bladed.

El cemento está compuesto de sílice en la totalidad de la muestras de color blanco a gris claro y brillo vítreo. Se encuentran mineralizaciones de sulfuros de hierro y cobre como pirita, calcosina, digenita y enargita, clastos de wolframita en el cemento (Figura 23). Las oquedades presentan crecimiento de cuarzo drusa y además se encuentra rellenas por caolinita y algunos sulfuros.

Figura 21. Brechas clasto-soportada, (A): muestra MBM-LB278-003; (B) muestra MBM-LB140-008; (C) muestra MBM-LB140-009; (D) muestra MBM-LB140-011; (E) muestra MBM-LB140-010. La distribución de clastos es en forma jigsaw-fit (o de rompecabezas) para la muestra A y E, caótica para las muestras B y D, y bandeada para la muestra C.

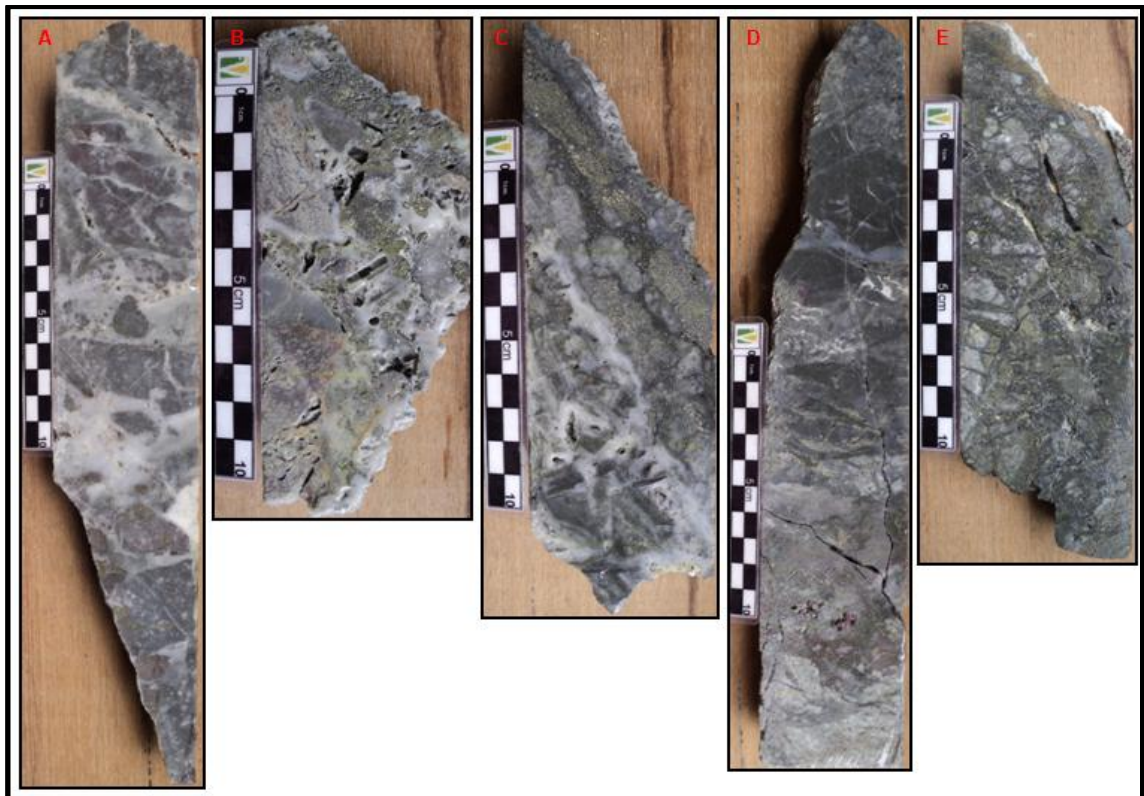


Figura 22. Características texturales de las brechas clasto-soportada: (A) muestra MBM-LB278-003, textura crustiforme compuesta de sílice. (B) Muestra MBM-LB140-008, textura bladed. (C) Muestra MBM-LB140-011, textura cataclástica. (D) Muestra MBM-LB140-009, textura comb (o empeine). (E) Muestra MBM-LB140-010, textura coliforme compuesta de esfalerita (Sph) y caolinita (Cal).

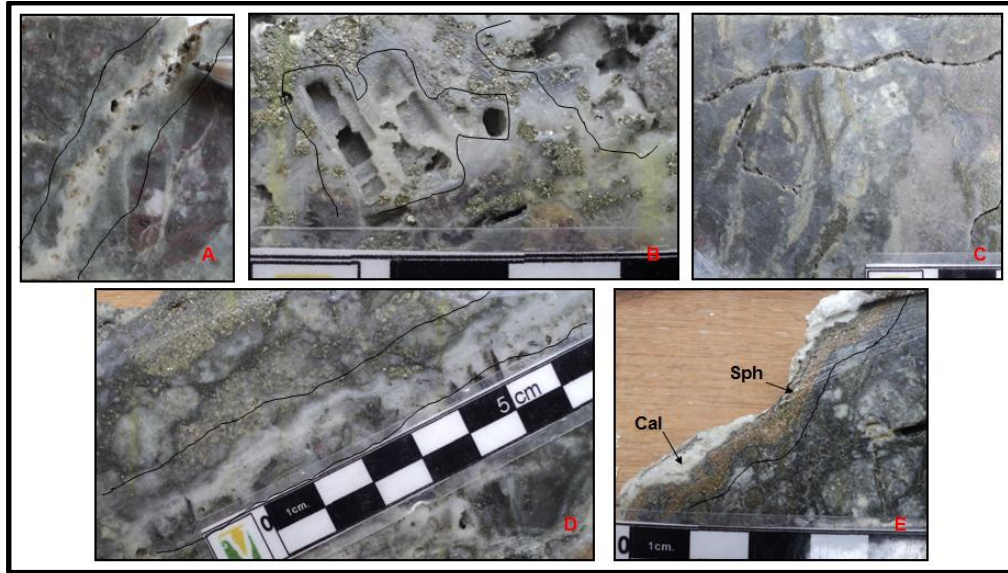
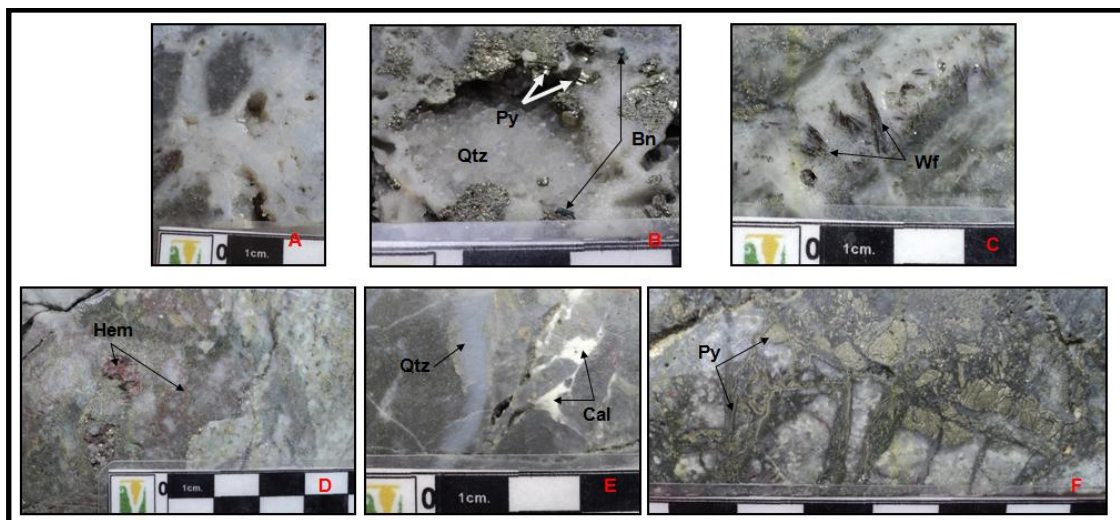


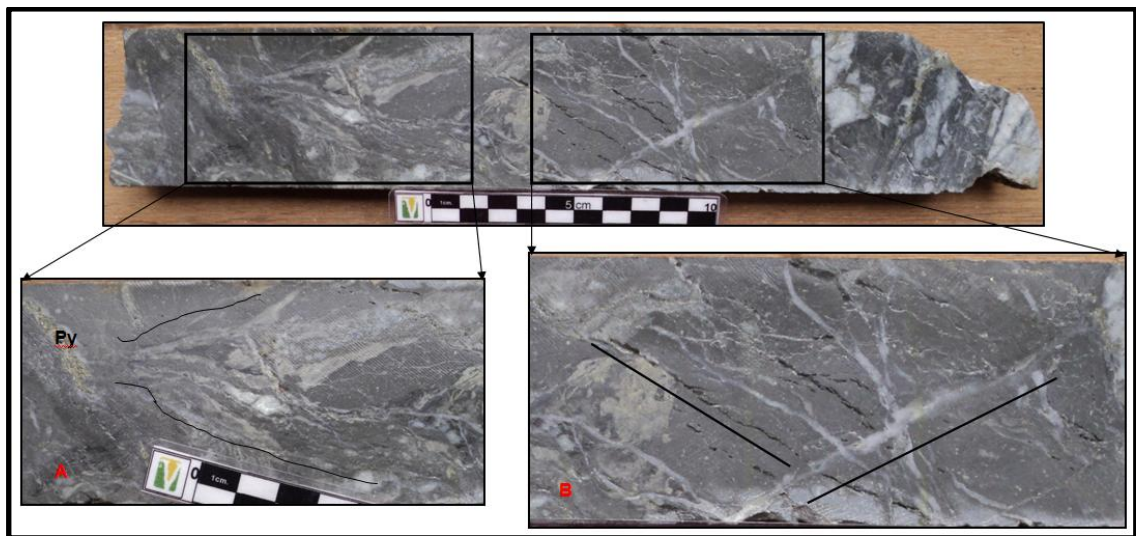
Figura 23. Características estructurales y mineralizaciones de las brechas. (A) Muestra MBM-LB278-003, aspectos de las cavidades en donde crece el cuarzo drusa (Qtz). (B) Muestra MBM-LB140-008 cuarzo drusa (Qtz), pirita romboédrica (Py) y Bornita (Bn). (C) Muestra MBM-LB140-009, wolframita (Wf) en forma de agujas. (D) Muestra MBM-LB140-011 clastos con contenidos de Hematita hipogénica color rojizo (Hem) y (E) vena de cuarzo (Qtz) y Caolinita (Cal). (F) Muestra MBM-LB140-010, pirita (Py) rodeando fragmentos de clastos y matriz.



- **Brechas cemento-soportada.**

Brechas polimíctica, cemento-soportada con fragmentos de cuarzo y neis, clastos subredondeados; presenta textura cataclástica y/o milonítica, evidenciada por la foliación tectónica y clastos alargados paralelos a la foliación (Figura 24). El cemento está compuesto de sílice en la totalidad de la muestra de color gris. La muestra presenta vetillaje compuesto de sílice y alunita en dos direcciones preferenciales. Se encuentran mineralizaciones de pirita (Figura 24). Las oquedades se presentan paralelas a una de las direcciones de las vetillas.

Figura 24. Brechas cemento-soportada, muestra MBM-LB278-006. (A) Textura milonítica, foliación tectónica a 30° con respecto al eje del núcleo. (B) Vetillas de alunita y sílice.



5.4 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS BRECHAS.

Se realizó el análisis petrográfico de 20 secciones delgadas (relacionadas en la Tabla 4), correspondiente a la totalidad de las muestras recolectadas en la fase de campo, con el fin de determinar las características texturales y mineralógicas de las rocas.

Durante el análisis petrográfico se dividieron de igual forma a la descripción macroscópica en tres tipos: brecha matriz-soportada, brecha clasto-soportada y brecha cemento-soportada.

Tabla 4. Relación de muestras estudiadas.

GRUPO	CÓDIGO MUESTRA	CÓDIGO SECCIÓN	
Brecha Matriz-soportada	MBM-LB278-001	MBM-LB278-01A MBM-LB278-01B	
	MBM-LB278-002	MBM-LB278-02	
	MBM-LB278-004	MBM-LB278-04A MBM-LB278-04B MBM-LB278-04C	
		MBM-LB278-005	MBM-LB278-05A MBM-LB278-05B
			MBM-LB140-007
	Brecha Clasto-soportada	MBM-LB278-003	MBM-LB278-03
MBM-LB140-008		MBM-LB140-08A MBM-LB140-08B	
		MBM-LB140-009	MBM-LB140-09A MBM-LB140-09B MBM-LB140-09C
MBM-LB140-010			MBM-LB140-10A MBM-LB140-10B
			MBM-LB140-011
Brecha Cemento-soportada		MBM-LB278-006	

A continuación se presentan los resultados del análisis microscópico, siguiendo el orden establecido en la Tabla 4.

- **Brechas Matriz-soportada:**

Estas rocas presentan clastos compuestos por cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4, sulfuros de hierro y cobre, y alunita. El cuarzo 2 presenta tamaño de grano muy fino (0.01-0.1mm), subhedral, hábito granular a tabular. El cuarzo 3 es de tamaño de grano fino (0,1-1mm), hábito granular a prismático. El cuarzo 4 es de tamaño de grano medio a grueso (1-8mm). La alunita es de tamaño de grano ultrafino a fino (0.01-1mm), subhedral, incoloro con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, presenta hábito fibroso y se encuentra incluida en todos los cuarzos. Los sulfuros (opacos) son inequigranulares, anhedrales a euhedrales, color negro sin birrefringencia, tamaño de grano fino a grueso (0.1- 9mm), presenta hábito cubico, hexagonal e irregular, además de estar como clasto en la roca, se observa incluido en clastos de cuarzo, como matriz y cemento de la brecha.

La matriz está compuesta de partículas de tamaño de grano fino a muy fino (0,4-0,05mm) que pueden contener cuarzo 2 y/o cuarzo 3, sulfuros de hierro y cobre, alunita y/o moscovita. La moscovita es de tamaño de grano ultrafino a muy fino (0.01-0.1mm), subhedral, incoloros con birrefringencia que varía entre rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden; su hábito es de formar tabular y fibrosa, además de hace parte de la matriz se encuentra incluido en clastos y todos los cuarzos.

El cemento de la roca está compuesto por cuarzo 1, cuarzo 2 y cuarzo 3; sericita-illita (?); sulfuros de hierro y cobre. El cuarzo 1 es de tamaño ultrafino (0,1-0,01mm), anhedral y masivo. La sericita (?) aparece como agregados en toda la muestra, presenta un color café con birrefringencia de rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden, su hábito es hojoso.

Se observa epidota incluida en los cuarzos son de aspecto incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma tabular a irregular. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm).

La caolinita es de tamaño de grano ultrafino a muy fino (0.01-0.1mm) anhedral, incoloro con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden, se encuentra generalmente relleno de cavidades.

Estas brechas presentan variedad de texturas en sus cuarzos como texturas primarias, texturas de recristalización y texturas de remplazamiento. Entre las texturas primarias se encuentran:

- **Masiva:** Esta compuesta de cuarzo 1 y cuarzo 2. En el caso del cuarzo 1 se encuentra en el cemento de la roca. Para el cuarzo 2 se encuentra en la matriz y clastos (Figura 25). En algunas venas de los bordes hacia el centro se observa esta textura.
- **Crustiforme:** Esta compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. Se observa en clastos (Figura 27).
- **Cockade:** Esta compuesta por cuarzo 2. Esta textura se caracteriza por bordear clastos de sulfuros.
- **Zonal:** Se encuentran en cuarzos 3 y cuarzos 4.

Como texturas de recristalización se encuentran:

- **Mosaico:** Esta compuesta por cuarzo 2. Se caracteriza por ser agregados cristalinos que se encuentran penetrados los unos con los otros.
- **Plumosa:** Se encuentra en cuarzo 3 y cuarzo 4. Esta textura se caracteriza por presentar diferentes leves cambios en su máxima extinción (Figura 28).

Textura de reemplazamiento se encuentran:

- **Sacaroidal:** Esta compuesta por cuarzo 2. En esta textura los agregados de cuarzo tienen apariencia de azúcar, se encuentran elongados (Figura 26).

Otras texturas:

- **Textura Milonítica:** Se observa la moscovita bordeando cuarzo 4 con deformación y en una dirección preferencial (Figura 29).

Figura 25. Aspecto de la muestra MBM-LB278-01A. (A) En NII, (B) en NX, detalle de la textura masiva en cuarzo. Qtz2: cuarzo 2.

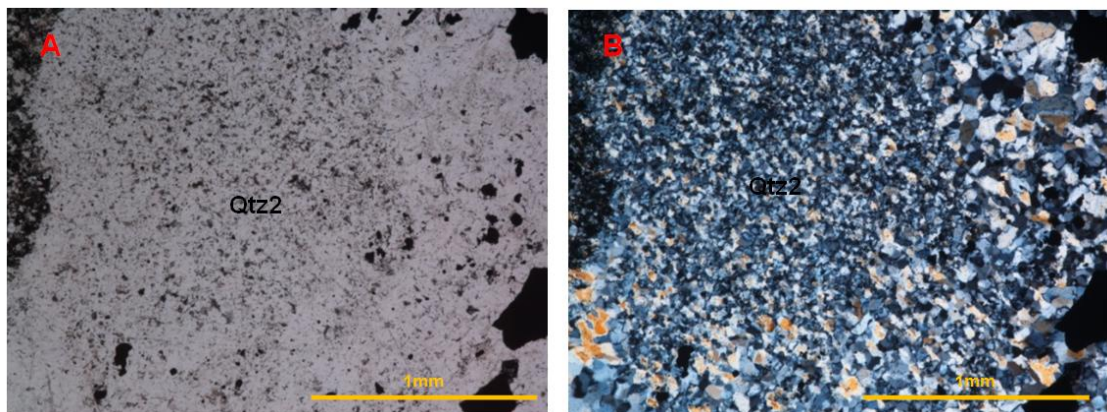


Figura 26. Aspecto de la muestra MBM-LB278-02. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2, textura sacaroidal.

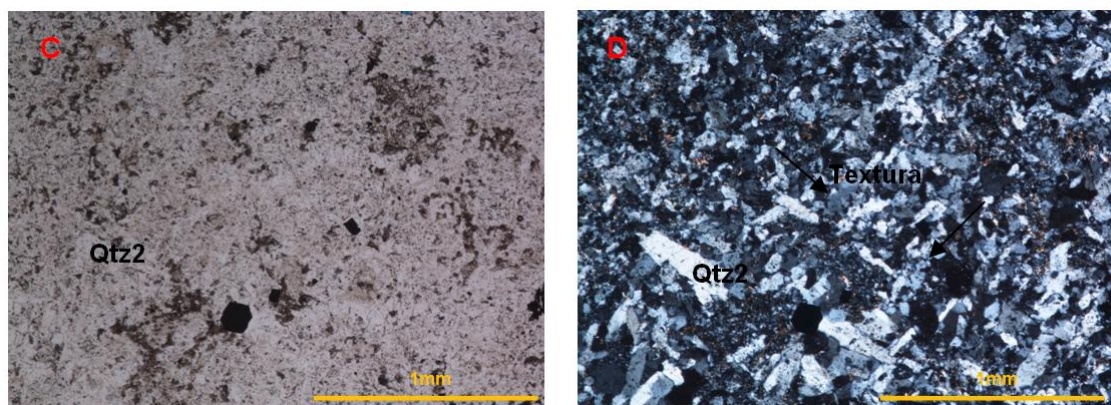


Figura 27. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3 textura crustificada simétrica se caracteriza por un borde en mosaico y hacia el centro un agregado silíceo.

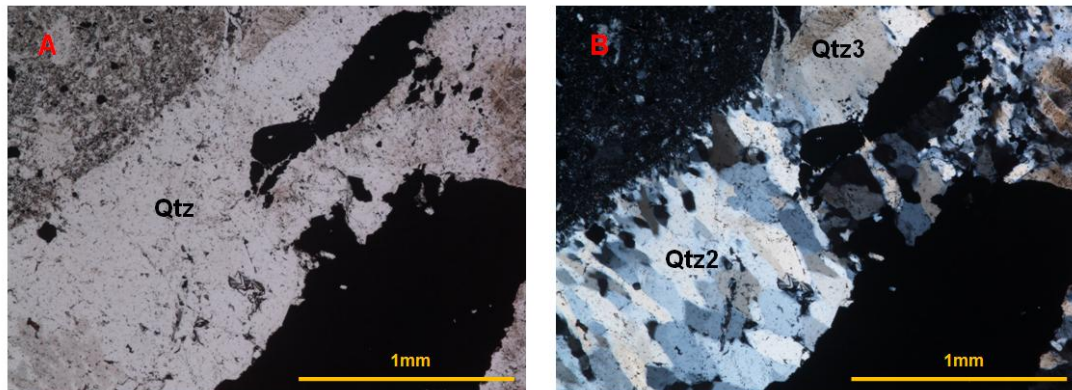


Figura 28. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz3: cuarzo 3, textura plumosa.

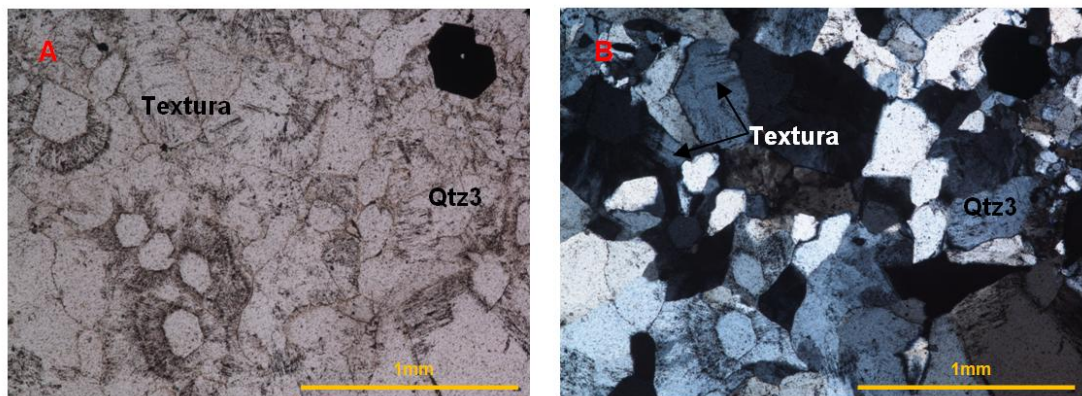
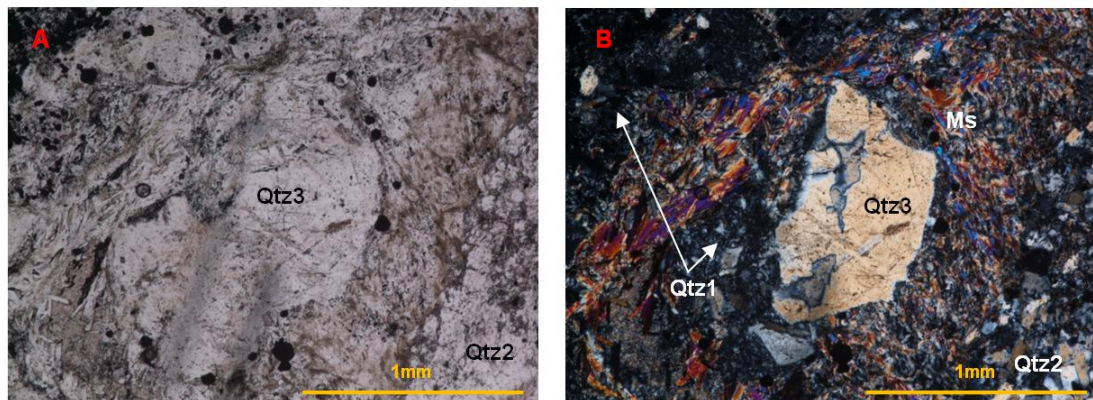


Figura 29. Aspecto de la muestra MBM-LB140-07. (A) En NII, (B) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita. Se observa textura milonítica.



- **Brechas Clasto-soportadas:**

Estas rocas presentan clastos compuestos por cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4, alunita, sulfuros de hierro y cobre. El cuarzo 2 presenta tamaño de grano muy fino (0.01-0.1mm), subhedral, hábito granular a tabular. El cuarzo 3 es de tamaño de grano fino (0,1-1mm), hábito granular a prismático. El cuarzo 4 es de tamaño de grano medio a grueso (1-8mm). La alunita es de tamaño de grano ultrafino a fino (0.01-1mm), subhedral, incoloro con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, presenta hábito fibroso y se encuentra incluida en todos los cuarzos. Los sulfuros (opacos) son inequigranulares, anhedrales a euhedrales, color negro sin birrefringencia, tamaño de grano fino a grueso (0.1- 9mm), presenta hábito cubico, hexagonal e irregular, además de estar como clasto en la roca, se observa incluido en clastos de cuarzo, como matriz y cemento de la brecha.

La matriz está compuesta de partículas de tamaño de grano fino a muy fino (0.4-0.05mm) que pueden contener cuarzo 2 y/o cuarzo 3, sulfuros de hierro y cobre, alunita, caolinita y moscovita. La moscovita es de tamaño de grano ultrafino a muy fino (0.01-0.1mm), subhedrales, incoloros con birrefringencia que varía entre rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden; su hábito es de formar tabular y fibrosa, además de hace parte de la matriz se encuentra incluido en clastos y todos los cuarzos.

El cemento de la roca está compuesto por cuarzo 2 y cuarzo 3, sericita, sulfuros de hierro y cobre. La sericita aparece como agregados en toda la muestra, presenta un color café con birrefringencia de rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden, en algunos sectores su hábito es hojoso.

Se observa zircón (Figura 33) bordeando los opacos, se presenta como individuos incoloros con birrefringencia que varía entre verde de tercer orden y amarillo de segundo orden, relieve muy alto, xenoblásticos de tamaño de grano muy fino a fino (0.02-0.1mm). Además se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

La caolinita es de tamaño de grano ultrafino a muy fino (0.01-0.1mm) anhedral, incoloro con birrefringencia que varía entre amarillos y grises de primer orden, se encuentra generalmente rellenando cavidades.

Estas brechas presentan variedad de texturas en sus cuarzos como texturas primarias, texturas de recristalización y texturas de remplazamiento. Entre las texturas primarias se encuentran:

- **Masiva:** Esta compuesta de cuarzo 2 y cuarzo 3. Se encuentra en el cemento y clastos de la muestra (Figura 31).
- **Crustiforme:** Esta compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. Bandas compuestas por cuarzo y opacos (Figura 35).
- **Cockade:** Esta compuesta por cuarzo 2. Esta textura se caracteriza por bordear clastos de sulfuros.
- **Coloforme:** Esta compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. Bandas onduladas compuestas por cuarzo y opacos (Figura 34).

Como texturas de recristalización se encuentran:

- **Mosaico:** Esta compuesta por cuarzo 2. Se caracteriza por ser agregados cristalinos que se encuentran penetrados los unos con los otros.
- **Plumosa:** Se encuentra en cuarzo 3 y cuarzo 4. Esta textura se caracteriza por presentar diferentes leves cambios en su máxima extinción (Figura 30).
- **Flamboyant:** Compuesta por cuarzo 3 y cuarzo 4, euhedrales. Se caracteriza por tener una extensión radial en cuarzos tipo 3 que bordean cuarzos tipo 4 (figura 32).

Textura de reemplazamiento se encuentran:

- **Sacaroidal:** Esta compuesta por cuarzo 2. En esta textura los agregados de cuarzo tienen apariencia de azúcar, se encuentran elongados.
- **Lattice Bladed:** Oquedades formados por la precipitación de calcita o baritina, su forma es tabular.

Otras texturas:

- **Textura Milonítica:** Se observa la moscovita bordeando cuarzo 4 con deformación y en una dirección preferencial.

Figura 30. Aspecto de la muestra MBM-LB278-03. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota, se observa textura plumosa.

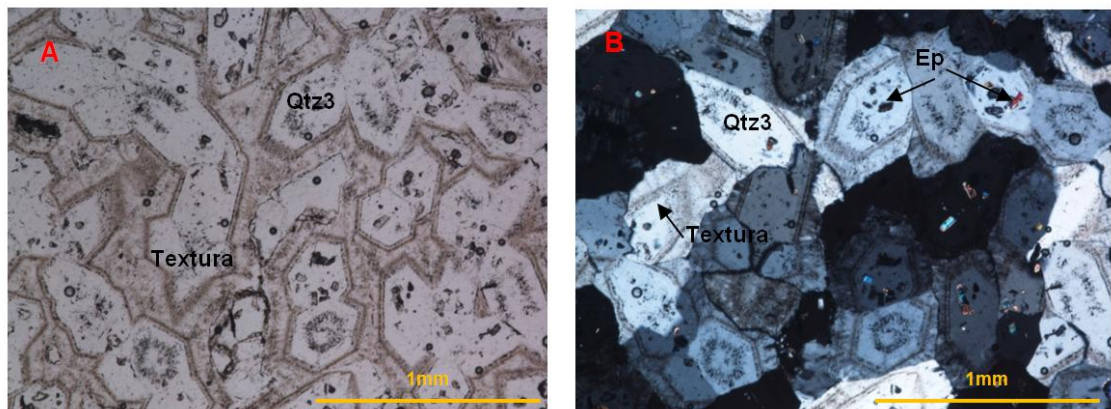


Figura 31. Aspecto de la muestra MBM-LB140-08B. (A) En NII, (B) en NX Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota, se observa textura masiva.

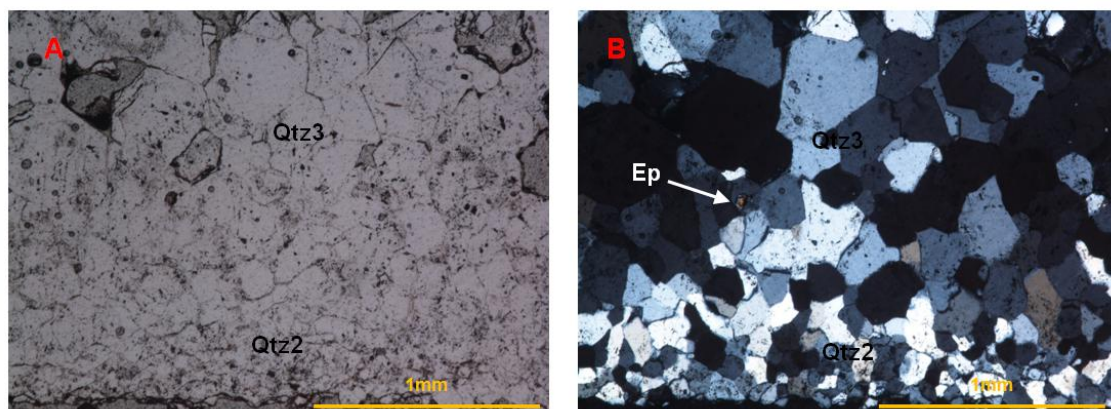


Figura 32. Muestra MBM-LB140-09B. (C) En Nil, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz4: cuarzo 4, textura flamboyant.

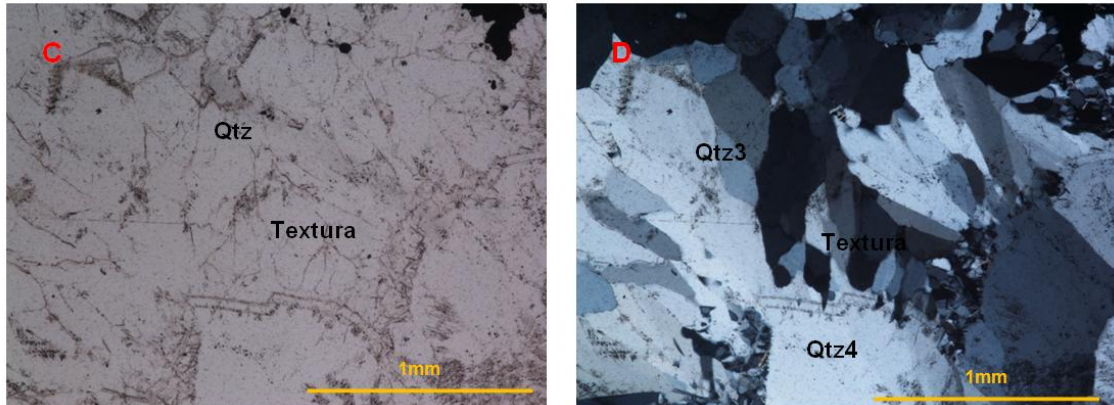


Figura 33. Aspecto de la muestra MBM-LB140-09C. (A) En Nil, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita, Zrn: zircón.

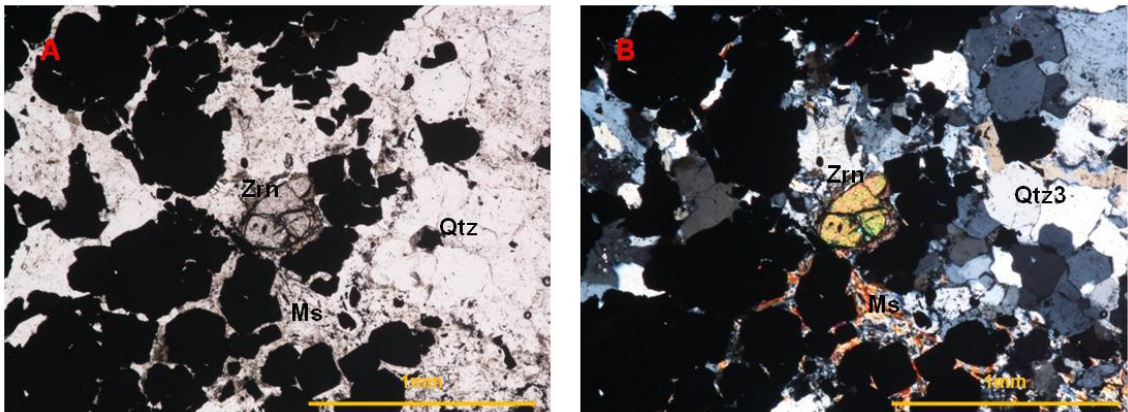


Figura 34. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10A. (A) En Nil, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Qtz2: cuarzo 2 en textura colorme.

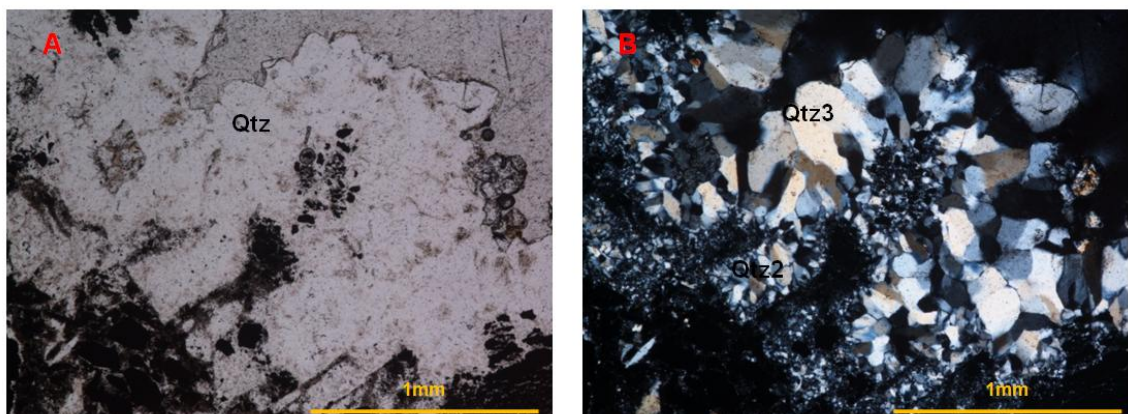
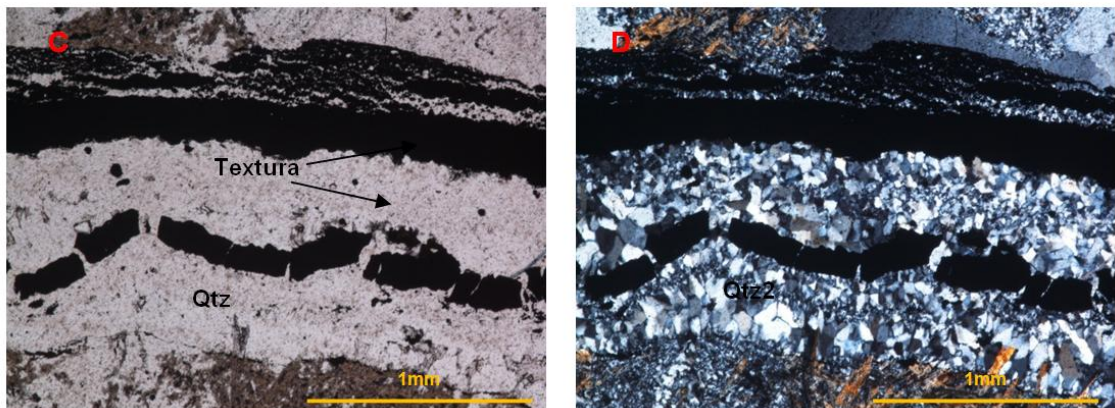


Figura 35. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10A. (C) En NII, (D) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, textura crustiforme entre Qtz2 y opacos (sulfuros).



- **Brechas Cemento-soportadas**

Estas rocas presentan clastos compuestos por cuarzo 2 y cuarzo3, alunita, sulfuros de hierro y cobre. El cuarzo 2 presenta tamaño de grano muy fino (0.01-0.1mm), subhedral, hábito granular a tabular. El cuarzo 3 es de tamaño de grano fino (0,1-1mm), hábito granular a prismático. La alunita es de tamaño de grano ultrafino a fino (0.01-1mm), subhedral, incoloro con birrefringencia que varía entre grises de primer orden, presenta hábito fibroso y se encuentra incluida en todos los cuarzos y rellenando venas. Los sulfuros (opacos) son inequigranulares, anhedrales a euhedrales, color negro sin birrefringencia, tamaño de grano fino (0.1-1mm), presenta hábito cúbico, hexagonal e irregular, se observa incluido en clastos de cuarzo, como matriz y cemento de la brecha.

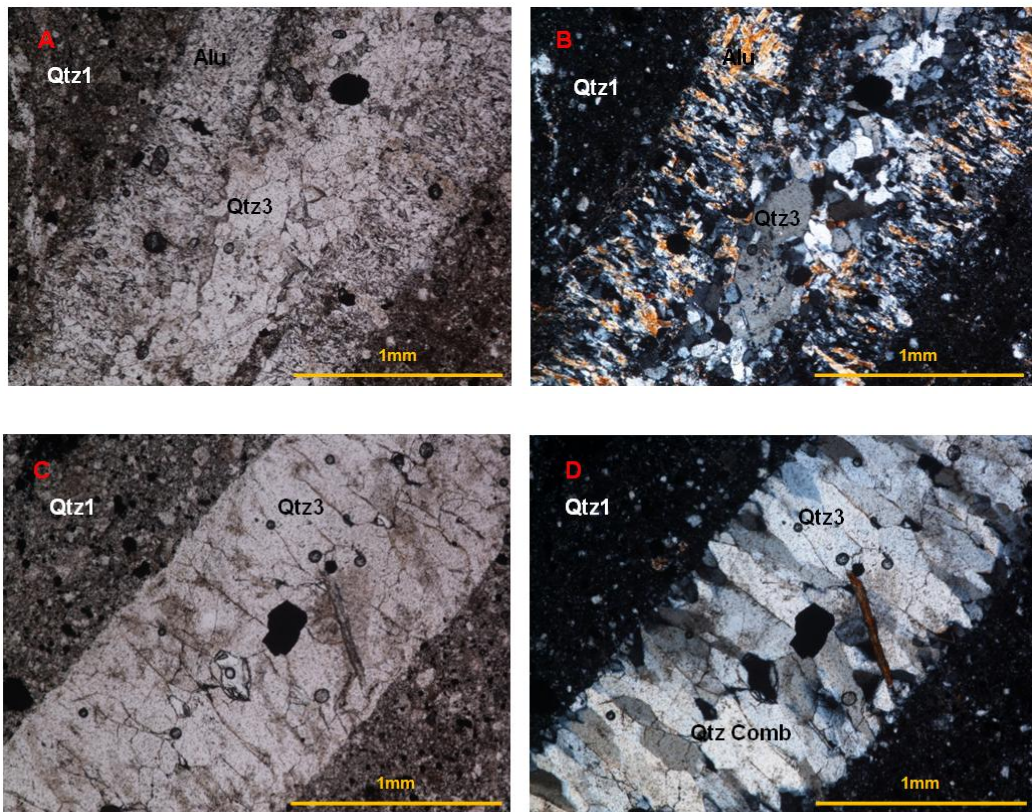
La matriz está compuesta de partículas de tamaño de grano fino a muy fino (0,4-0,05mm) que contienen cuarzo 2, sulfuros de hierro, cobre y moscovita. La moscovita es de tamaño de grano ultrafino a muy fino (0.01-0.1mm), subhedrales, incoloros con birrefringencia que varía entre rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden; su hábito es de formar tabular y fibrosa, además de hace parte de la matriz se encuentra incluido cuarzos y rellenando venas.

El cemento de la roca está compuesto por cuarzo 1 y sericita; sulfuros de hierro y cobre. La sericita aparece como agregados en toda la muestra y rellenando venas, presenta un color café con birrefringencia de rosados de tercer orden a amarillos de segundo orden, su hábito es hojoso.

Estas brechas presentan variedad de texturas en sus cuarzos como texturas primarias y texturas de deformación dúctil.

- **Comb:** Compuesta por cuarzo 3, euhedrales (Figura 36). Se encuentra en las venas de la muestra, en grupos paralelos entre sí y perpendiculares a las paredes de las venas.
- **Textura Milonítica:** Se observa la moscovita bordeando cuarzo 3 y cuarzo 2 con deformación, en una dirección preferencial.

Figura 36. Aspecto de la muestra MBM-LB278-06. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Alu: alunita, Qtz1: cuarzo 1. (C) en NII, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz1: cuarzo. Qtz Comb: cuarzo con textura Comb.



5.5 RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPITULO 5.

- Texturas Observadas:

Las texturas más predominantes observadas en el sistema de brechas del Sector La Mascota durante este estudio corresponden a coliforme, crustiforme, feathery (plumosa), mosaico y masiva, y con menor predominancia se observaron texturas comb, zonada, flamboyant, lattice bladed, cockade, sacaroide y milonítica.

La presencia de texturas miloníticas acompañadas de presencia de sílicificación sugiere actividad tectónica durante eventos hidrotermales, lo cual puede indicar que la presencia de una estructura en la zona de la Mascota fue necesaria para el emplazamiento de las brechas, dicha estructura (posiblemente relacionada con la Falla de la Quebrada La Baja) pudo haberse reactivado permitiendo el emplazamiento de fluidos hidrotermales a diferentes tiempos.

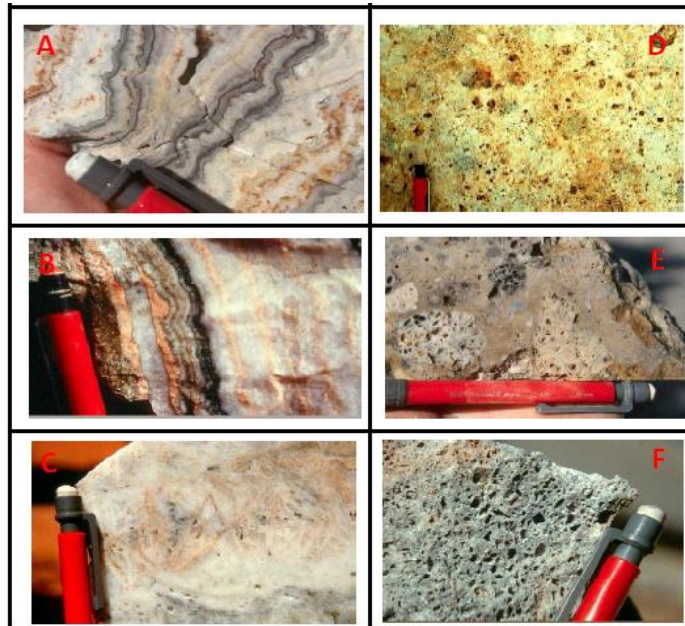
- Eventos de brechificación e hidrotermales:

Se observaron clastos que bajo el microscopio están compuestos por clastos, matriz y cemento, es decir, clastos de brechas (ver Anexo 2, Figura 3C y 3D) en la brecha, esto indica al menos dos eventos de brechificación. Igualmente se observaron clastos de cuarzo dentro del cemento de sílice lo cual puede indicar al menos dos eventos de introducción de fluido hidrotermal.

- Comparación textural con otros modelos y referencias:

Corbett, 2002, describió texturas típicas para sistemas de baja sulfidación (bandeadas, bladed; Figura A, B, C) y de alta sulfidación (vuggy silica, ver Figura D, E, F). Según Corbett, en sistemas de baja sulfidación la mineralización típicamente se ocurre en fracturas, venas y brechas localmente superimponiéndose a venas más tempranas en los cuales se presenta “telescoping”.

Figura 37. Comparación entre texturas de baja sulfidación (A) y (B) Textura Bandeada; (C) Textura Bladed. Alta sulfidación Texturas (D), (E) y (F) Cuarzo Vuggy.



Fuente: Tomando de Corbett, 2002.

Las texturas descritas para las brechas de La Mascota tienen muchas similitudes con las texturas descritas para los sistemas de baja sulfidación; sin embargo, Forero (2010), describe la mineralogía de la mena y clasifica el sistema como de alta sulfidación mientras que Hedenquist (2010) lo describe como de intermedia a alta sulfidación. Así, el sistema hidrotermal de La Mascota, no es un sistema típico hidrotermal fácilmente encasillable dentro de sistemas de mineralización hidrotermal pero que conserva características de ambos extremos (alta y baja sulfidación).

6 INCLUSIONES FLUIDAS

Las inclusiones fluidas son diminutas vacuolas rellenas de soluciones, estas quedan atrapadas debido a que la mayoría de minerales se forman en medios acuosos quedando en el interior de los minerales durante las etapas de crecimiento cristalino, por esto es muy importante el estudio de la microtermometría en inclusiones fluidas ya que pueden proporcionar información sobre las condiciones Físico-químicas de los paleofluidos.

Cinco parámetros fundamentales se pueden obtener a partir del estudio petrográfico y microtermométrico en inclusiones fluidas:

- a) Composición química del Paleofluido.
- b) Densidad del Paleofluido (o volumen molar).
- c) Estado del Paleofluido durante el atrapamiento (heterogéneo u homogéneo).
- d) Se pueden hacer consideraciones sobre la temperatura y presión de atrapamiento (mínima o máxima, esta última en caso de existir fenómenos de ebullición).
- e) Evolución de los anteriores parámetros, a partir de las diferentes familias temporales de IF (Inclusiones Fluidas) identificadas y estudiadas.

Considerando el ingente esfuerzo para realizar un estudio detallado sobre IF, en el marco del presente estudio, la tarea fundamental se centró especialmente en aportar al menos información relacionada con las temperaturas mínimas de atrapamiento y el estado del fluido durante su atrapamiento, en el momento del evento o eventos de brechificación.

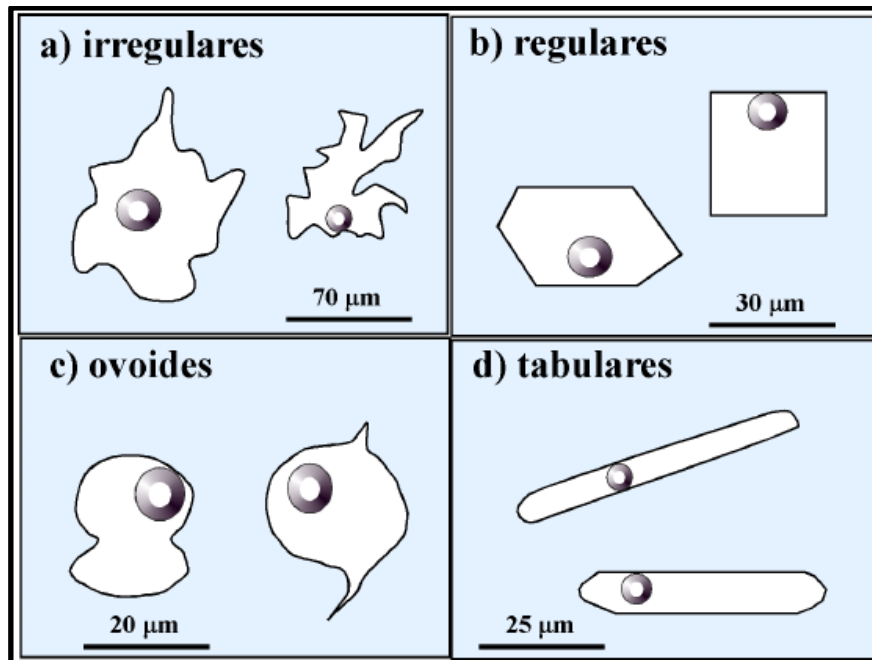
Con el propósito de contextualizar el uso de algunos términos que serán utilizados durante la presentación de los datos petrográficos y

microtermométricos en IF, a continuación se presentarán algunas consideraciones preliminares sobre éste método.

I. Morfologías de las Inclusiones Fluidas.

Las inclusiones fluidas tienen gran variedad de formas gradando desde irregulares, hasta las formas autoformas, controladas por la estructura cristalina del mineral. La morfología de las inclusiones fluidas puede clasificarse atendiendo a las regularidades de las paredes de la inclusión (ver Figura 38).

Figura 38. Esquema mostrando los diferentes tipos de inclusiones fluidas.



Fuente. Velasco (2004).

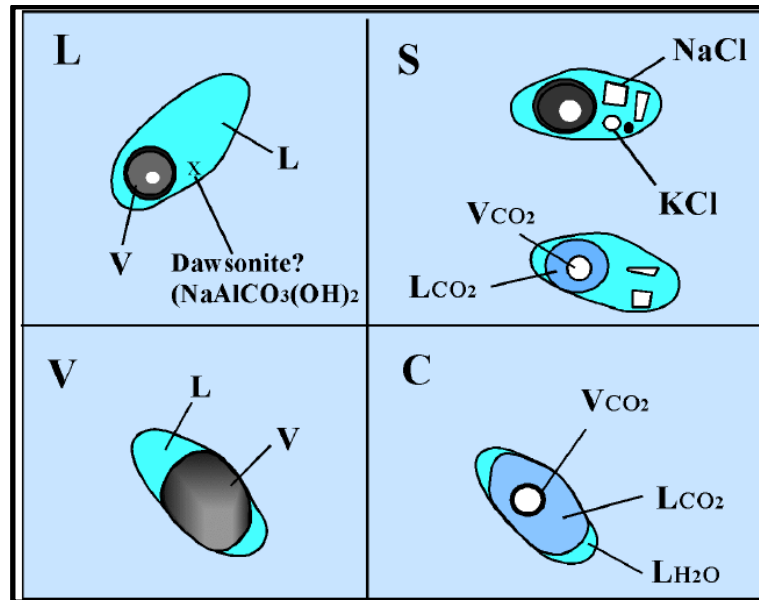
II. Contenido de las IF.

Las inclusiones como se mencionó anteriormente están compuestas de líquido, gas y sólidos, a su vez pueden contener más de un compuesto de los anteriormente nombrados y se clasifican así:

- **Monofásicas:** Formadas completamente por líquido (L), gas (V) o sólidos (S). Las más comunes son las rellenas de líquidos acuosos las cuales se han formado a muy bajas temperaturas. Las compuestas de solo gas son más raras, aunque pueden aparecer en ambientes volcánicos, sedimentarios y metamórficos en los que han circulado soluciones ricas en CO₂, CH₄, etc. Los fluidos suelen contener como solutos otras sustancias entre las que encontramos Na⁺, SO₄⁻, Cl⁻, CO₃⁻, HCO₃⁻, H₄SiO₄, y otros cationes (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Li⁺, Al³⁺, etc).
- **Bifásicas:** Presentan dos tipos: ricas en líquido (L+V) en ocasiones las diminutas esferas de gas, al ser activadas por el paso de la luz, se mueven en el interior del líquido de la inclusión, chocando con las paredes y rebotando en una agitación “browniana”; ricas en gases (V+L) son frecuentes en ambientes de ebullición.
- **Trifásicas:** Se presentan en tres tipos: dos fases líquidas y una vapor (L + L' + V), líquidas+vapor+sólidos (L + V + S) y sólido+líquido con la posible presencia de vapor (S + L ± V).
- **Poli o multifásicas.** Aparecen varios tipos de sólidos (“daughter minerals”) junto con el líquido o líquidos inmiscibles y la burbuja de gas. Entre los sólidos más frecuentes tenemos: halita, silvita, anhidrita, hematites, cuarzo, sulfuros de hierro y dawsonita. Mientras que los líquidos inmiscibles que aparecen con mayor frecuencia son: fase acuosa junto con líquido CO₂ presencia de ±CH₄ ± N₂, y/o ± H₂S.

De acuerdo con estos criterios se han propuesto diferentes tipos de clasificaciones de las cuales la más conocida es la de Nash (1976) que destaca cuatro tipos de inclusiones (Figura 39).

Figura 39. Clasificación según Nash (1976). Tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L: líquido, S: sólido, V: vapor, C: carbonáticas). Donde: L: moderada salinidad con dos fases. (L: agua y V: vapor de agua). V: ricas en gas (> 60% de la inclusión). Buenas indicadores de ebullición. S: muy salinas con cristales de halita, silvita, anhidrita, etc. C: ricas en CO₂ con la relación CO₂/H₂O entre 3% y 30% del volumen.



Fuente. Velasco (2004).

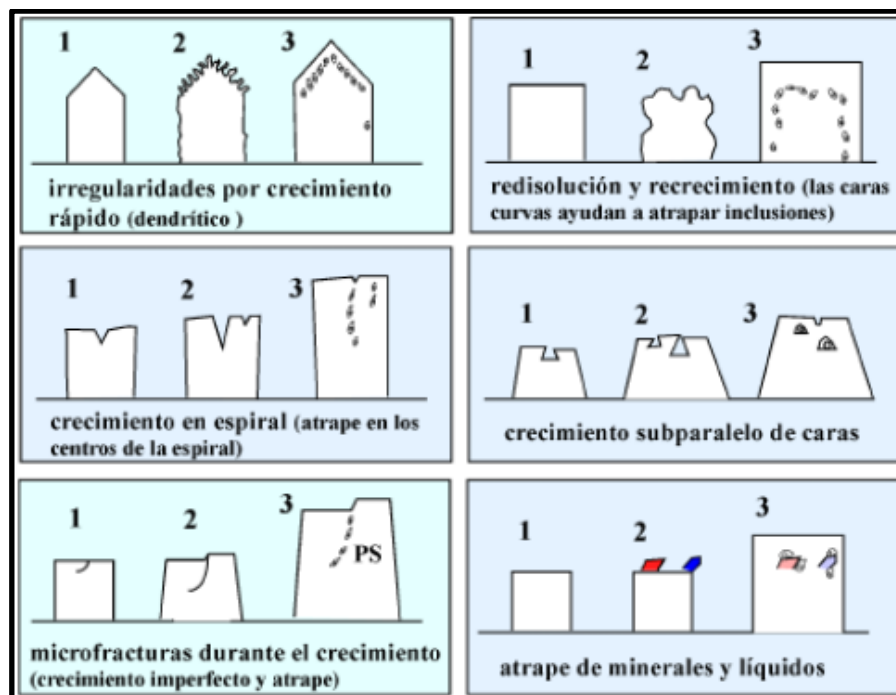
III. Clasificación Genética.

- **Inclusiones Fluidas Primarias:** Formadas durante las etapas de crecimiento de un cristal. Roedder (1984) describe algunos mecanismos de atrapamiento de este tipo de IF (Figura 40). Los criterios para un origen primario básicamente son: las inclusiones fluidas presentan una distribución paralela a las caras del cristal, que estén aisladas ó claramente separadas entre sí y que tengan un tamaño relativamente grande respecto de las demás, Figura 40 (Velasco, 2004).
- **Inclusiones Fluidas Secundarias:** Se han formado por mecanismos posteriores a la cristalización. Los criterios para un origen secundario son: se encuentren en grupos numerosos con una distribución planar

que corte los bordes del cristal ó superficies de exfoliación, que presenten morfologías irregulares con hábitos ovoides de tamaños variables más pequeños en comparación con las primarias, (Velasco, 2004).

- **Inclusiones Fluidas Pseudosecundarias:** Formadas durante las etapas de crecimiento del cristal. Pueden aparecer alineados en microfisuras sin cortar los bordes de los cristales y/o ocupar huecos entre los cristales durante su crecimiento (Velasco, 2004).

Figura 40. Mecanismo de atrapamiento de inclusiones fluidas primarias según Roedder (1984).



Fuente. Velasco (2004).

6.1 PETROGRAFÍA DE LAS INCLUSIONES FLUIDAS.

El estudio petrográfico se hizo a partir de la identificación y la descripción de diferentes familias de IF, señalando los atributos morfológicos, genéticos y

composicionales (Nº de fase y tipo de IF). Los análisis de inclusiones fluidas se realizaron en los cementos con textura plumosa compuestos por cuarzo presentes en las brechas. Estos análisis se efectuaron para las muestras MBM-LB278-03, MBM-LB278-04C y MBM-LB140-09A ya que eran las muestras más apropiadas para realizar este tipo de análisis.

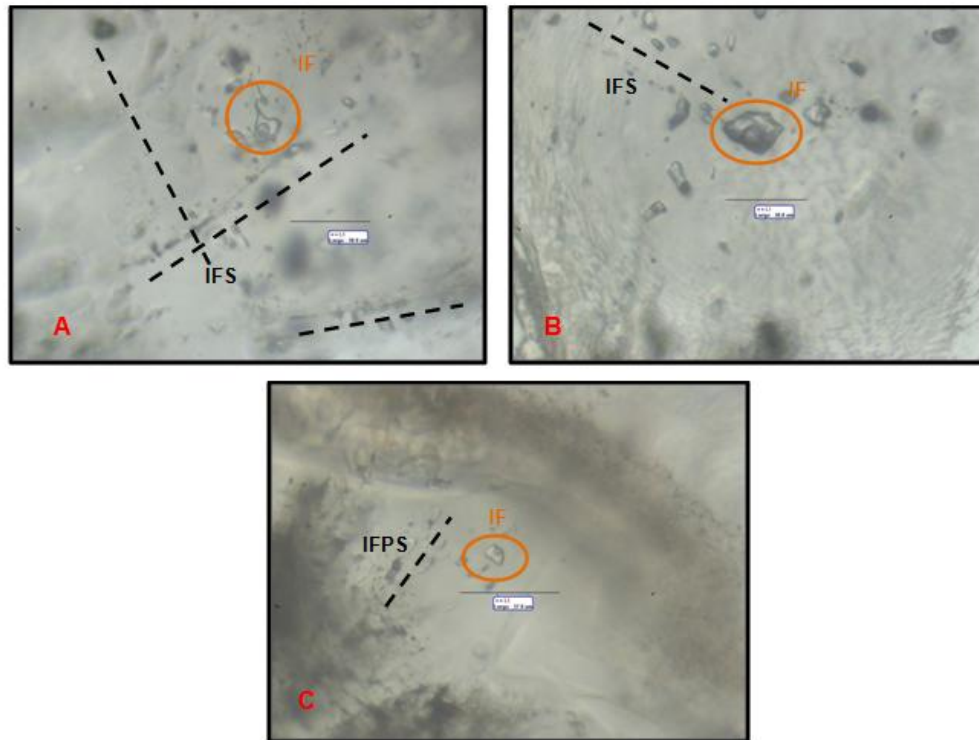
Teniendo en cuenta las características de las inclusiones fluidas mencionadas anteriormente se logró identificar inclusiones primarias y secundarias, siendo las primarias aptas para llevar a cabo los análisis de microtermometría.

- **Muestra MBM-LB278-03**

Esta muestra corresponde a cemento de cuarzo con textura plumosa, en las cuales se identificaron inclusiones fluidas primarias bifásica (L+V) ricas en líquido; en donde la burbuja ocupa un 15% y 20% del volumen de la inclusión, por tanto el grado de relleno (F) se estimó entre 0,85 y 0,8 (Velasco, 2004). Se encuentran en una familia de inclusiones fluidas primarias de forma ovoide y regular con un área que varía entre de $30\mu\text{m}^2$ a $47\mu\text{m}^2$, un tamaño de: largo desde $7,1\mu\text{m}$ a $15,3\mu\text{m}$ y de ancho desde $4,9$ a $10,8\mu\text{m}$.

A su alrededor se observan inclusiones fluidas secundarias y pseudosecundarias (ver Figura 41, IFS) bifásicas L+V ricas en líquido de menor tamaño y forma tabular.

Figura 41. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB278-03. (A) IF primaria con familias de IF secundarias (IFS). (B) IF primaria con una familia de IF secundarias. (C) IF primaria con familia de IF pseudosecundaria. Fotografía tomada en nicotes paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. IFPS: inclusiones fluidas pseudosecundarias.

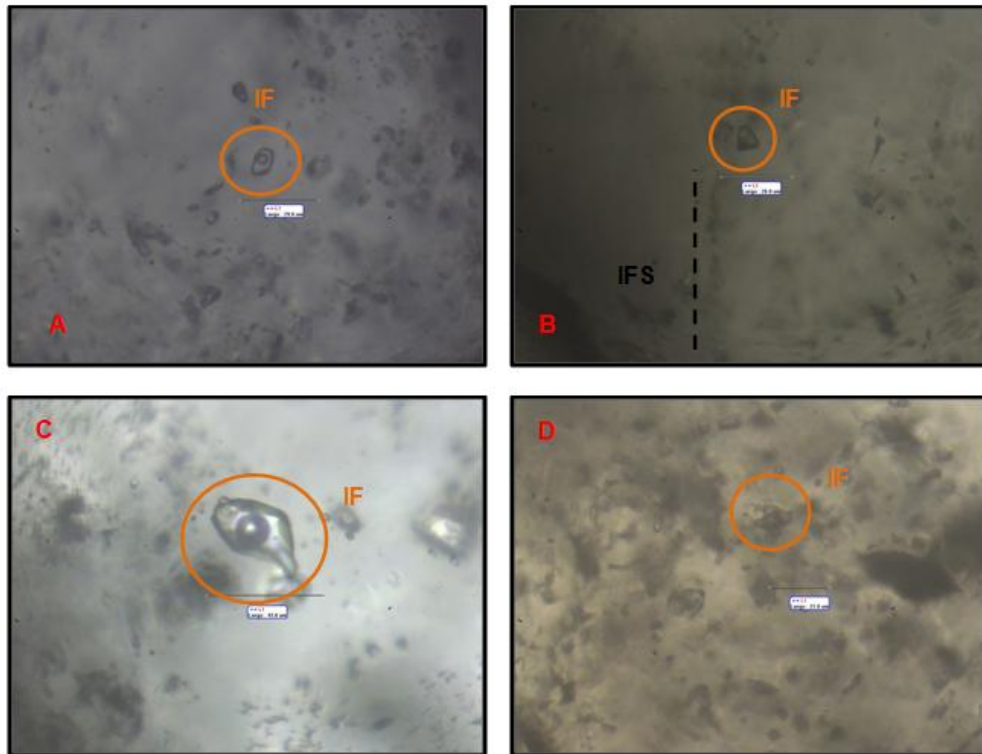


- **Muestra MBM-LB278-04C**

Esta muestra corresponde a cemento de cuarzo con textura plumosa, en las cuales se identificaron inclusiones fluidas primarias bifásicas (L+V) rica en líquido y ricas en vapor (Figura 42); en donde la burbuja ocupa del 15% al 20% del volumen de la inclusión para IF ricas en líquido por tanto el grado de relleno (F) se estimó entre un 0,85 a 0,8 (Velasco, 2004) y 35% a 45% para inclusiones fluidas ricas en vapor (ver Figura 42D), por tanto el grado de relleno (F) se estimó entre 0,65 a 0,85 (Velasco, 2004). Se encuentra en familias de inclusiones fluidas primarias de formas irregulares, regulares, tabulares y ovoides con áreas desde $123,5\mu\text{m}^2$ a $43,7\mu\text{m}^2$, de largo desde $19,8\mu\text{m}$ a $8,1\mu\text{m}$ y de ancho desde $13,1\mu\text{m}$ a $5,4\mu\text{m}$.

Además se observan IF secundarias bifásicas ricas en líquido de forma tabular, regular, irregular y ovoide de menor tamaño; IF pseudosecundarias bifásicas ricas en líquido de forma tabular y ovoide; IF monofásicas de líquido de forma ovoide y regular.

Figura 42. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB278-04C. (A) IF primaria con familias. (B) IF primaria con una familia de IF secundarias. (C) IF primaria. (D) IF primaria bifásica rica en vapor. Fotografía tomada en nicoles paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. Fotografía tomada en nicoles paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida.



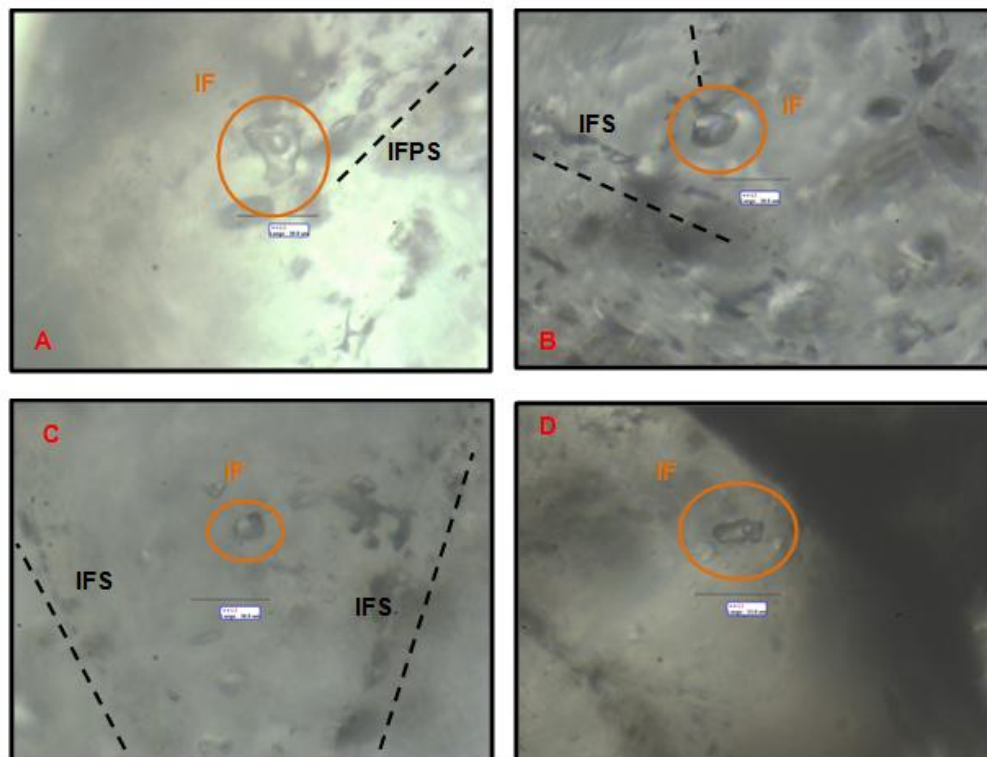
- **Muestra MBM-LB140-09A**

Esta muestra corresponde a cemento de cuarzo con textura plumosa, en las cuales se identificaron inclusiones fluidas primarias bifásicas (L+V) ricas en líquido (Figura 43); en donde la burbuja ocupa entre 10% y 15% del volumen de la inclusión, por tanto el grado de relleno (F) se estima entre 0,9 y 0,85

(Velasco, 2004). Se encuentra en familias de inclusiones fluidas primarias de formas regular, irregular y ovoide a tabular con áreas de $120,2\mu\text{m}^2$ a $39,6\mu\text{m}^2$, de largo desde $22,2\mu\text{m}$ a $6,3\mu\text{m}$ y de ancho desde $18,3\mu\text{m}$ a $4,8\mu\text{m}$.

Además se observan IF secundarias bifásicas ricas en líquido y ricas en vapor de forma tabular, regular, irregular y ovoide de menor tamaño; IFS monofásicas de líquido y vapor de forma ovoide y regular. IF pseudosecundarias monofásicas de líquido de forma regular.

Figura 43. Inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas de la muestra MBM-LB140-09A. (A) IF primaria con familias. (B) IF primaria con una familia de IF secundarias. (C) IF primaria. (D) IF primaria bifásica rica en vapor. Fotografía tomada en nicols paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida. IFS: inclusiones fluidas secundarias. Fotografía tomada en nicols paralelos (NII). Microscopio de luz transmitida.



6.2 DATOS MICROTERMOMÉTRICOS.

A partir de los datos obtenidos durante los análisis de microtermometría (Tabla 5) de inclusiones fluidas, se resaltó un valor fundamental el determinar la temperatura de homogenización **Th (°C)** (o temperatura de atrape).

Tabla 5. Datos microtermométricos obtenidos en el laboratorio.

MUESTRA	MINERAL	CLASIFICACION GENETICA	TIPO SHEPPARD 1985	FASES	Th (°C)	HOMOGENIZACIÓN
MBM-LB278-003	Cuarzo	Primaria	II	L+V	217,6	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	254,3	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	233,7	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	248,3	L+V →L
MPM-LB278-04C	Cuarzo	Primaria	II	L+V	234,7	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	245	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	235	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	205	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	259,4	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	219,9	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	204,1	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	248	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	III	L+V	298,2	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	III	L+V	313,2	L+V →L
MBM-LB140-09A	Cuarzo	Primaria	II	L+V	218,3	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	226,9	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	184,3	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	197,7	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	182,3	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	195,1	L+V →L
	Cuarzo	Primaria	II	L+V	198,3	L+V →L

- **Muestra MBM-LB278-03.**

Las mediciones correspondientes a los análisis de microtermometría de inclusiones fluidas primarias bifásicas del cemento de la roca muestran una temperatura de homogenización (Th) a líquido de 217°C a 254°C. La temperatura de primera fusión detectable (T_{pdf}) y la temperatura de fusión final

del hielo (T_m ice) no se tienen en cuenta debido a la dificultad de la toma de datos por ende en este trabajo no se tendrán en cuenta estos valores.

- **Muestra MBM-LB278-04C.**

Las mediciones correspondientes a los análisis de microtermometría de inclusiones fluidas primarias bifásicas del cemento de la roca muestran una temperatura de homogenización (T_h) a líquido de $204,1^{\circ}\text{C}$ a $259,4^{\circ}\text{C}$ para las IF bifásica ricas en líquido; y temperaturas de homogenización (T_h) a líquido de $298,2^{\circ}\text{C}$ a $313,2^{\circ}\text{C}$ para IF ricas en vapor. La temperatura de primera fusión detectable (T_{pfd}) y la temperatura de fusión final del hielo (T_m ice) no se tienen en cuenta debido a la dificultad de la toma de datos por ende en este trabajo no se tendrán en cuenta estos valores.

- **Muestra MBM-LB140-09A.**

Las mediciones correspondientes a los análisis de microtermometría de inclusiones fluidas primarias bifásicas del cemento de la roca muestran una temperatura de homogenización (T_h °C) a líquido de $182,3^{\circ}\text{C}$ a $226,9^{\circ}\text{C}$. La temperatura de primera fusión detectable (T_{pfd}) y la temperatura de fusión final del hielo (T_m ice) no se tienen en cuenta debido a la dificultad de la toma de datos por ende en este trabajo no se tendrán en cuenta estos valores.

6.3 RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPITULO.

Las IF primarias bifásicas ricas en líquido en el cemento de las brechas muestran temperaturas de homogenización (T_h °C) a líquido que varían de 190°C a 255°C . Sus relaciones L/V y su modo de homogenización a líquido ($T_h \rightarrow L$), apuntan a que los paleofluidos fueron atrapados en condiciones homogéneas.

Las texturas definidas para las brechas en este estudio, son típicas de ambientes de epitermales de baja sulfidación.

7 QUIMICA MINERAL

Se escogieron 2 muestras del pozo LB140 para la realización de los análisis de química mineral que corresponden a las muestras MBM-LB140-08A (ver Figura 44) y MBM-LB140-10B (ver Figura 55) las cuales contienen pirita en clastos, matriz y cemento de la roca. Para cada una de las muestras se seleccionaron piritas en clastos, matriz y cemento. Los análisis fueron de 1 a 8 mediante microsonda para cada una de las piritas contenidas en las muestras.

Para cada uno de los análisis realizados se encontraron elementos como: Zn, Pb, Fe, Cu, S, As y Mo en los cuales se destacan mayores concentraciones de Fe y S, esto indica que los minerales analizados corresponden a piritas. Las concentraciones de porcentaje en peso (WT%) de Fe varían de 43,7 a 46,7 y las concentraciones de WT% de S van de 53,0 a 53,9. la suma de estos valores debe aproximarse a 100 incluyen el error presente para cada uno de los análisis realizados incluyéndose también valores negativos (resaltados en rojo) que presentan algunos elementos debido a la dificultad al momento de calibrar el equipo, por consiguiente los valores negativos no se tendrán en cuenta en dichos elementos.

I. Muestra MBM-LB140-08A

Figura 44. Distribución espacial de los cristales de pirita seleccionados para el análisis de química mineral. Sección delgada muestra MBM-LB140-08A.



- **Cristal 1 (C1).**

Figura 45. Cristal 1 (C1).

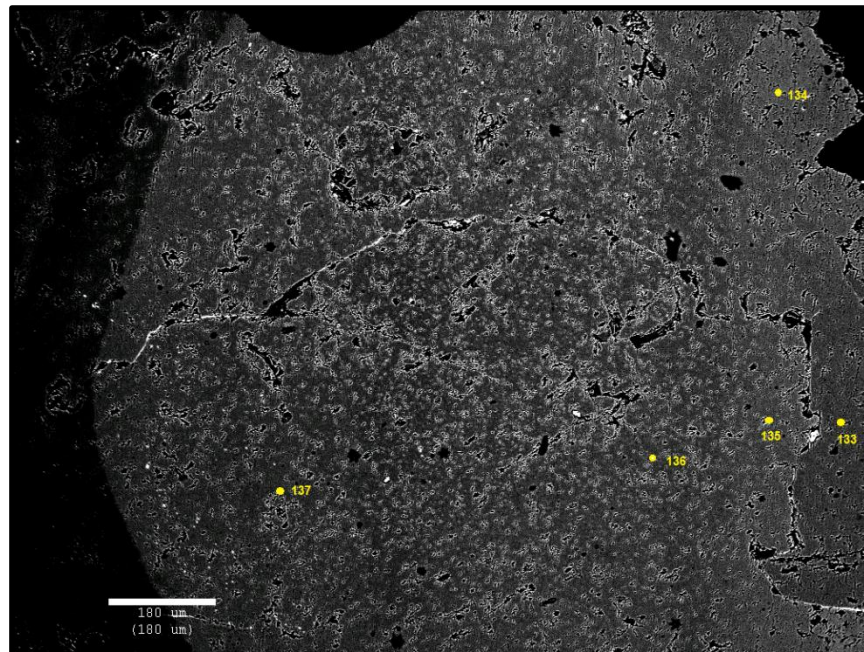


Tabla 6. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C1.

	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
133	0,117918	0,448925	45,2952	1,12321	53,4886	-0,01792	-0,1811	100,275
134	-0,01434	-0,00511	46,5931	0,181547	53,1475	-0,02228	-0,368	99,5125
135	-0,00359	-0,60611	45,9375	0,063141	53,9804	0,004813	-0,27906	99,0972
136	0,085864	0,02551	46,0789	0,10816	53,57	-0,02452	-0,34159	99,5024
137	0,02148	0,27068	45,9586	0,01763	53,3228	-0,02775	-0,27923	99,2842

- **Crystal 2 (C2).**

Figura 46. Cristal 2 (C2) y cristal 2A (C2A).

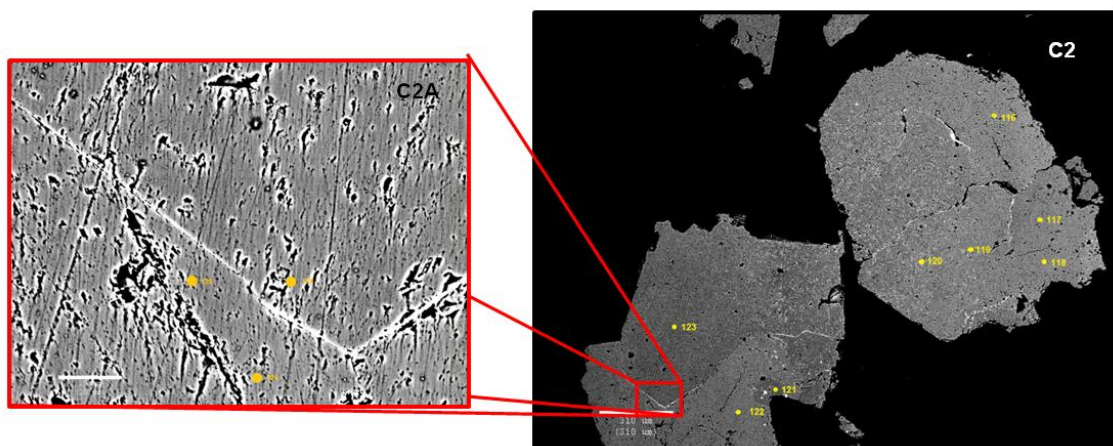


Tabla 7. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C2.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
116	-0,05744	-0,18434	46,2252	0,174199	53,3691	-0,02222	-0,34683	99,1577
117	-0,08945	0,403013	46,2404	0,150915	53,5493	-0,02047	-0,2864	99,9473
118	0,057374	-0,28207	45,0422	0,068096	47,3882	0,002475	-0,43009	91,8462
119	0,071776	-0,10818	46,456	0,04038	53,3346	0,006867	-0,17904	99,6224
120	-0,05737	-0,13297	46,1766	0,224401	53,5003	-0,01571	-0,32335	99,372
121	-0,04298	-0,01022	46,2207	0,251794	53,2828	-0,00564	-0,33374	99,3627
122	-0,12536	0,413507	46,2807	-0,02267	52,6616	-0,00807	-0,28581	98,9139
123	-0,00359	-0,07155	45,6916	0,060483	51,9924	-0,00283	-0,40858	97,2579

Tabla 8. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C2A.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
124	0,043017	-0,3323	46,4985	0,20413	53,6253	-0,0071	-0,2919	99,7397
125	-0,0287	-0,1381	46,5448	0,12607	53,4899	-0,0212	-0,3078	99,665
126	0,017891	0,52597	46,422	0,07805	53,7553	-0,0071	-0,4032	100,389

- **Cristal 3 (C3).**

Figura 47. Cristal 3 (C3).

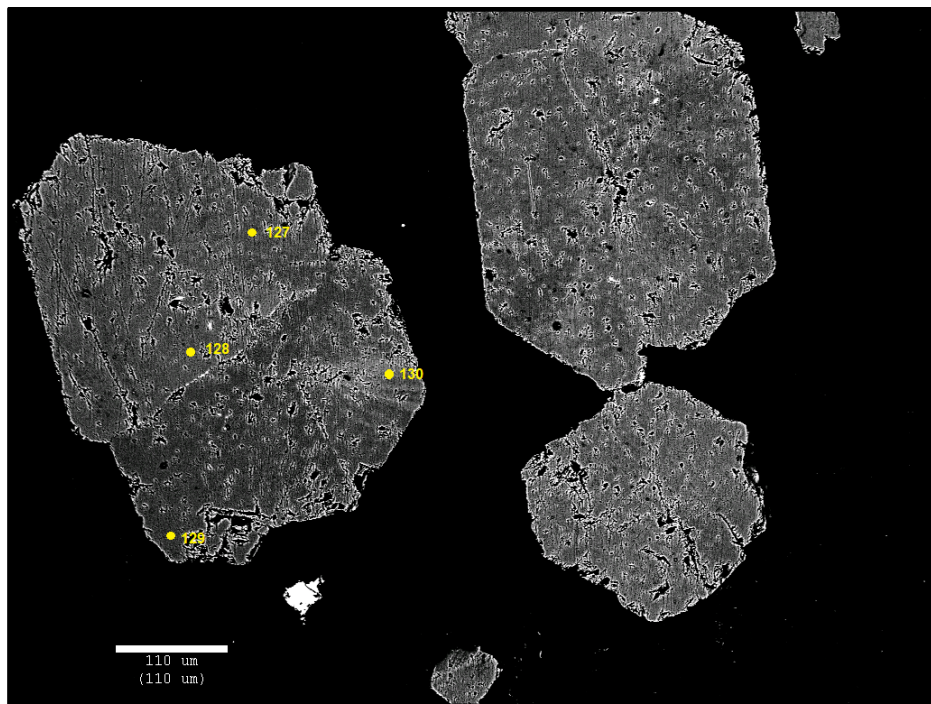


Tabla 9. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C3.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
127	0,085929	0,086802	45,9667	0,093154	52,7708	-0,01482	-0,19662	98,792
128	-0,02148	-0,24522	46,0965	0,352552	53,5837	-0,02217	-0,37117	99,3728
129	-0,02147	0,403209	46,4835	0,216412	53,516	-0,01549	-0,28053	100,302
130	0,154429	-0,32777	46,3873	0,050499	53,7039	-0,02761	-0,31847	99,6223

- **Cristal 4 (C4).**

Figura 48. Cristal 4 (C4).

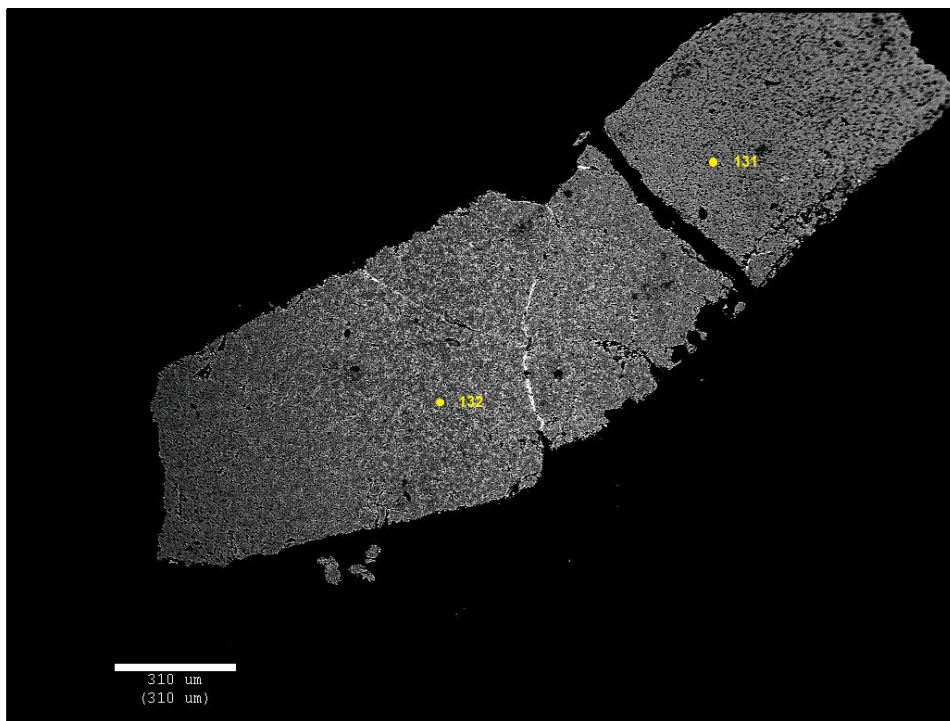


Tabla 10. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C4.

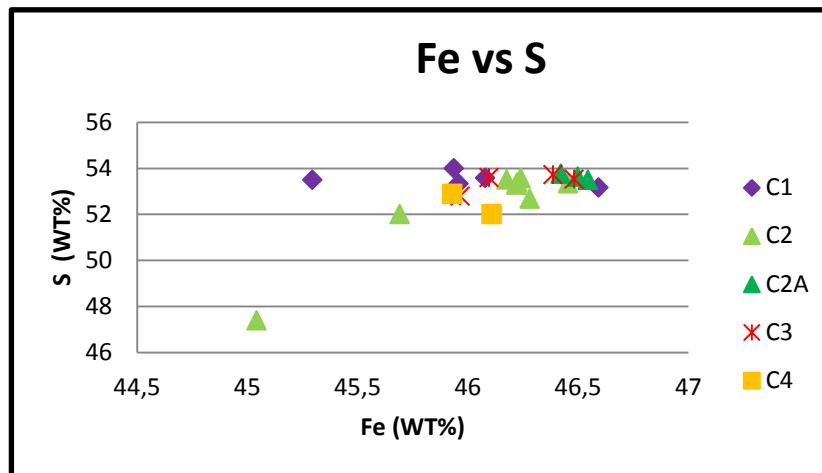
PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
131	0,050203	-0,27093	46,1086	0,10085	51,9957	-0,00406	-0,28831	97,6921
132	0,057245	0,126424	45,9297	0,14592	52,8807	0,008061	-0,34102	98,8071

Los análisis realizados para la muestra MBM-LB140-08A arrojan las mismas concentraciones de Fe y S para las todas piritas. En la Figura 49 se puede observar que los 4 cristales de pirita se encuentran en la misma región de la figura sin importar el tipo.

Las concentraciones de Zn varían de 0,01WT% a 0,1WT% para los cuatro cristales analizados. Para el Pb se encuentran concentraciones de 0,02WT%

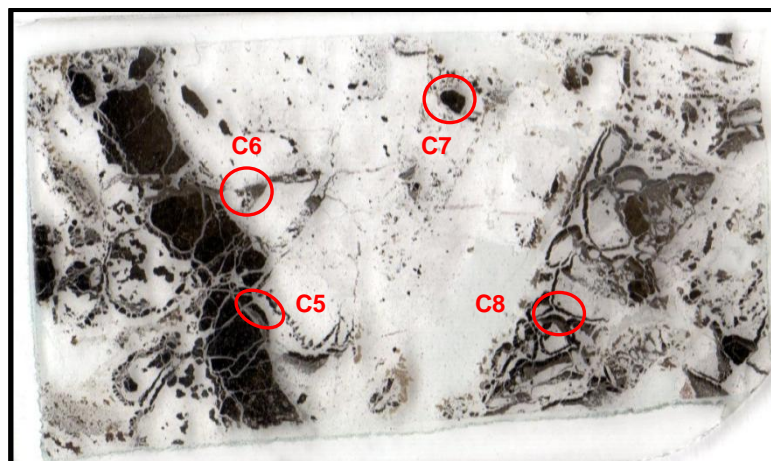
hasta 0,4WT%, el Cu contiene de 0,017WT% hasta 0,3 para los cristales C2, C2A, C3 y C4, para C1 la concentración de Pb alcanza hasta el 1,1WT%.

Figura 49. Concentración de Fe vs S para clastos de pirita (C1, C2, C2A y C4) y pirita contenida en clastos (C3) para la muestra MBM-LB140-08A.



- **Muestra MBM-LB140-10B.**

Figura 50. Distribución espacial de los cristales de pirita seleccionados para el análisis de química mineral. Sección delgada muestra MBM-LB140-10B.



- **Cristal 5 (C5).**

Figura 51. Cristal 5 (C5).

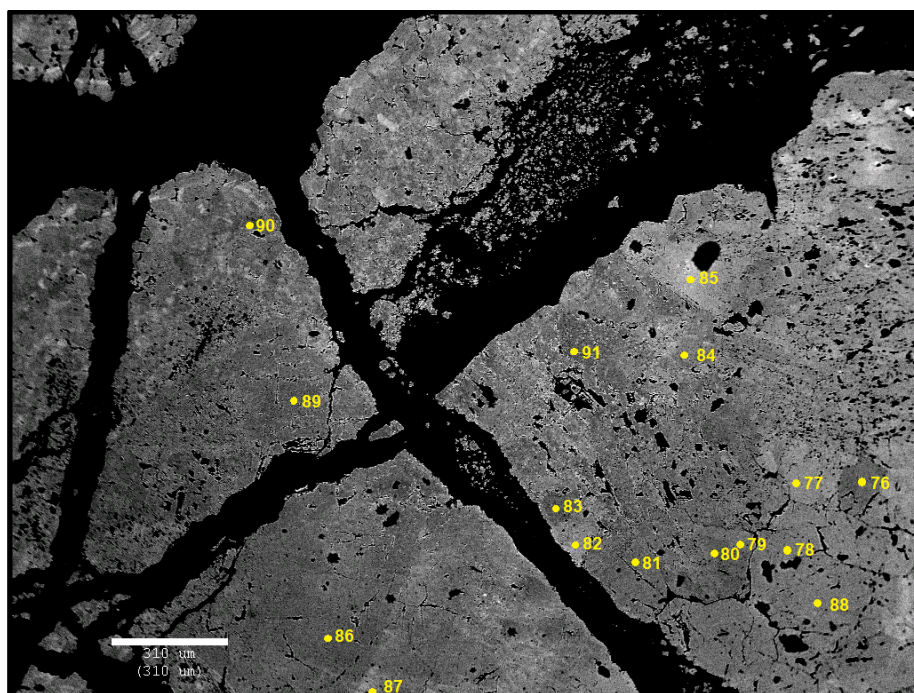


Tabla 11. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C5.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
74	0,057427	-0,02389	45,5968	0,290261	52,3027	0,037681	-0,23098	98,03
75	-0,01435	0,142503	46,6616	0,156473	53,429	0,055011	-0,31284	100,117
76	0,075287	-0,06846	46,0317	0,37056	53,5234	0,025028	-0,34164	99,6159
77	-0,01793	0,222629	46,2017	0,307659	53,3LB278	0,01172	-0,44695	99,6066
78	0,071779	0,404347	46,584	-0,01515	53,0004	-0,02472	-0,40664	99,614
79	0,035925	0,102063	46,108	0,409251	53,3581	0,001216	-0,32792	99,6867
80	0,064572	0,245191	46,1571	0,141259	53,5804	0,001211	-0,1927	99,997
81	0,125977	-0,21047	46,3069	0,134125	53,5894	-0,00486	-0,29106	99,65
82	0,086176	-0,08201	45,8212	0,492358	52,7295	0,060483	-0,23959	98,8681
83	0,057232	0,173477	43,6646	3,5536	52,7682	0,058241	-0,2547	100,021
84	0,064408	0,565651	45,8298	0,342301	53,4498	0,183412	-0,14767	100,288
85	-0,0072	-0,46212	46,1788	0,220306	53,4955	0,014558	-0,37723	99,0626
86	-0,0719	-0,19886	45,7272	0,528625	53,0162	0,26116	-0,28643	98,976
87	0,010806	-0,33874	46,1632	0,151821	53,3335	-0,00809	-0,31917	98,9933
88	0,132335	0,787521	45,245	-0,09828	53,519	0,637724	-0,37725	99,846
89	0,082736	0,030781	46,381	0,068297	53,1112	-0,00891	-0,49966	99,1654

- Cristal 6 (C6).

Figura 52. Cristal 6 (C6).

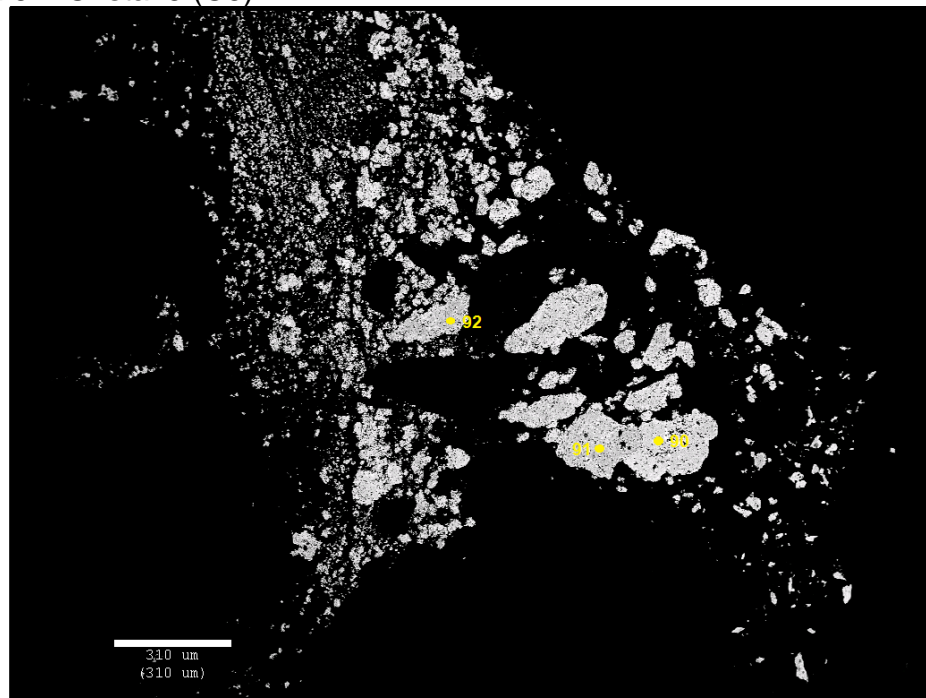


Tabla 12. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C6.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
90	0,068269	0,169147	45,8771	0,240011	53,6777	-0,02224	-0,21081	99,7992
91	-0,02512	0,20996	45,9765	0,825315	53,0559	-0,00577	-0,29971	99,7371
92	-0,02154	0,206755	46,3063	0,282695	53,2382	0,123823	-0,22476	99,9115

- **Cristal 7 (7).**

Figura 53. Cristal 7 (C7).

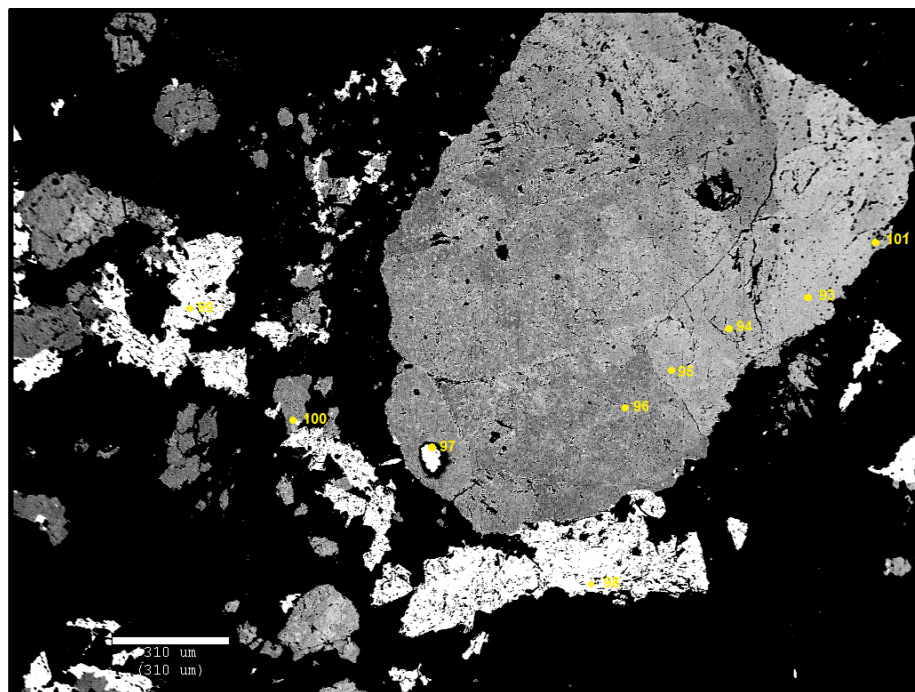


Tabla 13. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C7.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
93	-0,07547	0,061888	45,9091	0,583766	53,3197	0,061573	-0,21646	99,6441
94	0,000003	-0,26615	45,7636	0,096227	52,7139	0,022256	-0,2774	98,0524
95	0,1295	-0,12317	45,9761	0,412273	53,6313	-0,01256	-0,29112	99,7224
96	0,000008	0,071809	45,6093	0,715371	53,0381	-0,02071	-0,32823	99,0856
97	-0,03948	0,348015	46,3169	0,070664	53,3254	-0,02665	-0,24741	99,7475
98	71,9116	0,025959	-0,0011	0,321051	33,3029	0,081949	-0,15425	105,488
99	72,3584	-0,02479	0,032005	0,115711	33,0472	-0,02703	-0,19047	105,311
101	-0,0444	-0,60355	45,8473	0,627536	53,5375	0,047754	-0,29726	99,1149

- **Cristal 8 (8).**

Figura 54. Cristal 8 (C8) y cristal 8A (C8A).

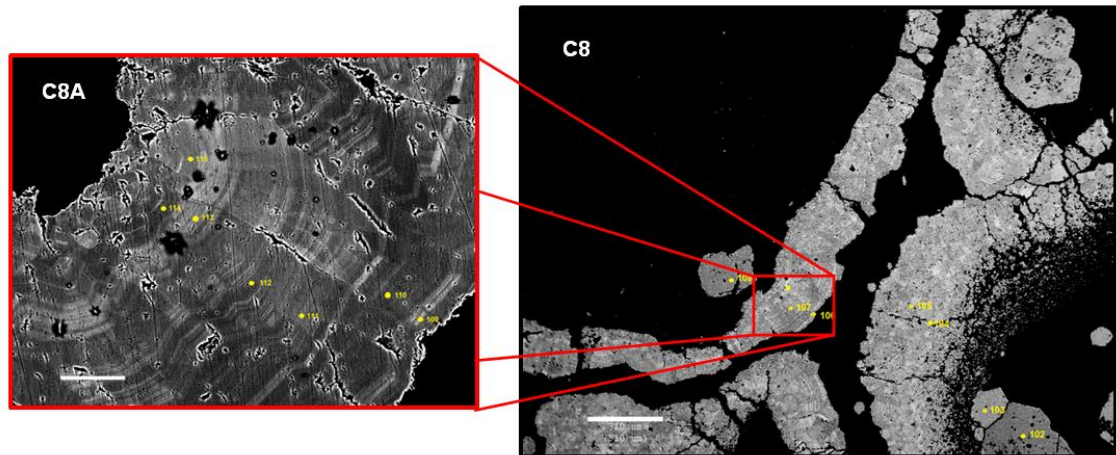


Tabla 14. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C8.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
102	-0,0432	0,076806	46,406	0,075939	53,7182	0,005658	-0,42161	99,8178
103	-0,00359	0,363626	46,7392	-0,02021	53,5528	-0,01456	-0,22561	100,392
104	0,017907	0,689323	45,728	0,070521	53,5525	0,310813	-0,19504	100,174
105	-0,0646	-0,27668	45,6029	0,085892	53,2189	0,33057	-0,38106	98,5159
106	0,003586	0,034799	45,9466	-0,02778	53,8246	0,200698	-0,27148	99,711
107	0,196361	0,650715	44,7748	0,032651	53,338	0,725455	-0,3221	99,3959
108	0,032307	-0,06683	46,4514	0,080754	53,1826	0,005659	-0,42485	99,2611

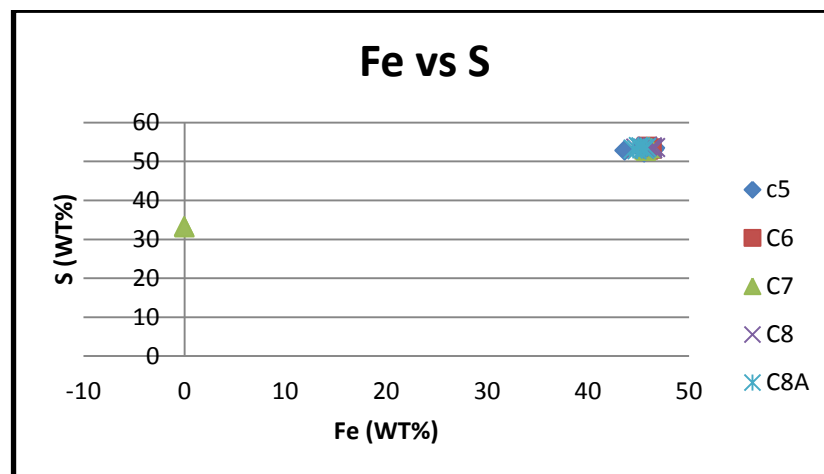
Tabla 15. Composición química en porcentaje en peso de los elementos hallados en el sulfuro C8A.

PUNTO	COMPOSICIÓN (WT%)							TOTAL
	Zn	Pb	Fe	Cu	S	As	Mo	
109	0,07119	1,16188	44,8727	0,022546	52,9441	0,675621	-0,3038	99,4443
110	0,010731	0,417883	45,2521	-0,00251	53,6921	0,67049	-0,40515	99,6357
111	0,035785	0,533523	45,659	-0,11319	53,0918	0,255183	-0,29861	99,1635
112	0,121555	0,518093	45,4978	0,075444	53,3588	0,429111	-0,28313	99,7176
113	0,167516	0,657322	44,5212	0,170508	53,0898	0,898815	-0,37475	99,1305
114	-0,00714	0,78286	45,0096	0,067896	53,7257	0,431582	-0,30898	99,7016
115	-0,01072	0,653406	45,8282	-0,03524	53,5101	0,172124	-0,46528	99,6526

Los análisis realizados para la muestra MBM-PLB140-10B arrojan las mismas concentraciones de Fe y S para todas las piritas. En la Figura 55 se puede observar 3 cristales de pirita se encuentran en la misma región de la figura sin importar el tipo y; un cristal el cual tiene S pero carece de Fe.

Las concentraciones de Zn varían de 0,01WT% a 0,19WT% para tres cristales de pirita analizados. Para el Pb se encuentran concentraciones de 0,03WT% hasta 1,2WT%, el Cu contiene de 0,03WT% hasta 0,9WT% para los cristales C5, C6, C8 y C8A; para C7 la concentración de Pb es de 0,3WT%, Cu es de 0,7WT%, Zn es 71,9 a 72,4WT% y S 33,0 a 33,3WT%. Para este último cristal se observa cantidad de Zn y S considerable lo cual puede indicar que los análisis se realizaron a cristales de Esfalerita.

Figura 55. Concentración de Fe vs S para clastos de pirita (C5, C6, C7, C8 y C8A) para la muestra MBM-LB140-10B.



8 AMBIENTES Y MECANISMOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE LAS BRECHAS DEL SECTOR LA MASCOTA.

El estudio de estas brechas (descripción macroscópica de sus atributos, petrografía, inclusiones fluidas), permitió establecer la siguiente historia de su formación y evolución:

- 1) Un primer evento hidrotermal (Etapa de Pre-Brechificación I), el cual generó una importante alteración hidrotermal en las rocas del Neis de Bucaramanga (evento metamórfico de edad pre-cámbricas), representada fundamentalmente en sericitización-illitización (?) y formación de venas de Cuarzo con sulfuros. Este evento hidrotermal, debió tener lugar en un ambiente subepitermal.
- 2) Una segunda etapa de alteración hidrotermal (Etapa de Pre-Brechificación II), de ambiente más somero (epitermal), se superimpuso al evento hidrotermal previamente mencionado, posiblemente debido a fenómenos de *Telescoping* o relacionados con un pulso hidrotermal más reciente (?). Este evento de ambientes epitermales y bajo condiciones de alta sulfidación, pudo haber sido el responsable de la formación de alunitas hipógenas, cuarzo vuggy (?) y sulfuros, fundamentalmente.
- 3) Eventos tectónico-hidrotermales (Etapa de Brechificación I), que posiblemente se relacionan con la actividad de la Falla de La Quebrada La Baja y escapes simultáneos de fluidos, los cuales favorecieron la formación de un precipitado de cuarzo microcristalino, generando la cementación de la matriz o harina de roca.
- 4) Eventos de Brechificación y alteración hidrotermal (Etapa de Brechificación II), responsables de la formación de precipitados hidrotermales tipo cuarzo con textura coliforme, crustiforme y plumosa, entre otras, las cuales se relacionan con ambientes epitermales de condiciones similares a las reportadas en los depósitos de baja sulfidación.

Estas etapas de brechificación I y II posiblemente se dieron alternados en más de una ocasión.

Considerando los rasgos texturales de las brechas anteriormente mencionadas y sus posibles eventos de alteración hidrotermal asociados (tanto heredados de las etapas de pre-brechificación, como de las etapas de brechificación), se evidencia la compleja historia hidrotermal y metalogénica asociada a estas brechas. Esto implica, que los atributos de la mineralización en el sector la Mascota, registran diferentes etapas, tanto en tiempo como en ambiente de formación, tal como lo indica la sobreimposición de diferentes alteraciones hidrotermales y de texturas de precipitación hidrotermal.

9 CONCLUSIONES

Se identificaron tres tipos texturales de brechas apoyados en la organización interna de los elementos de las mismas y sus porcentajes: Brechas Matriz-soportada, Brechas Clasto-soportada y Brechas Cemento-soportadas.

Las texturas predominantes identificadas para las brechas del sector La Mascota son: Bandas Coloformes, Bandas Crustiformes, Masiva, Mosaico y Feathery (plumosa). En menor proporción se observaron también texturas Lattice Bladed, Comb (Peine), Flamboyant (Llameante), Cockade, Sacaroides, Zonada y Cataclástica (Milonítica).

Todas las texturas mencionadas excepto la textura Cataclástica (Milonítica), corresponden a texturas de origen hidrotermal. La textura Cataclástica corresponde a origen de deformación dúctil, lo cual sugiere que la formación de estas brechas se dio en un sistema Tectónico-Hidrotermal.

La presencia de sericitización-illitización (?) en clastos de neis y la presencia de clastos de venas de cuarzo con sulfuros indican que estos rasgos se generaron en un primer evento hidrotermal (Etapa de Pre-Brechificación I) en un Ambiente Subepitermal (?).

La presencia de Alunitas hipógenas, cuarzo vuggy(?) y sulfuros, se formaron en un segundo evento hidrotermal (Etapa de Pre-Brechificación II), sobreimponiéndose al primer evento hidrotermal (Etapa de Pre-Brechificación I) en ambientes epitermales de alta sulfidación.

Para la formación de las brechas del sector la Mascota se dieron además eventos tectónico-hidrotermales (Etapa de Brechificación I), que posiblemente se relacionan con la actividad de la Falla de La Quebrada La Baja y escapes simultáneos de fluidos, los cuales favorecieron la formación de un precipitado de cuarzo microcristalino, generando la cementación de la matriz o harina de roca (evidenciado en las texturas cataclásticas observadas en la brechas y en clastos dentro de las brechas).

Eventos de Brechificación y alteración hidrotermal (Etapa de Brechificación II), son responsables de la formación de precipitados hidrotermales de cuarzo con textura coloforme, crustiforme y plumosa entre otras, las cuales son muy similares a las reportadas en los depósitos de baja sulfidación.

Temperaturas de atrape entre 190°C y 255°C detectadas en inclusiones bifásicas que homogenizaron a líquido (Th→L) en cementos de las brechas, se encuentran entre los rangos de temperaturas reportados para depósitos epitermales y concuerdan con la formación de texturas típicas de depósitos epitermales de baja sulfidación (?).

Los sulfuros hallados como clastos, cristales en clastos, venas y cemento en las muestras analizadas tienen altos contenidos de Fe y S indicando que son en efecto pirita en cual es el sulfuro más común relacionado a valores de interés de Au y Ag. No obstante, Au y Ag no fueron detectados mediante los análisis de microsonda en las muestras usadas.

10 RECOMENDACIONES

Desarrollar el estudio de inclusiones fluidas y las mediciones microtermométricas en clastos y venas de cuarzo en las brechas (junto con otros tipos de texturas hidrotermales) con el fin de establecer las temperaturas y sistemas químicos de los paleofluidos mineralizantes.

Relacionar las texturas y los eventos de brechificación y mineralización a una secuencia paragenética que indique en qué orden ingresa los diferentes tipos de sulfuros y la wolframita al sistema, determinando una evolución más clara para el sistema epitermal en las brechas de La Mascota.

Realizar análisis geoquímicos de isótopos de Oxígeno e Hidrógeno que permitan definir la firma geoquímica de los fluidos que formaron las brechas de La Mascota.

Realizar análisis de isótopos en el azufre nativo hallado en las drusas de venas de cuarzo del cemento de las brechas con el fin de determinar su origen.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Clavijo, J., Royero, J. (2001). Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa, Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, Ingeominas, República de Colombia.

Corbett and Leach. (1998). Structure of Magmatic Ore Systems. En: Society of Economic Geologists, Special Publication No 6., pp. 31-68.

Corbett, G. (2002). Epithermal Gold For Explorationists. AIG Journal – Applied geoscientific practice and research in Australia. Paper 2002-01, February 2002.

Cooke, D., et al., (2008). Diatreme Breccias at the Kelian Gold Mine, Kalimantan, Indonesia: Precursors to Epithermal Gold Mineralization. Society of Economic Geologists. Vol 103, pp. 689-716.

Cooke, D., et al. (2008). Hydrothermal Breccias and Veins at the Kelian Gold Mine, Kalimantan, Indonesia: Genesis of a Large Epithermal Gold Deposit. Society of Economic Geologists. Vol 103, pp. 717-757.

Diaz, L. Guerrero, M. (2006) Asociaciones Mineralógicas de las Menas Auroargentíferas y su Distribución Espacial en el Yacimiento de Angostura (California Santander). Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Dong G., et al. (1995). Quartz Texture in Epithermal Vens, Queensland- Classification, Origin, and Implication. Society of Economic Geologists. Vol 90, pp. 1841-1856.

Forero, A. (2010) Paragénesis minerales de las brechas mineralizadas del sector de La Mascota California, Santander. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

García Ramírez, C. A. (2007). Manual de Prácticas de Petrología Metamórfica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Geología. pp 7-37, 49-54.

Gargiulo, M., et al. (2007). Caracterización de la Zona de Alteración Central II, Bloque San Rafael, Provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica de Argentina. Vol 62-3, pp 387-395.

Howard, N.; Ford, A.; Brookes, D. (2007). Genetic Classification of Breccias. Poster Vancouver.

Kerr, P. F. (1965). Mineralogía Optica. Universidad de Columbia. 436p.

Mantilla Figueroa, L. C. (2003). Guía de Laboratorios de petrología Ignea. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Pp 2-25, 74-78, 116-118.

Mantilla, L. C.; Valencia, V.; Barra, F.; Pinto, J.; Colegial, J. (2009). Geocronología U-Pb de los cuerpos porfíricos del distrito aurífero de Vetas-California (Dpto. de Santander, Colombia). En: Boletín de Geología, Vol. 31, N° 1., pp. 31-43

Marshall D., et al. (2004). Ore Minerals Atlas. Geological Association of Canada Mineral Deposits Division.

Mathur, R. et al. (2003). Re-Os isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeastern Colombia. Journal of South American Earth Sciences, N° 15, pp. 815-821.

Melgarejo J. (1997). Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Departament de Cristallografia, Mineralogía i Diposits Minerals de la Universitat de Barcelona. Edición 1.

Mendoza, H. et al. (1979) Geología y Geoquímica del área de California, Santander. Boletín geológico del Ingeominas, vol. 22. pp. 3-52.

Mier Umaña, R. (1990). Manual de Laboratorio de Mineralogía Óptica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Geología. pp 64-78.

Morrison, G., et al. (1990). Textural Zoning in Epithermal Quartz Veins. Klondike Explorations Services.

Ríos Reyes, C. A., Castellanos Alarcón, O. M. (2005). Atlas de Minerales vistos bajo el Microscopio de Luz Transmitida. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Geología. 96p.

Rubinstein N., et al (2005). Análisis textural de cuarzo hidrotermal del depósito El Pantanito, Provincia de Mendoza: Nuevos aportes sobre su génesis. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol 60, pp. 96-103.

Sillitoe, R., & Sawkins, F. (1971). Geologic, Mineralogic and Fluid Inclusion Studies Relating to the Origin of Copper-bearing Tourmaline Breccia Pipes, Chile. Society of Economic Geologists. Vol 66 pp. 1028-1041.

Sillitoe, R. (1985). Ore-Related Breccias in Volcanoplutonic Arcs. Society of Economic Geology. Vol. 80., pp. 1467-1514.

Simmons, S.F., White, N.C., & John, D.A. (2005). Geologic characteristics of epithermal precious and base metal deposits: *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 485–522.

Thompson A., et al (1996). Atlas of Alteracion. University of Columbia. Edición 1.

Velasco, F. (2004). Introducción al estudio de las inclusiones fluidas. XXIII Curso Latinoamericano de Metalogenia. Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del Vasco, España. 98p.

Wallier, S., et al (2006). Magmatic Fluids in the Breccia-Hosted Epithermal Au-Ag Deposit of Rosia Montana, Romania. Society of Economic Geologists. Vol 101, pp. 923-954.

Woodcock N., Mort K., (2008). Classification of Fault Breccias and Related Fault Rocks. Cambridge University Press. Pp. 435-440.

En la web:

<http://maps.google.com/>

<http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/BRECHAS%20RELACIONADAS%20A%20MINERALIZACION.pdf>

http://www.utchvirtual.net/recursos_didacticos/imagenes/colombia_satelite.jpg

http://www.ventanagold.com/upload/technical_reports/CalVetasTechRepJune08_Final.pdf

http://www.mapa-colombia.com/Mapa_Departamento_Santander_Colombia.htm

Google Earth

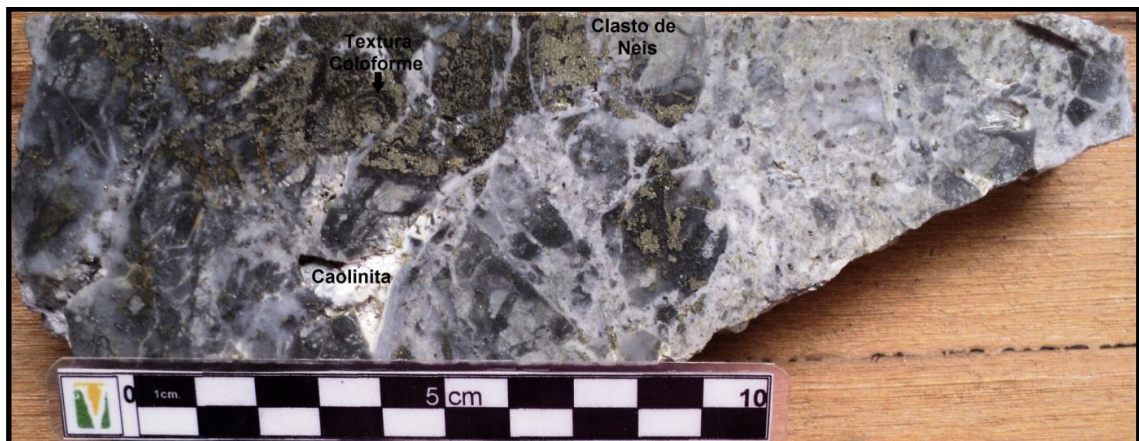
12 ANEXOS

ANEXO 1
CATALOGO MACROSCOPICO

• **Muestra MBM-001**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-001	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Z	2828
Rio/Quebrada <u>La Baja</u>		Intervalo de muestreo (m)	
		Desde	393,34
		Hasta	405,95
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño Micro-Brecha < 2mm <input type="checkbox"/> Brecha > 2mm <input checked="" type="checkbox"/>		Intervalo muestra descrita (m) 0,15	
Clastos Monomítico <input type="checkbox"/> Polimítico <input checked="" type="checkbox"/>		Matriz Textura <u>Masiva</u> Tamaño <u>>1mm</u>	
Porcentaje % <u>30</u>		Porcentaje % <u>45</u>	
Morfología <u>Subangular - angular</u>		Composición <u>Silice</u>	
Composición <u>Silice y clastos de Neis</u>		Composición <u>Neis</u>	
Cemento Porcentajes % <u>20</u>		Oquedades Porcentaje % % <u>5</u>	
Textura <u>Coloforme, crustiforme</u>		Tamaño <u>6-2mm</u>	
Composición <u>Silice, Pirita</u>		Forma <u>Subangular</u>	
Distribución de Clastos Caótico		Armazón Clastos <u>30</u> Matriz <u>45</u> Cemento <u>20</u> Porosidad <u>5</u>	
		100% <u>Matriz-soportada</u>	

Alteraciones en:		No. Foto	F1
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>		
Matriz	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-LB278-001</u>
Cemento	<u>Silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Illita, Alunita,</u>		
	<u>Cuarzo Calcedónico</u>		
Mineralizaciones	<u>Covelita, Enargita,</u>		
	<u>Calcocita</u>		
	<u>Pirita</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos de neis bordeados por pirita y a su vez se encuentran cortados por vetillas de silice y pirita. Alteración argílica por la presencia de illita en clastos, alteración argílica avanzada por la presencia de alunita en la matriz y clastos de la brecha.			
Texturas coloformes y crustiformes de pirita y silice se observan en el cemento de la roca.			
Clastos brechificados lo cual conlleva a multiples fases de brechificación.			
Caolinita como material de relleno.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-002**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-002	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
		Z	2828
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Intervalo de muestreo (m)	
Rio/Quebrada <u>La Baja</u>		Desde	509,12
		Hasta	542,16
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño Micro-Brecha < 2mm <input type="checkbox"/>		Intervalo muestra descrita (m) 0,17	
Brecha > 2mm <input checked="" type="checkbox"/>			
Clastos Monomítico <input type="checkbox"/>		Matriz Textura <u>Masiva</u>	
Polimítico <input checked="" type="checkbox"/>		Tamaño <u>>1mm</u>	
Porcentaje % <u>20</u>		Porcentaje % <u>45</u>	
Morfología <u>Subangular - subredondeado</u>		Composición <u>Sílice</u>	
Composición <u>Sílice y clastos de Neis</u>		Composición <u>Neis</u>	
Cemento Porcentajes % <u>25</u>		Oquedades Porcentaje % <u>10</u>	
Textura <u>No se observa</u>		Tamaño <u>4-2mm</u>	
Composición <u>Sílice</u>		Forma <u>Tabular</u>	
Distribución de Clastos		Armazón	
Caótico		Clastos % <u>20</u>	
		Matriz % <u>45</u>	
		Cemento % <u>25</u>	
		Porosidad % <u>10</u>	
		100% <u>Matriz-soportada</u>	

Alteraciones en:		No. Foto	F2
Clastos	<u>Silicificada</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-LB278-002</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>		
Cemento	<u>silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Sílice</u>		
Mineralizaciones	<u>Pirita, Calcosina</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos de neis y cuarzo, se encuentran bordeados por pirita y a su vez presentan vetilleo compuesto de sílice y caolinita. El vetilleo presenta una orientación preferencial y las oquedades de la muestra se presentan paralelas a este. En las oquedades se presenta textura lattice bladed debido a la precipitación de calcita o baritina.			
La calcosina se encuentra en el cemento bordeada por pirita y como relleno de la roca.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-003**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-003	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Z	2828
Rio/Quebrada <u>La Baja</u>		Intervalo de muestreo (m)	
		Desde	558,91
		Hasta	580,87
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,25	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomítico	<input type="checkbox"/>	Textura	Masiva
Polimítico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	>1mm
Porcentaje %	40	Porcentaje	20
Morfología	Subangular - subredondeado	Composición	Silice
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes %	25	Porcentaje	15
Textura	Coloforme	Tamaño	0,02 - 3cm
Composición	Silice	Forma	Tabular
Distribución de Clastos		Armazón	
Jigsaw-fit		Clastos	40
		Matriz	20
		Cemento	25
		Porosidad	15
			100% Clasto-soportada

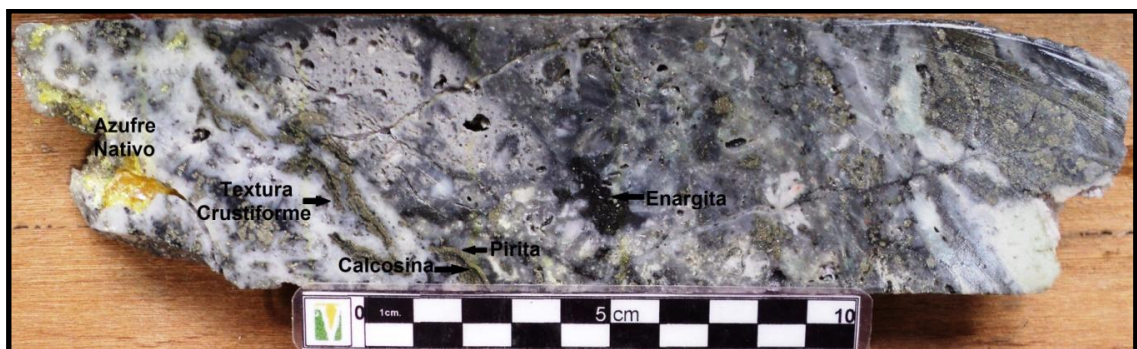
Alteraciones en:		No. Foto	F3
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-LB278-003</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>		
Cemento	<u>Silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Illita</u>		
	<u>Sílice</u>		
Mineralizaciones	<u>Pirita, Wolframita</u>		
	<u>Calcosina</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos de sílice y neis con presencia de hematita hipogénica. Algunos clastos se encuentran bordeados por pirita. La matriz se encuentra compuesta por sílice y neis y el cemento de sílice, alteración silicificación.			
Oquedades en las que se observa textura lattice bladed posiblemente formadas por la precipitación de calcita o baritina, además se encuentra crecimiento de cuarzo drusa.			
La wolframita se encuentra en el cemento de la roca y en los bordes del cuarzo drusa con forma astillosa y color rojizo.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-004**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-004	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
		Z	2828
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Intervalo de muestreo (m)	
Rio/Quebrada <u>La Baja</u>		Desde	558,91
		Hasta	580,87
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño Micro-Brecha < 2mm <input type="checkbox"/> Brecha > 2mm <input checked="" type="checkbox"/>		Intervalo muestra descrita (m) 0,2	
Clastos Monomítico <input type="checkbox"/> Polimítico <input checked="" type="checkbox"/>		Matriz Textura <u>Masiva</u> Tamaño <u>0,5-3mm</u>	
Porcentaje % <u>15</u>		Porcentaje	% <u>45</u>
Morfología <u>Subangular</u>		Composición	<u>Silice</u> <u>Neis</u>
Composición <u>Silice y clastos de Neis</u>		Oquedades Porcentaje % <u>10</u> Tamaño <u>3mm</u>	
Cemento Porcentajes % <u>30</u> Textura <u>Crustiforme, Coloforme</u> Composición <u>Silice</u>		Forma	<u>Subredondeados</u>
Distribución de Clastos Caótico		Armazón	% <u>15</u> <u>45</u> <u>30</u> <u>10</u> 100% <u>Matriz-soportada</u>

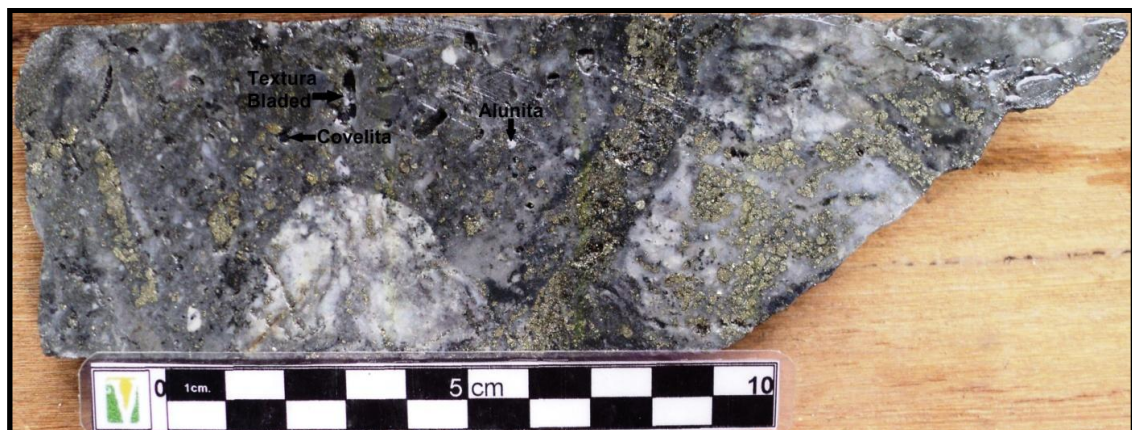
Alteraciones en:		No. Foto	F4
Clastos	<u>Silicificada</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-LB278-004</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>		
Cemento	<u>Silicificada, Argílica</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Illita, Alunita</u>		
	<u>Cuarzo calcedonio</u>		
Mineralizaciones	<u>Coelita, Pirita, Azufre Nativo</u>		
	<u>Enargita, Calcosina, Marcasita</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos de Neis y cuarzo oqueroso, con matriz de la misma composición de los clastos.			
El cemento esta compuesto de silice (alteración silicificación), en el se observa textura crustiforme de pirita y calcosina. Las oquedades se encuentra crecimiento de cuarzo drusa y en algunas se encuentran rellenas de azufre nativo de color amarillo y marcasita botroidal.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-005**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-005	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo		Z	2828
Municipio	California	Intervalo de muestreo (m)	
Rio/Quebrada	La Baja	Desde	558,91
		Hasta	580,87
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,15	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomítico	<input type="checkbox"/>	Textura	Masiva
Polimítico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	3-5mm
Porcentaje %	15	Porcentaje %	45
Morfología	Subredondeados	Composición	Silice, Alunita
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes %	30	Porcentaje %	10
Textura	No se observa	Tamaño	7mm
Composición	Silice	Forma	Tabulares
Distribución de Clastos		Armazón	
Caótico		Clastos	15
		Matriz	45
		Cemento	30
		Porosidad	10
			Matriz-soportada
			100%

Alteraciones en:		No. Foto	F5
Clastos	<u>Silicificada</u>	Detalle	Muestra MBM-LB278-005
Matriz	<u>Silicificada, argílica avanzada</u>		
Cemento	<u>Silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Sílice</u>		
	<u>Alunita</u>		
Mineralizaciones	<u>Enargita, Calcosina</u>		
	<u>Covelita, Pirita, Bornita</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos compuestos de cuarzo y neis, la matriz esta compuesta además de silice y neis por alunita evidencia de alteración argílica avanzada por la presencia de este mineral.			
El cemento esta compuesto por silice y pirita esta última se encuentra tanto en clastos como matriz de la brecha. En las oquedades se observa crecimiento de cuarzo drusa, a su vez las oquedades presente forma tabular posiblemente por la precipitación de calcita o baritina. La covelita y la bornita se encuentra rellenando oquedades de la roca.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-006**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB278-006	No. Pozo LB 278	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo		Z	2828
Municipio	California	Intervalo de muestreo (m)	
Rio/Quebrada	La Baja	Desde	558,91
		Hasta	580,87
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,32	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomítico	<input type="checkbox"/>	Textura	
Polimítico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	2-0,5mm
Porcentaje %	20	Porcentaje	% 20
Morfología	Subangular	Composición	Silice
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes %	50	Porcentaje %	% 10
Textura	Milonítica	Tamaño	5mm
Composición	Silice	Forma	Tabulares
Distribución de Clastos		Armazón	
Caótico		Clastos	% 20
		Matriz	20
		Cemento	50
		Porosidad	10
			100% Cemento-soportada

Alteraciones en:		No. Foto <u>F6</u>
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle <u>Muestra MBM-LB278-06</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>	
Cemento	<u>Silicificada</u>	
Asociaciones mineralógicas		
Alteraciones	<u>Sílice, Alunita</u>	
	<u>Illita</u>	
Mineralizaciones	<u>Pirita</u>	
OBSERVACIONES		
Clastos compuestos de neis y de cuarzo que presenta algamiento en una dirección preferencial presenta textura de flujo (textura milonítica). Vetillas de sílice y alunita en dos direcciones una de las cuales se encuentra hacia la dirección de los clastos.		
El cemento esta compuesto por sílice.		
IMAGEN DE LA MUESTRA		



• **Muestra MBM-007**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB140-007	No. Pozo LB 140	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo		Z	2828
Municipio	California		
Rio/Quebrada	La Baja	Intervalo de muestreo (m)	
		Desde	406,39
		Hasta	408,75
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,17	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomíctico	<input type="checkbox"/>	Textura	Masiva
Polimíctico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	2-0,5mm
Porcentaje %	20	Porcentaje	% 45
Morfología	Subredondeados	Composición	Silice
Composición	Silice y clastos de Neis	Oquedades	
Cemento		Porcentaje	% 5
Porcentajes		Tamaño	2mm
%	30	Forma	Irregular
Textura	Cataclástica, Crustiforme	Armazón	%
Composición	Silice, Pirita	Clastos	20
		Matriz	45
		Cemento	30
Distribución de Clastos		Porosidad	5
Caótico			100%
			Matriz-soportada

Alteraciones en:		No. Foto <u>F7</u>
Clastos	<u>Silicificada, Argílica avanzada</u>	
Matriz	<u>Silicificada</u>	Detalle <u>Muestra MBM-LB140-007</u>
Cemento	<u>Silicificada</u>	
Asociaciones mineralógicas		
Alteraciones	<u>Sílice</u>	
	<u>Alunita</u>	
Mineralizaciones	<u>Enargita, Pirita, Covelita</u>	
	<u>Wolframita</u>	
OBSERVACIONES		
Clastos compuestos de cuarzo y neis, subredondeados con textura de flujo (textura milonítica). El cemento esta compuesto de sílice y pirita formando textura crustiforme entre estas dos con enargita.		
Las oquedades se puede observar crecimiento de cuarzo drusa.		
IMAGEN DE LA MUESTRA		



• **Muestra MBM-008**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-P140-008	No. Pozo LB 140	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Z	2828
		Intervalo de muestreo (m)	
Rio/Quebrada <u>La Baja</u>		Desde	412,44
		Hasta	416,38
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,1	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomítico	<input type="checkbox"/>	Textura	
Polimítico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	1mm
Porcentaje %	45	Porcentaje	% 15
Morfología	Subangular	Composición	Silice
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes		Porcentaje %	% 20
%	20	Tamaño	8-5mm
Textura	Lattice Bladed	Forma	Tabular
Composición	Silice	Armazón	
			%
Distribución de Clastos		Clastos	45
Caótico		Matriz	20
		Cemento	15
		Porosidad	20
			100% Clasto-soportada

Alteraciones en:		No. Foto	F8
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-140-008</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>		
Cemento	<u>Silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Sílice, Illita</u>		
Mineralizaciones	<u>Pirita, Covelita</u>		
	<u>Diegenita</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos compuestos de cuarzo y neis que a su vez contienen hematita hipogénica de color rojizo, los clastos presentan estructura bandeada debido a una incipiente foliación tectónica.			
El cemento está compuesto por sílice y pirita. Las oquedades tienen forma tabular y en ellas se observa la textura lattice bladed formada por la precipitación de clastia o baritina.			
La pirita que se observa en el cemento tiene forma cúbica y romboédrica			
Illita en clastos de la brecha.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-009**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB140-009	No. Pozo LB 140	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
		Z	2828
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Intervalo de muestreo (m)	
	La Rio/Quebrada <u>Baja</u>	Desde	421,41
		Hasta	422,3
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño Micro-Brecha < 2mm <input type="checkbox"/> Brecha > 2mm <input checked="" type="checkbox"/>		Intervalo muestra descrita (m) 0,14	
Clastos Monomíctico <input type="checkbox"/> Polimíctico <input checked="" type="checkbox"/>		Matriz Textura Tamaño <u>5-1mm</u>	
Porcentaje % <u>40</u>		Porcentaje	% <u>30</u>
Morfología <u>Subangular - angular</u>		Composición <u>Silice</u>	
Composición <u>Silice y clastos de Neis</u>		<u>Neis</u>	
Cemento Porcentajes % <u>25</u>		Oquedades Porcentaje % <u>5</u>	
Textura <u>Crustiforme, Comb</u>		Tamaño <u>3-8mm</u>	
Composición <u>Silice, Piritita</u>		Forma <u>Tabular-irregular</u>	
Distribución de Clastos		Armazón	
Bandeada		Clastos	% <u>40</u>
		Matriz	<u>30</u>
		Cemento	<u>25</u>
		Porosidad	<u>5</u>
			100% <u>Clasto-soportada</u>

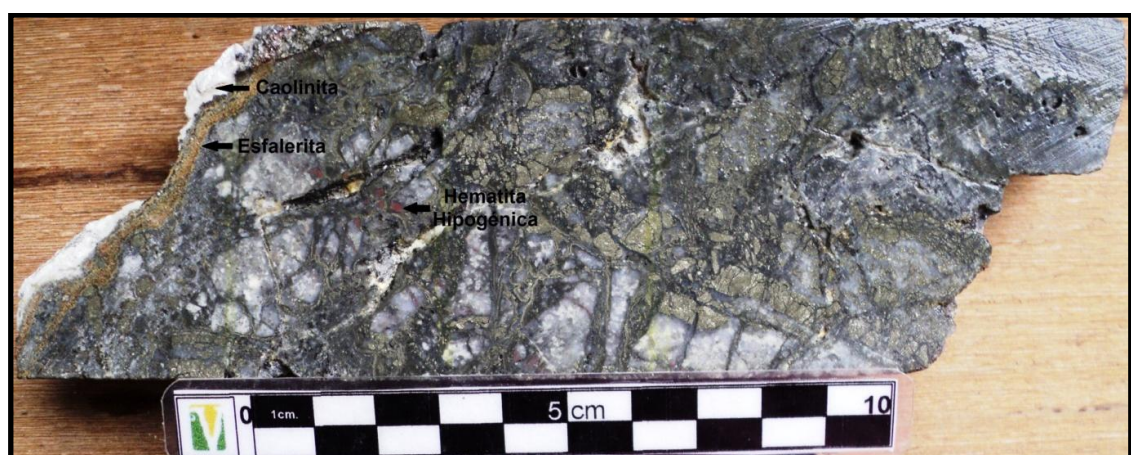
Alteraciones en:		No. Foto	F9
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle	<u>Muestra MBM-LB140-009</u>
Matriz	<u>Silicificada</u>		
Cemento	<u>Silicificada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Sílice</u>		
	<u>Illita</u>		
Mineralizaciones	<u>Wolframita, Enargita</u>		
	<u>Calcosina, Pirita</u>		
OBSERVACIONES			
<p>Clastos compuestos e neis que contienen hematita hipogénica y de cuarzo, se encuentran distribuidos en forma bandeada con el cemento y la pirita. El cemento esta compuesto por sílice y en el se observa wolframita rojiza astillosa y tabular. En el cemento se puede observar la textura comb (o de forma de peine) y textura crustiforme. En las oquedades se observa crecimiento de cuarzo drusa y en sus bordes se observa wolframita.</p>			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-010**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB140-010	No. Pozo LB 140	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
		Z	2828
Localización Pozo Municipio <u>California</u>		Intervalo de muestreo (m)	
	La	Desde	423,97
Rio/Quebrada	<u>Baja</u>	Hasta	425,49
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,14	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomítico	<input type="checkbox"/>	Textura	
Polimítico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	3-1mm
Porcentaje %	35	Porcentaje	% 35
Morfología	Subangular	Composición	Silice, pirita
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes %	20	Porcentaje %	% 10
Textura	Coloforme	Tamaño	5mm
Composición	Silice	Forma	Irregulares
Distribución de Clastos		Armazón	
Jigsaw-fit		Clastos	% 35
		Matriz	35
		Cemento	20
		Porosidad	10
			100% Clasto-soportada

Alteraciones en:		No. Foto	F10
Clastos	<u>Silicificada, Argílica</u>	Detalle	Muestra MBM-LB140-010
Matriz	<u>Silicificada, Argílica</u>		
Cemento	<u>Silicificada, Argílica avanzada</u>		
Asociaciones mineralógicas			
Alteraciones	<u>Illita, Sílice</u>		
	<u>Alunita</u>		
Mineralizaciones	<u>Pirita, Enargita</u>		
	<u>Esfalerita</u>		
OBSERVACIONES			
Clastos compuestos de neis que contiene hematita hipogénica y cuarzo con distribución en rompecabezas (o jigsaw-fit) bordeados por pirita. El cemento está compuesto de sílice y en el se observa textura coloforme compuesta por esfalerita de color naranja y brillo metálico. La caolinita se encuentra rellenando fracturas y oquedades. Además se observan vetillas compuestas por sílice y alunita.			
IMAGEN DE LA MUESTRA			



• **Muestra MBM-011**

1. INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre Tesista Monika Bertilde Mendoza León			
Código de muestra MBM-LB140-011	No. Pozo LB 140	Coordenadas Pozo (m)	
		X	1308032
		Y	1129605
Localización Pozo		Z	2828
Municipio	California	Intervalo de muestreo (m)	
	La Baja	Desde	430,8
Rio/Quebrada	La Baja	Hasta	431,22
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BRECHA			
Estructura Brechoide Tabular - Irregular		Contacto de la Estructura Brechoide Neto a Irregular	
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA BRECHA			
Tamaño		Intervalo muestra descrita (m)	
Micro-Brecha < 2mm	<input type="checkbox"/>	0,26	
Brecha > 2mm	<input checked="" type="checkbox"/>		
Clastos		Matriz	
Monomíctico	<input type="checkbox"/>	Textura	
Polimíctico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño	3-1mm
Porcentaje %	40	Porcentaje	% 20
Morfología	Subangular	Composición	Silice
Composición	Silice y clastos de Neis		Neis
Cemento		Oquedades	
Porcentajes %	30	Porcentaje %	% 10
Textura	Milónitica	Tamaño	3mm
Composición	Silice, Pirita	Forma	Irregular
Distribución de Clastos		Armazón	
			%
		Clastos	40
		Matriz	20
		Cemento	30
		Porosidad	10
			100% Clasto-soportada

ANEXO 2 CATALOGO PETROGRAFICO

BRECHAS MATRIZ-SOPORTADAS

Muestras analizadas: MBM-LB278-01A; MBM-LB278-01B; MBM-LB278-02; MBM-LB278-04A; MBM-LB278-04B; MBM-LB278-04C; MBM-LB278-05A; MBM-LB278-05B; MBM-LB140-07.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-01A

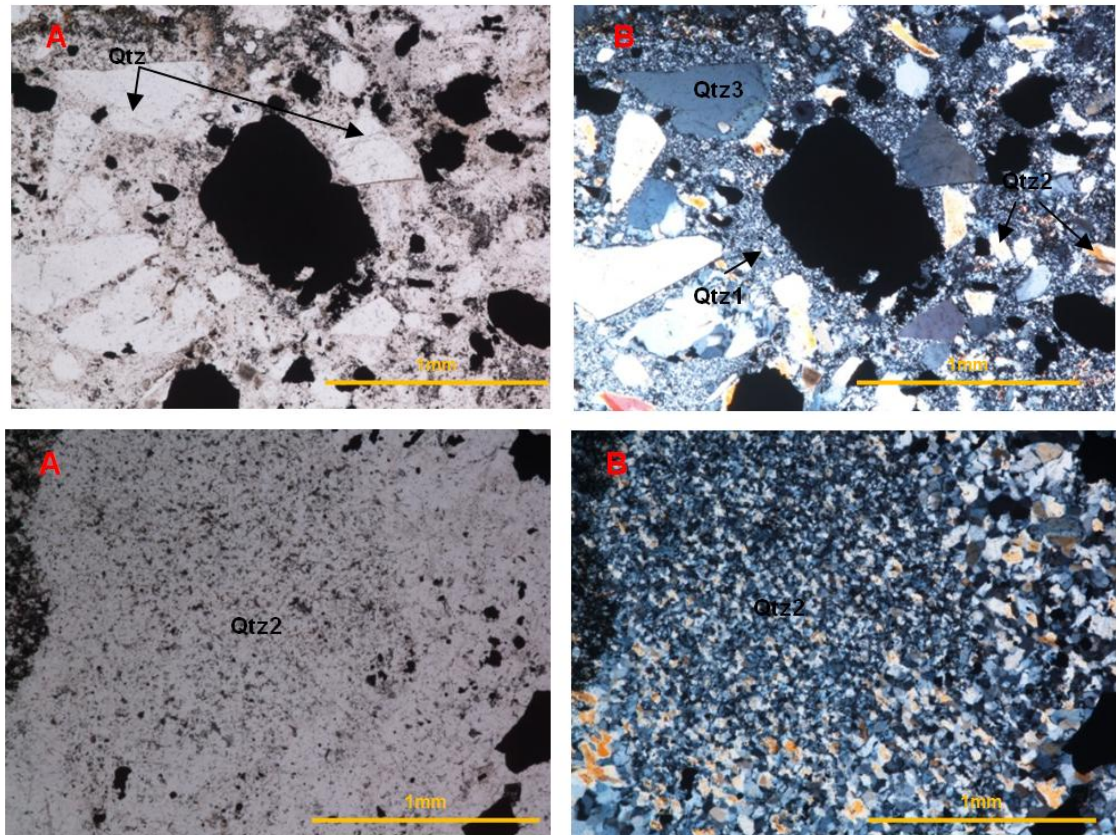
El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino), alunita?, y sericita. Texturas crustiforme y en mosaico (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en clastos de la muestra (Figura 1).

Composicionalmente presenta cuarzo, muscovita, sericita, alunita?, y sulfuros de hierro y cobre (Tabla 1).

Tabla 1. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	70%
Opacos	15%
Illita	5%
Alunita	5%
Sericita	3%
Muscovita	2%

Figura 1. Aspecto de la muestra MBM-LB278-01A. (A) En NII, (B) en NX Qtz: cuarzo, Qtz3: cuarzo 3, Alu: alunita; (C) en NII, (D) en NX, detalle de la textura mosaico en cuarzo. Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2.



Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y forma subhedral. Principalmente se encuentra en el cemento de la muestra junto con alunita.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral. Se encuentra en la matriz y de igual manera en clastos de la muestra formando textura en mosaico.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral. Algunos de estos cuarzos son prismáticos. Se encuentra principalmente en clastos de la muestra formando textura crustiforme.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral a euhedral.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a medio (0.02-4mm). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este, de igual forma se encuentra rellenando fracturas y bordeando clastos formando textura crustiforme. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Su hábito puede ser romboédricos, cubico o irregular, corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Illita?: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillos y rosados de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm), anhedral. Presenta relieve bajo.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y alargados de forma tabular a irregular.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, se desarrolla sobre el cemento de la roca y en algunas ocasiones bordean clastos, además se encuentra como relleno de algunas fracturas.

Muscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm), subhedral. Se encuentra en el cemento de la roca e incluida en cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-01B

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino) y en

algunos sectores sericita. Texturas crustiforme y en mosaico (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en clastos de la muestra (Figura 2).

Composicionalmente presenta cuarzo, muscovita, sericita, alunita?, Caolinita?, illita? y sulfuros de hierro y cobre (Tabla 2).

Figura 2. Aspecto de la muestra MBM-LB278-01B. (A) En NII, (B) en NX, Clasto de Cal: Caolinita; (C) en NII, (D) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz1: cuarzo 1, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Alu: alunita.

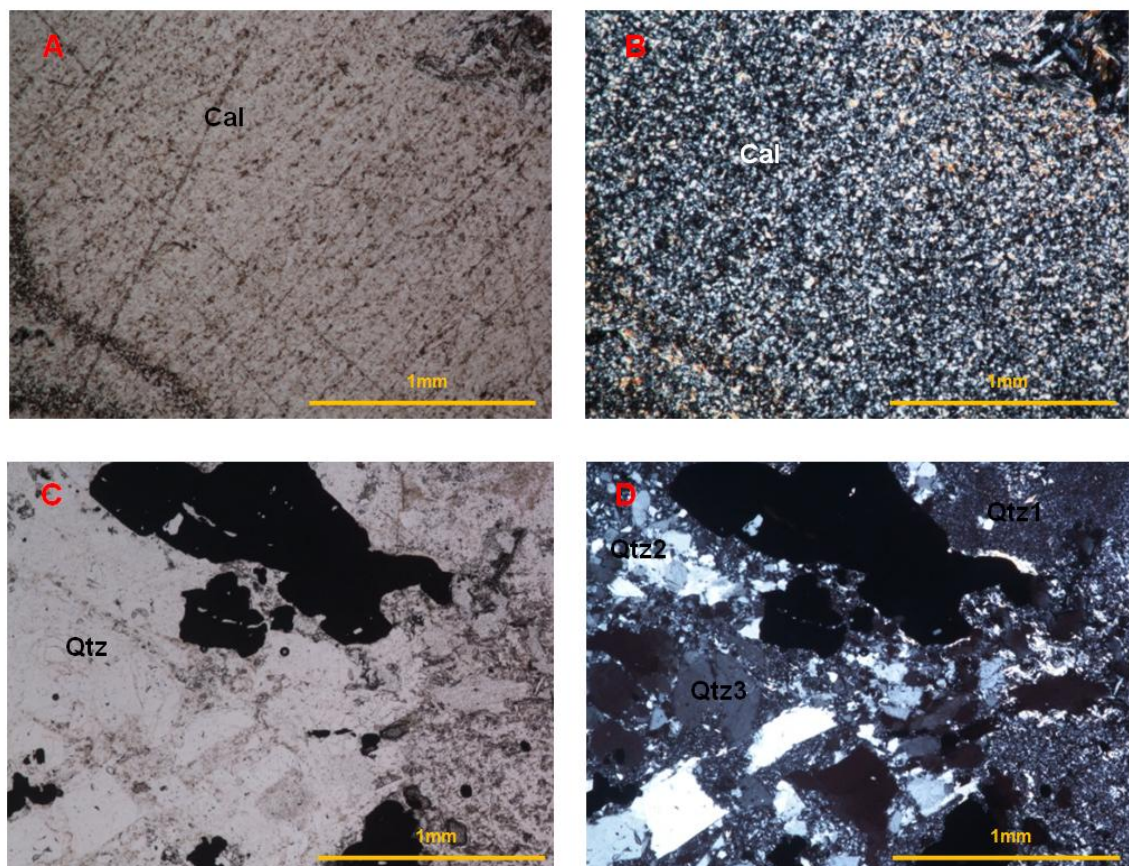


Tabla 2. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	60%
Opacos	20%
Illita	5%
Alunita	5%
Caolinita	5%
Sericita	3%
Muscovita	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y forma subhedral. Principalmente se encuentra en el cemento de la muestra junto con illita.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a prismático. Se encuentra en la matriz y de igual forma en clastos de la muestra.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra principalmente en clastos de la muestra formando textura crustiforme.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm) y subhedral a euhedral.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a medio (0.02-4mm). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este, de igual forma se encuentra rellenando fracturas y paralelos al cuarzo 2 formando textura crustiforme. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita y enargita.

Illita?: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillos y rosados de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm), anhedral. Se encuentra en clastos. Presenta relieve bajo.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral. Se encuentra bordeando clasto de caolinita.

Caolinita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre naranja a grises de primer orden, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.02mm).

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, se desarrolla sobre el cemento de la roca y en algunas ocasiones bordean clastos.

Muscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral. Se encuentra en el cemento.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-02

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino) e illita. Texturas crustiforme, plumosa, sacaroide y cuarzoes zonados (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en clastos de la muestra (Figura 3).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita?, illita? y sulfuros de hierro y cobre, principalmente piritita (Tabla 3).

Figura 3. Aspecto de la muestra MBM-LB278-02. (A) En NII, (B) en NX, Alu: alunita; Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2.

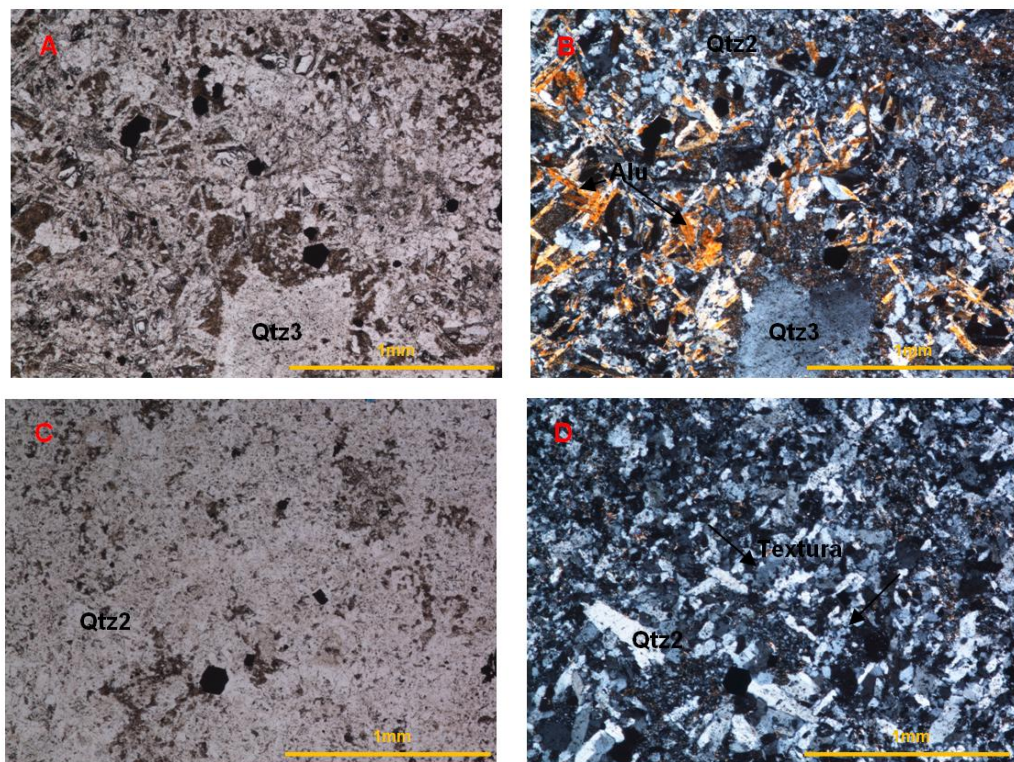


Tabla 3. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	75%
Opacos	10%
Alunita	8%
Illita	5%
Moscovita	1%
Sericita	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y forma subhedral. Principalmente se encuentra en el cemento de la muestra junto con alunita.

- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a prismático. Se encuentra en la matriz y de igual forma en clastos de la muestra. Presenta textura sacaroide.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra principalmente en clastos de la muestra formando textura crustiforme y plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm) y subhedral a euhedral.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a medio (0.02-2mm). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Illita?: Individuos incoloros con birrefringencia que varía amarillos y rosados de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm), anhedral. Presenta relieve bajo.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, se desarrolla sobre el cemento de la roca y en algunas ocasiones bordean clastos.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-04A:

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino) y alunita. Texturas sacaroide, mosaico y cuarzoes zonados (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en clastos de la muestra (Figura 5).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, illita?, alunita? y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 5).

Figura 4. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04A. (A) En NII, (B) en NX, Qtz1: cuarzo 1, Qtz2: cuarzo 2. (C) en NII, (D) en NX, Qtz4: cuarzo 4 zonados.

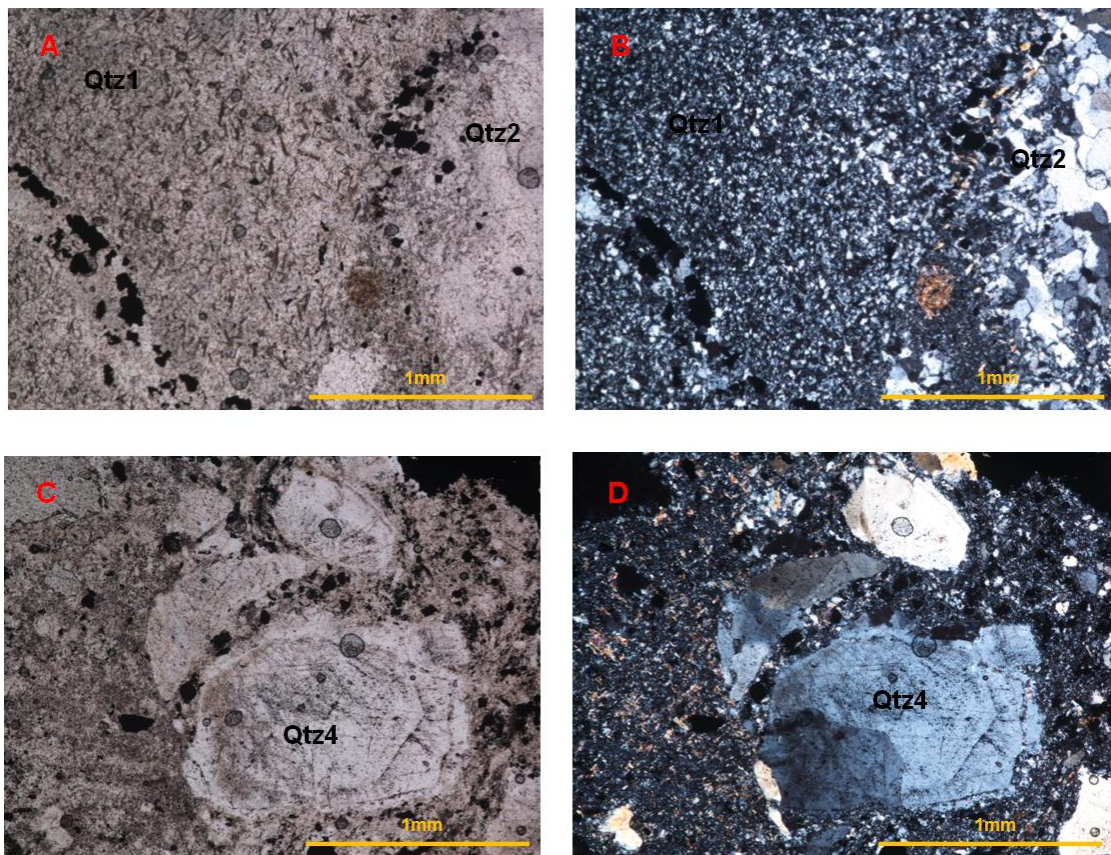


Tabla 4. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	75%
Opacos	12%
Illita	7%
Alunita	4%
Moscovita	1%
Sericita	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y forma subhedral. Principalmente se encuentra en el cemento formando textura mosaico.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a prismático. Se encuentra en la matriz y de igual forma en clastos de la muestra. Presenta textura sacaroide.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra principalmente en clastos.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm) y subhedral a euhedral. Estos cuarzos se encuentran zonados.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a medio (0.02-2mm). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita y enargita.

Illita?: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillos y rosados de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm) y forma anhedral. Se encuentra en clastos de la roca. Presenta relieve bajo.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, se desarrolla sobre el cemento de la roca y en algunas ocasiones bordean clastos.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-04B:

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino). Texturas crustiforme, plumosa, mosaico y masiva (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en la muestra (Figura 5).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita? y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 5).

Figura 5. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3 textura crustificada simétrica se caracteriza por un borde en mosaico y hacia el centro un agregado silíceo.

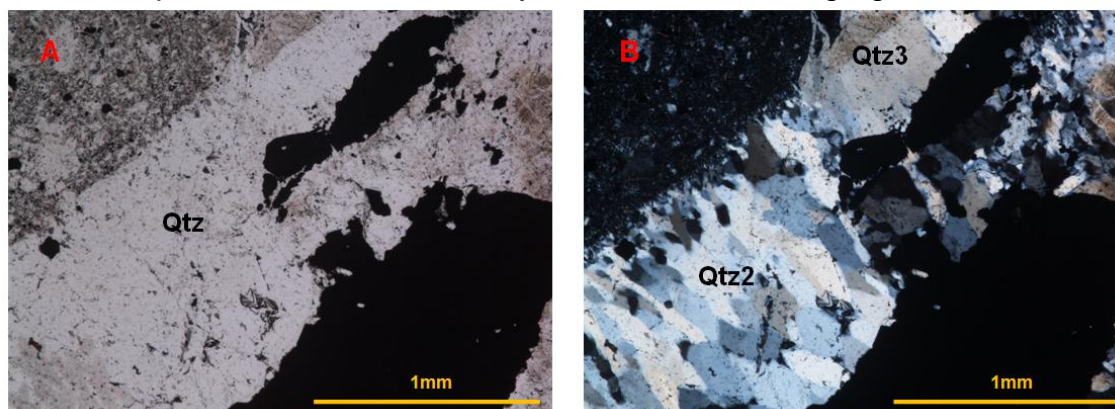


Tabla 5. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	80%
Opacos	10%
Alunita	5%
Zircón	3%
Moscovita	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y forma subhedral.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a prismático. Hace parte del cemento formando texturas crustiforme, mosaico y masiva.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Hace parte del cemento formando textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm) y subhedral a euhedral. Hábito prismático formando textura plumosa.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm). Se encuentra

incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma tabular a irregular. Se encuentra incluido en cuarzo.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-04C:

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino). Texturas crustiforme, plumosa, mosaico y masiva (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en la muestra (Figura 6).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita? y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 6).

Figura 6. Aspecto de la muestra MBM-LB278-04B. (A) En NII, (B) en NX, Qtz3: cuarzo 3, textura plumosa. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2, textura crustificada simétrica se caracteriza por un borde en mosaico y hacia el centro un agregado silíceo.

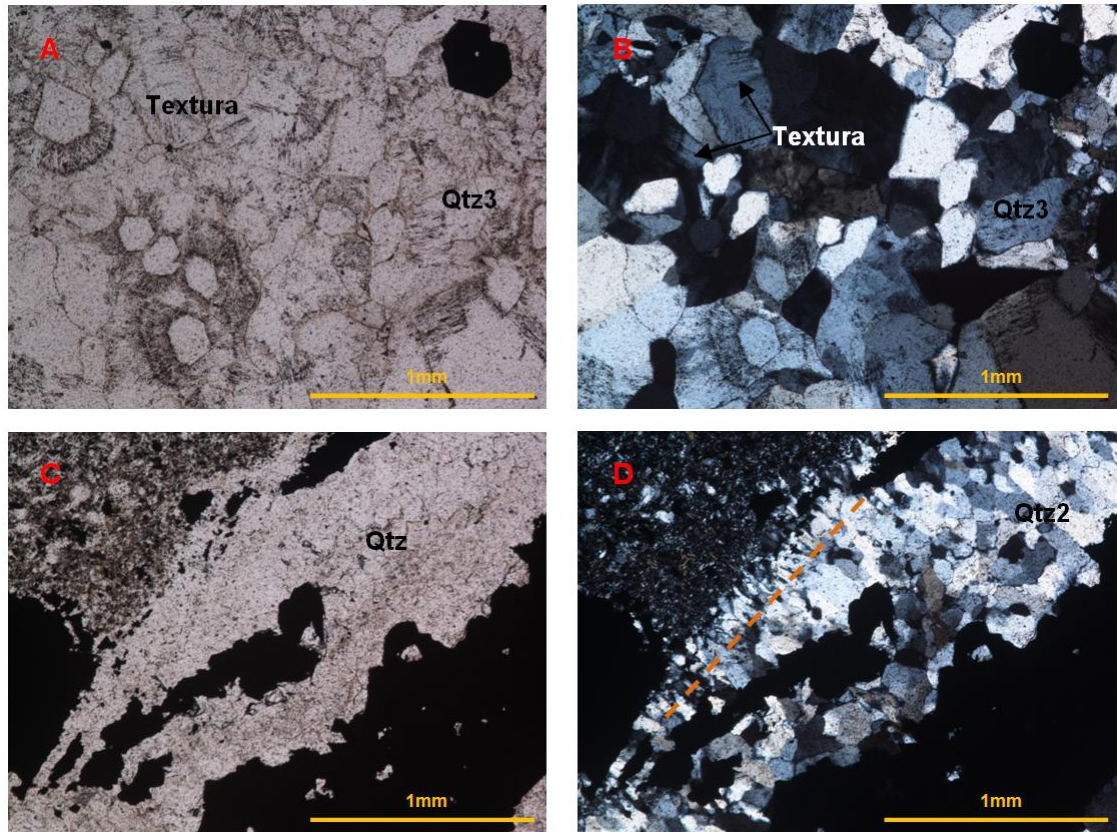


Tabla 6. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	80%
Opacos	15%
Alunita	3%
Epidota	1%
Moscovita	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Presenta hábito tabular.

- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a prismático. Hace parte del cemento formando texturas crustiforme, mosaico y masiva.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Hace parte del cemento formando textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm) y subhedral a euhedral. Hábito prismático formando textura plumosa.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma tabular a irregular. Se encuentra incluido en cuarzo.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-05A:

El tamaño de grano es inequigranular, anhedral a subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino). Texturas

sacaroidal, plumosa y mosaico (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en la muestra (Figura 7).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita?, illita, actinolita, epidota y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 7).

Figura 7. Aspecto de la muestra MBM-LB278-05A. (A) En NII, (B) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Alu: alunita. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Act: actinolita en los bordes de los opacos.

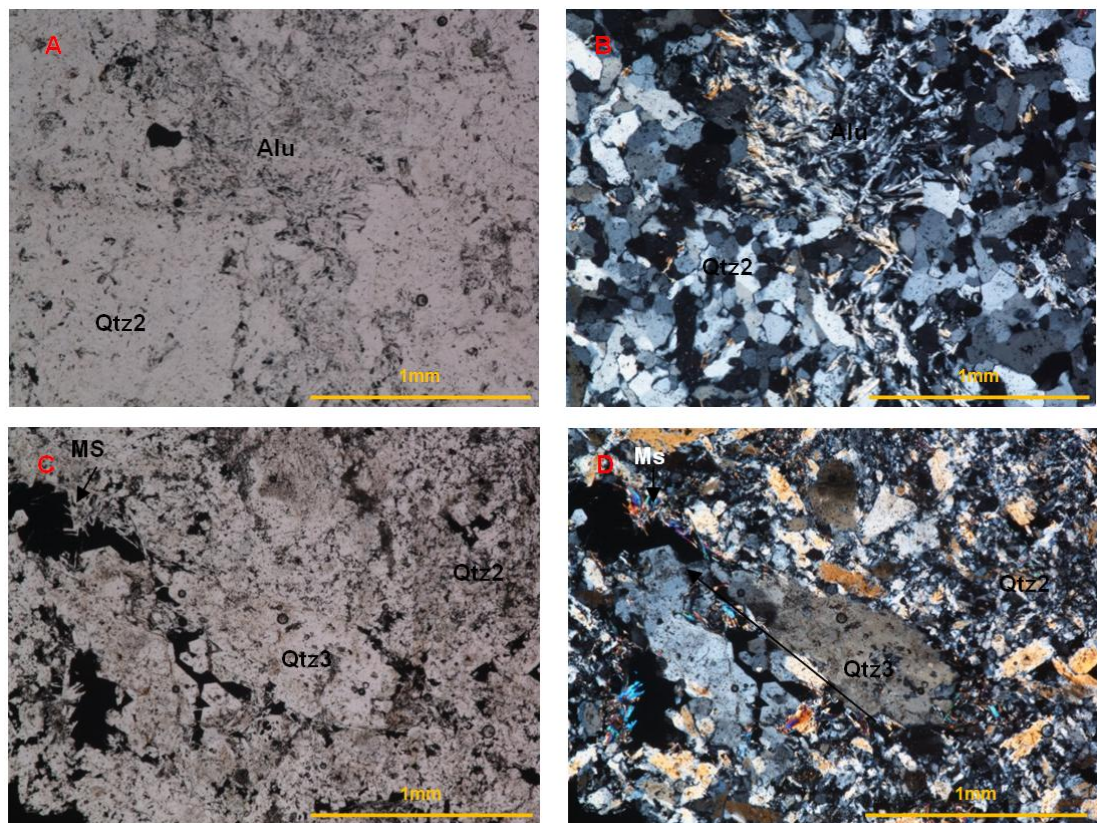


Tabla 7. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	60%
Opacos	25%
Alunita	5%
Illita	5%
Moscovita	3%
Actinolita	1%
Epidota	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$) subhedral. Su hábito es granular a masivo.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.01\text{mm}$), subhedral y hábito granular a prismático. Hace parte del cemento formando texturas sacaroidal y plumosa.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino ($1-0.1\text{mm}$), anhedral a subhedral con hábito granular. Hace parte del cemento formando textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio ($>1\text{mm}$) y subhedral a euhedral. Hábito prismático formando textura plumosa.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso ($0.02-6\text{mm}$). Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.8\text{mm}$), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2.

Illita: Agregados incoloros con birrefringencia que varía entre amarillos y rosado de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm) y forma anhedral. Se encuentra junto con el cuarzo 1 haciendo parte del cemento. Presenta relieve bajo.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino ($0.01-0.03\text{mm}$) y particularmente subhedral.

Actinolita: Individuos o agregados incoloros, principalmente euhedrales con birrefringencia que varía entre rosados de segundo orden y amarillos de primer orden, exfoliación en dos direcciones, relieve moderadamente alto, tamaño de grano muy fino (0.02-0.04mm) y hábito fibroso. Se encuentra bordeando los sulfuros.

Epidota: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma tabular a irregular. Tamaño de grano ultrafino y se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-05B:

El tamaño de grano es inequigranular, subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino). Texturas sacaroidal y masiva (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en la muestra (Figura 8). Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita?, illita?, epidota y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 8).

Figura 8. Aspecto de la muestra MBM-LB278-05B. (A) En Nll, (B) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz4: cuarzo 4. Ep: epidota, Illita?. En las oquedades se observa crecimiento de cuarzo prismático (cuarzo drusa).

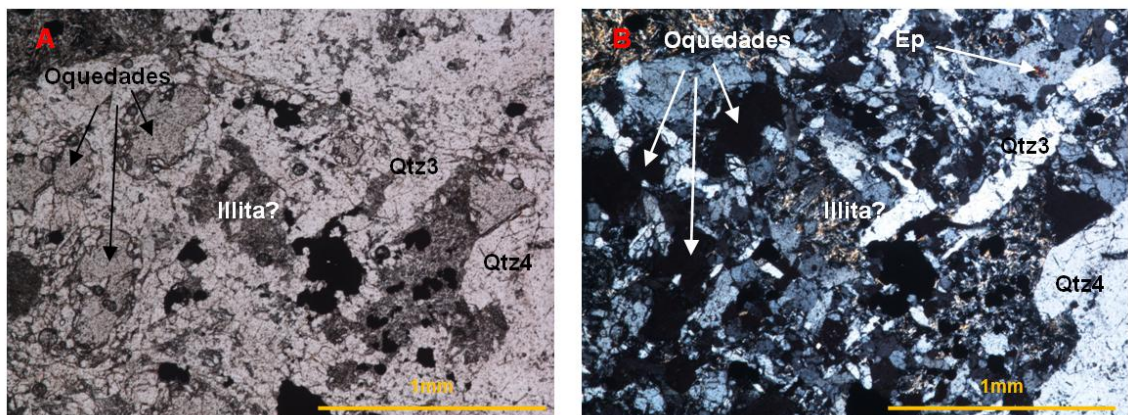


Tabla 8. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	75%
Opacos	10%
Alunita	5%
Illita	5%
Epidota	3%
Moscovita	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Su hábito es granular a masivo.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando texturas sacaroidal.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), anhedral a subhedral con hábito granular. Hace parte del cemento formando textura sacaroidal. Presenta fracturas y tienen apariencia de suciedad.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Presenta fracturamiento y tiene apariencia de suciedad.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2. Tiene apariencia de textura llameante.

Illita: Agregados incoloros con birrefringencia que varía entre amarillos y rosados de primer orden. Tamaño de grano ultrafino (0.01mm) y forma anhedral. Presenta relieve moderadamente alto y aspecto sucio.

Epidota: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma irregular. Tamaño de grano ultrafino y se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-07:

El tamaño de grano es inequigranular, subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 4. La matriz compuesta por cuarzo 2 y cuarzo 3. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino) y cuarzo 2. Texturas crustiforme, milonítica, plumosa, cockade, sacaroidal y masiva (texturas de cuarzo hidrotermal) se observan en la muestra (Figura 9).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, alunita?, illita?, sericita y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 9).

Figura 9. Aspecto de la muestra MBM-LB140-07. (A) En NII, (B) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita. Se observa textura milonítica. (C) en NII, (D) en NX, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Textura1: cuarzoes zonados, Textura2: textura plumosa.

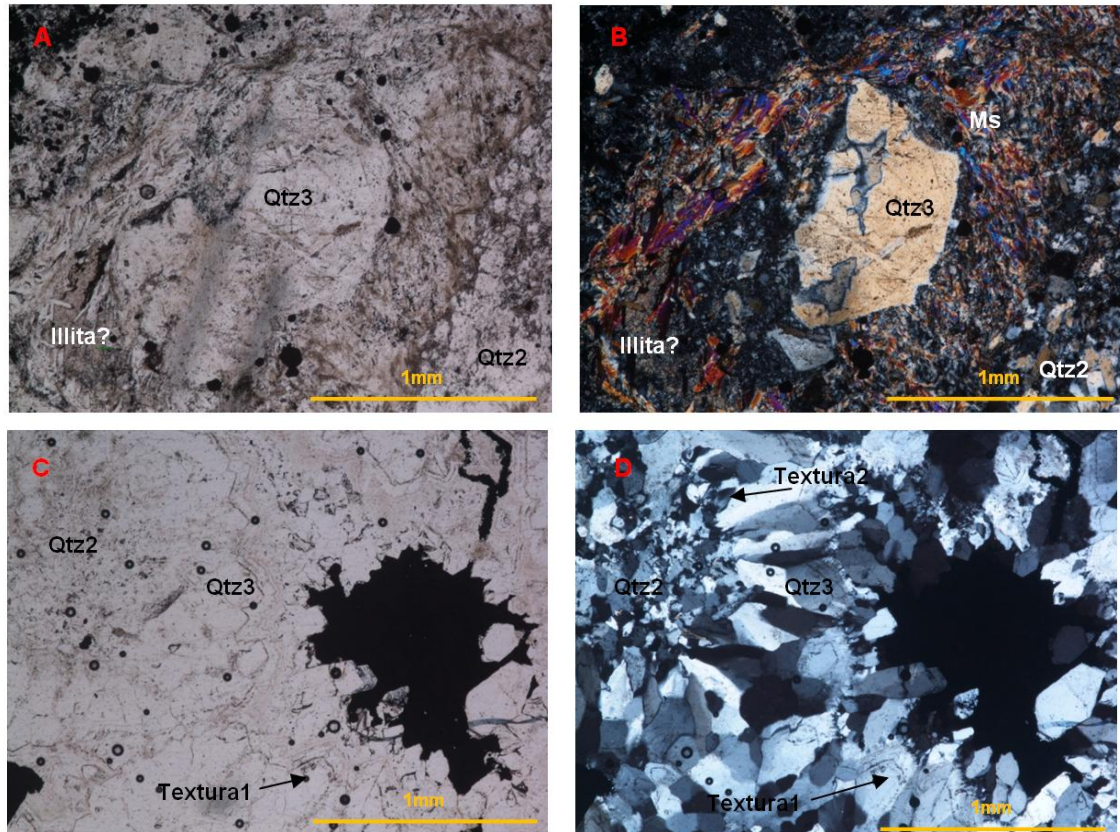


Tabla 9. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	65%
Opacos	15%
Moscovita	10%
Illita	5%
Sericita	4%
Alunita	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniaxial de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Su hábito es granular a masivo.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito granular. Este cuarzo se encuentra zonado y con textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Presenta fracturamiento y tiene apariencia de suciedad.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Illita: Agregados incoloros con birrefringencia que varía entre grises a amarillo de primer orden. Tamaño de grano ultrafino y muy fino (0.01-0.03mm), anhedral de forma tabular e irregular. Presenta relieve moderadamente alto y aspecto sucio.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2. Tiene apariencia de textura llameante.

BRECHAS CLASTO-SOPORTADAS

Muestras analizadas: MBM-LB278-03; MBM-LB140-08A; MBM-LB140-08B; MBM-LB140-09A; MBM-LB140-09B; MBM-LB140-09C; MBM-LB140-10A; MBM-LB140-10B; MBM-LB140-11A; MBM-LB140-11B.

Sección delgada Cód. MBM-03

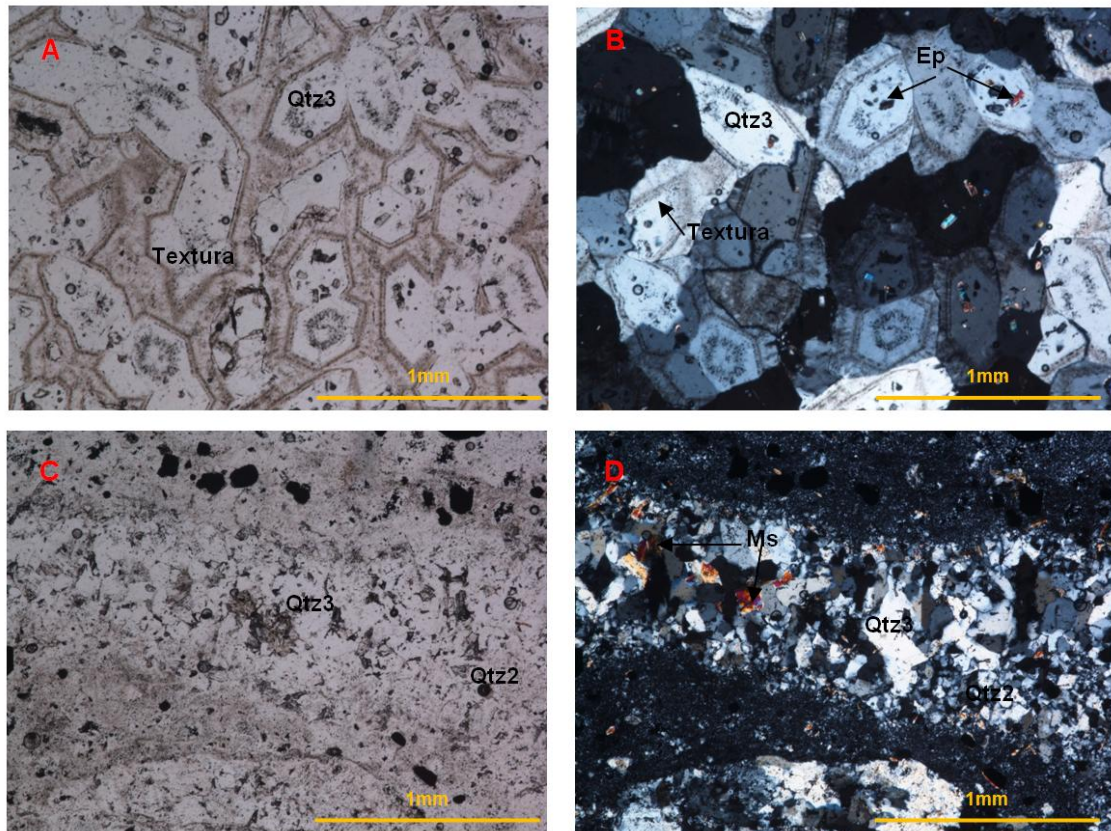
El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 4, cuarzo 3 y cuarzo 2. La matriz compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 2 y cuarzo 3. Vetillas en clastos compuestas de cuarzo 2 hacia los bordes en textura mosaico y hacia el centro cuarzo 3 de textura masiva. Además se observa textura sacaroidal de cuarzo 2 y textura plumosa en cuarzo 3 (Figura 10).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, caolinita, epidota y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 10).

Tabla 10. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	70%
Alunita	10%
Opacos	8%
Moscovita	5%
Sericita	3%
Caolinita	3%
Epidota	1%

Figura 10. Aspecto de la muestra MBM-LB278-03. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota, se observa textura plumosa. (C) en NII, (D) en NX, vena compuesta de Qtz3: cuarzo 3, Qtz2: cuarzo 2, Ms: moscovita.



Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Se encuentra en venas con textura mosaico y sacaroidal.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y rellenando vetillas con textura masiva.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Presenta fracturamiento y tiene apariencia de suciedad.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2 y parte del cemento de la roca.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos.

Caolinita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre naranja a grises de primer orden, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.02mm).

Epidota: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma irregular. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y se encuentra incluido en cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-08A

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 4, cuarzo 3 y cuarzo 2. La matriz compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 2 y cuarzo 3. Se observa textura masiva (Figura 11) y textura cockade en cuarzo 2 y textura plumosa en cuarzo 3. Presenta oquedades en donde se aprecia crecimiento de cuarzo drusa y textura bladed (precipitación de calcita o baritina).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, epidota y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 11).

Figura 11. Aspecto de la muestra MBM-LB140-08A. (A) En NII, (B) en NX Qtz2: cuarzo 2, textura masiva. (C) En NII, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3 y oquedades.

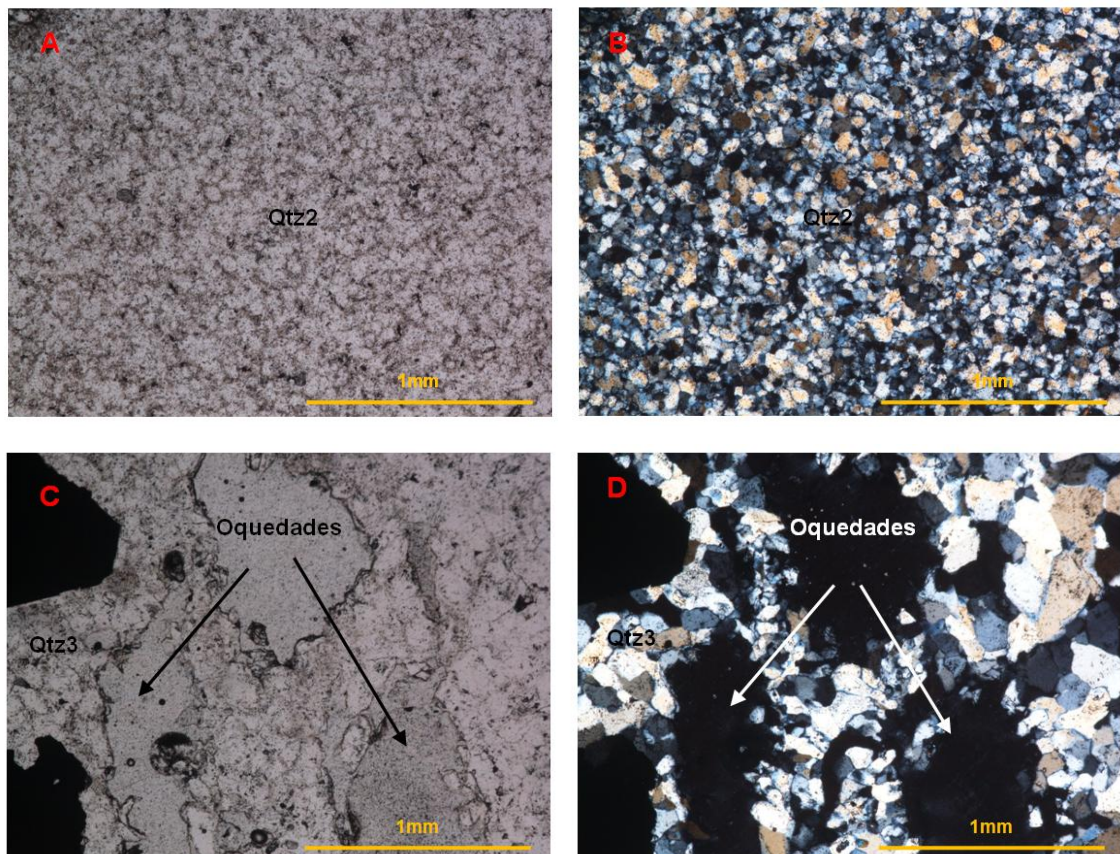


Tabla 11. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	75%
Opacos	12%
Alunita	5%
Sericita	5%
Moscovita	2%
Epidota	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en clastos y cemento.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura masiva y bordeando sulfuros (textura cockade).
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Presenta fracturamiento y tiene apariencia de suciedad.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2 y parte del cemento de la roca.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$). Se presenta en agregados muy finos y escamosos.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Epidota: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma irregular. Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$) y se encuentra incluido en cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-08B

El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 4, cuarzo 3 y cuarzo 2. La matriz compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 2 y cuarzo 3. Se observa textura masiva y textura cockade (Figura 12) en cuarzo 2 y textura plumosa en cuarzo 3. Presenta oquedades en donde se aprecia crecimiento de cuarzo drusa y además formado por precipitación de calcita o baritina (textura bladed).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, epidota y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 12).

Figura 12. Aspecto de la muestra MBM-LB140-08B. (A) En NII, (B) en NX Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, Ep: epidota.

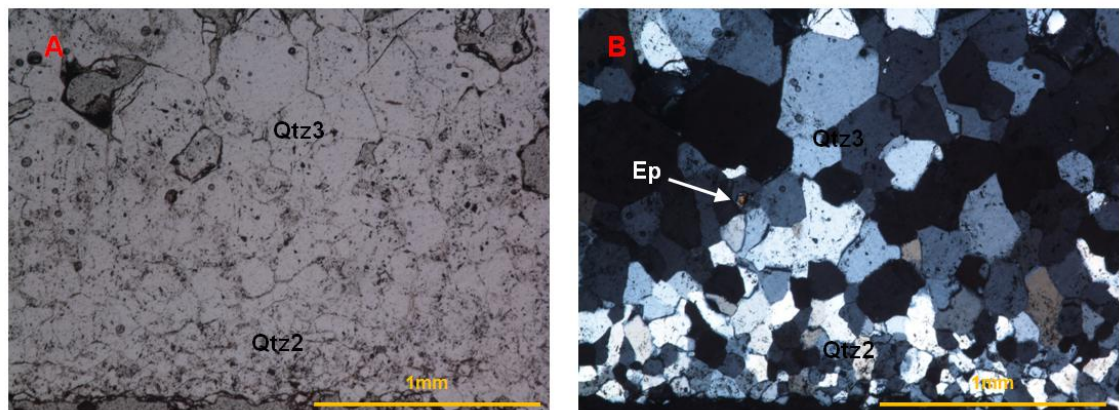


Tabla 12. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	70%
Opacos	10%
Alunita	8%
Moscovita	5%
Sericita	5%
Epidota	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en clastos y cemento.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura masiva y bordeando sulfuros (textura cockade).
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito prismático. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Presenta fracturamiento y tiene apariencia de suciedad.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra bordeando cuarzo 2 y parte del cemento de la roca.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Epidota: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo de segundo orden y rosado de tercer orden, relieve alto, euhedrales, forma irregular. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) y se encuentra incluido en cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-09A

El tamaño de grano es inequigranular, euhedral a subhedral. Clastos compuestos de relictos de neis. La matriz está compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 1, cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4 (Figura 13). Se observan texturas masiva, flamboyant, plumosa y sacaroidal.

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita además de wolframita en el cemento de la muestra (Tabla 13).

Figura 13. Aspecto de la muestra MBM-LB140-09A. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3 en textura plumosa. (C) En NII, (D) en NX, Qtz4: cuarzo 4 en textura plumosa.

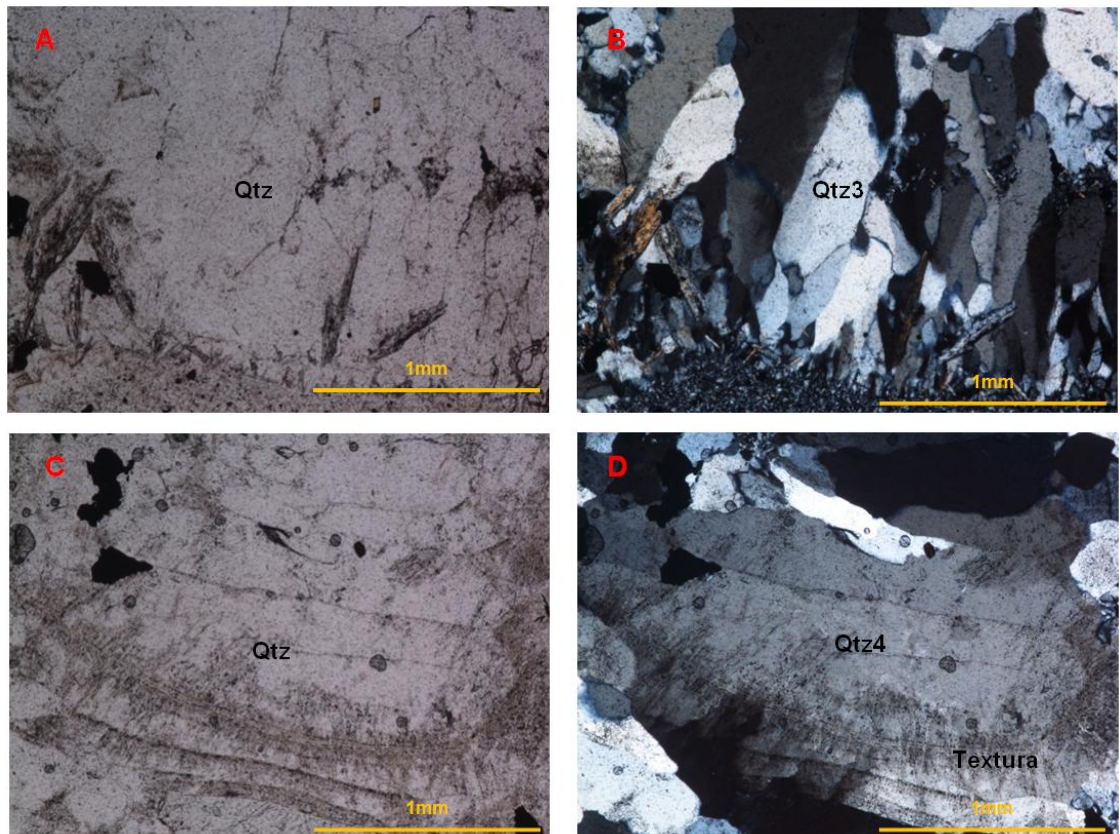


Tabla 13. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	80%
Opacos	10%
Sericita	5%
Alunita	3%
Moscovita	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.01\text{mm}$), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura masiva y sacaroidal.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino ($1-0.1\text{mm}$), euhedral a subhedral con hábito tabular. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y flamboyant.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio ($>1\text{mm}$), subhedral. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y flamboyant.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso ($0.02-6\text{mm}$), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita, de igual forma se observa wolframita en forma de agujas color marrón rojizo en el cemento de la muestra.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.8\text{mm}$), subhedral y hábito tabular. Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-09B

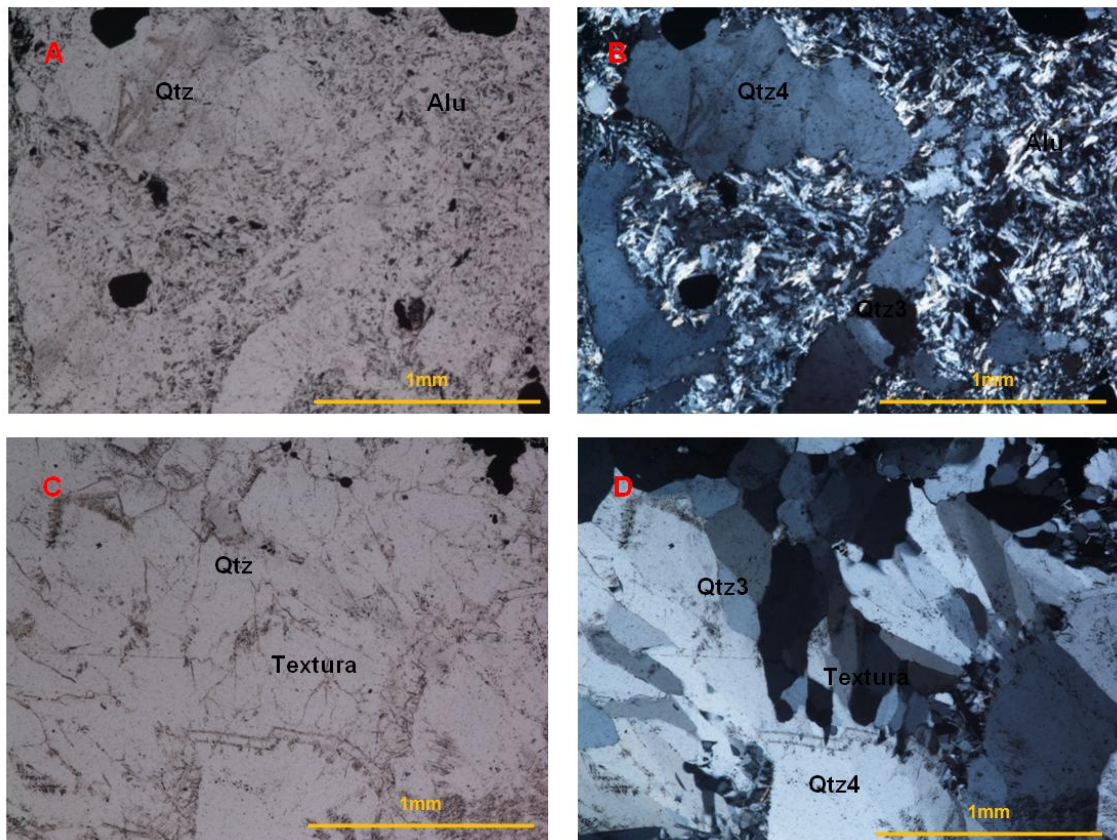
El tamaño de grano es inequigranular, euhedral a subhedral. Clastos compuestos de relictos de neis. La matriz está compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 1, cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4 (Figura 14). Se observan texturas masiva, flamboyant, plumosa y sacaroidal. Los cuarzos 3 y cuarzo 4 presentan sombras de presión dando un aspecto redondeado a los cuarzos.

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, y sulfuros de hierro y cobre principalmente piritita además de wolframita en el cemento de la muestra (Tabla 14).

Tabla 14. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	75%
Opacos	8%
Alunita	8%
Moscovita	8%
Sericita	1%

Figura 14. Aspecto de la muestra MBM-LB140-09B. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Qtz: cuarzo 4, Alu: alunita. (C) En NII, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz4: cuarzo 4, textura flamboyant.



Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura masiva y sacaroidal.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito tabular. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y flamboyant. Algunos cuarzos se observan sucios como el cuarzo 4.

- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa. En los clastos se encuentra sucios.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita, de igual forma se observa wolframita en forma de agujas color marrón rojizo en el cemento de la muestra.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-09C

El tamaño de grano es inequigranular, euhedral a subhedral. Clastos compuestos de relictos de neis. La matriz está compuesta por cuarzo 2. En el

cemento se observa cuarzo 1, cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4 (Figura 15). Se observan texturas masiva, flamboyant, plumosa y sacaroidal. Se observan zonas de presión en cuarzo 3.

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, zircón y sulfuros de hierro y cobre principalmente piritita (Tabla 15).

Figura 15. Aspecto de la muestra MBM-LB140-09C. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Ms: moscovita, Zrn: zircón.

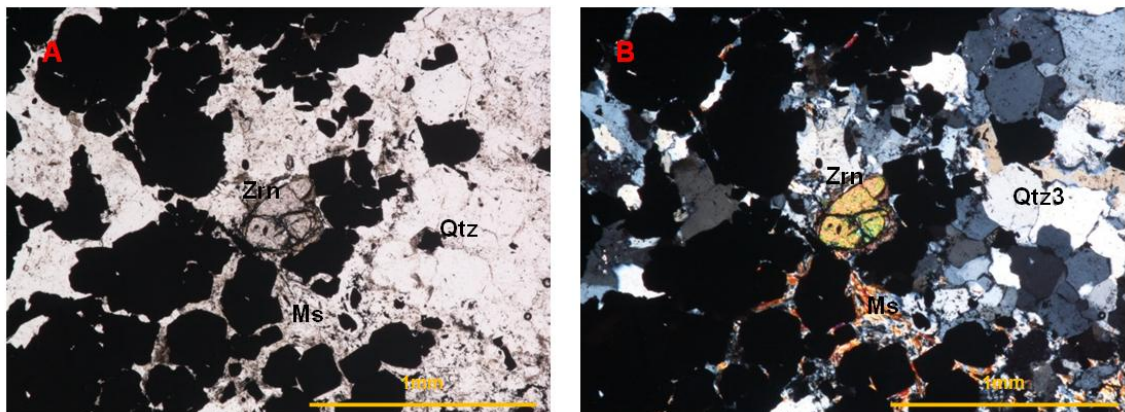


Tabla 15. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	60%
Opacos	25%
Alunita	5%
Moscovita	5%
Sericita	4%
Zircón	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.

- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura masiva y sacaroidal.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito tabular. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y flamboyant. Algunos cuarzos se observan sucios como el cuarzo 4.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), subhedral. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa. En los clastos se encuentra sucios.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita, de igual forma se observa wolframita en forma de agujas color marrón rojizo en el cemento de la muestra.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en bordes de venas.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se

presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre verde de tercer orden y amarillo de segundo orden, relieve muy alto, xenoblásticos te tamaño de grano muy fino a fino (0.02-0.1mm). Se encuentra incluido en cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-10A

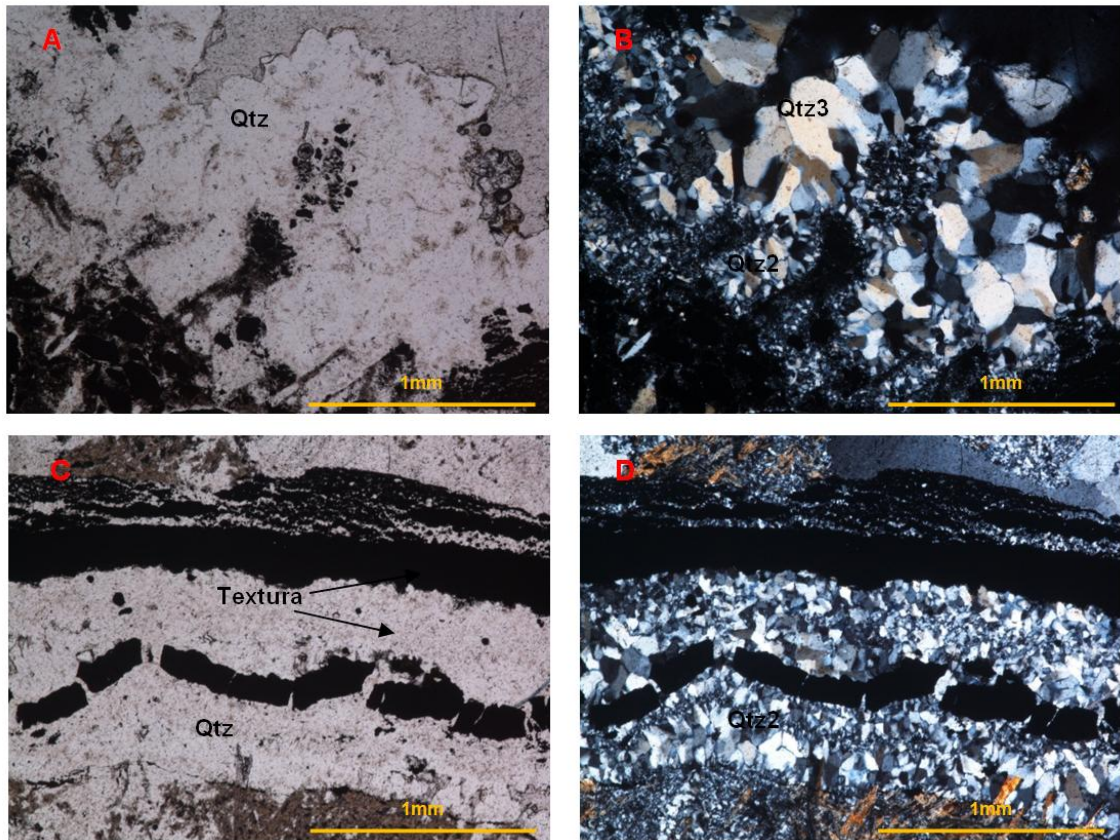
El tamaño de grano es inequigranular, euhedral a subhedral. Clastos compuestos de relictos de neis. La matriz está compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 1, cuarzo 2, cuarzo 3 y cuarzo 4. Se observan texturas masiva, flamboyant, coloforme y crustiforme (Figura 16).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, zircón y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita además de wolframita en el cemento de la muestra (Tabla 16).

Tabla 16. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	45%
Opacos	50%
Sericita	3%
Alunita	1%
Zircón	1%

Figura 16. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10A. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Qtz2: cuarzo 2 en textura coloforme. (C) En NII, (D) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, textura crustiforme entre Qtz2 y opacos (sulfuros).



Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando coloforme y crustiforme con sulfuros.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito tabular. Se encuentra en el cemento formando textura coloforme y flamboyant. Crecimiento de cuarzo drusa.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal,

cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre verde de tercer orden y amarillo de segundo orden, relieve muy alto, xenoblásticos de tamaño de grano muy fino a fino (0.02-0.1mm). Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-10B

El tamaño de grano es inequigranular, euhedral a subhedral. Clastos compuestos de relictos de neis. La matriz está compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 1, cuarzo 2, cuarzo 3. Se observan textura masiva, crustiforme y plumosa (Figura 17).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, zircón y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 17).

Figura 17. Aspecto de la muestra MBM-LB140-10B. (A) En NII, (B) en NX Qtz2: cuarzo 2. (C) En NII, (D) en NX, Qtz: cuarzo, Qtz2: cuarzo 2, Qtz3: cuarzo 3, textura crustiforme entre Qtz2 y opacos (sulfuros).

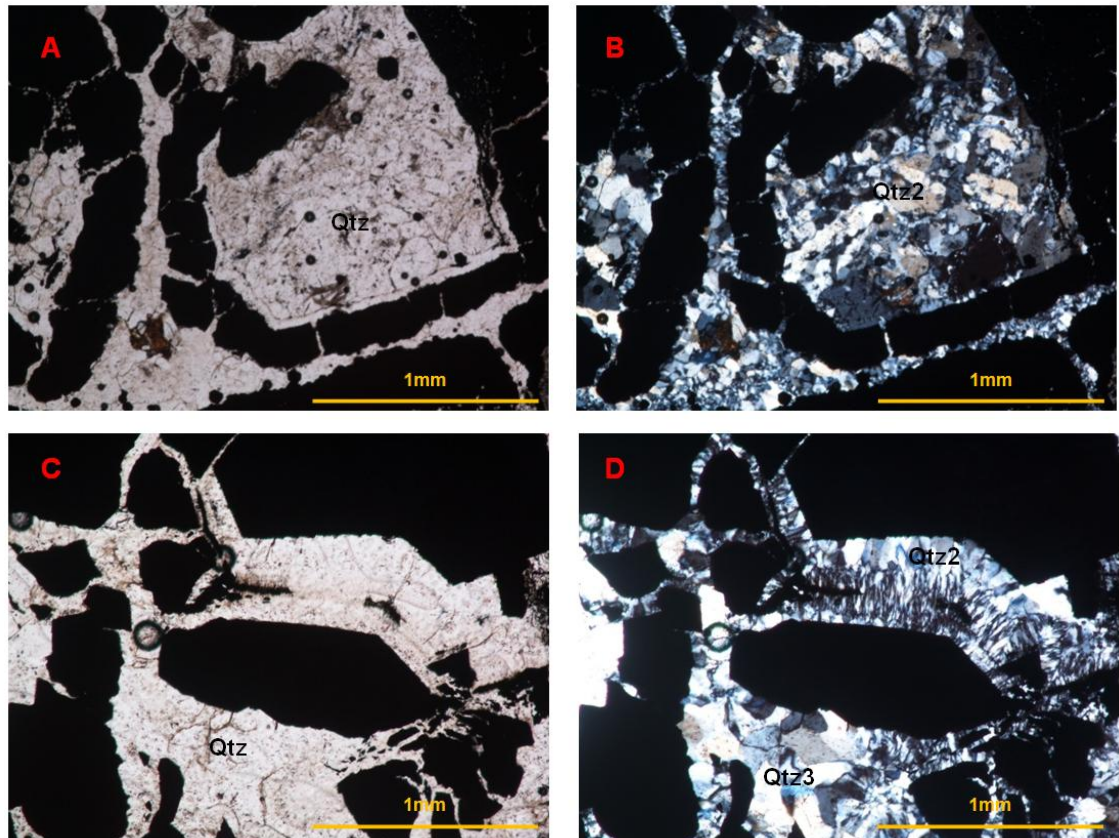


Tabla 17. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	50%
Opacos	40%
Moscovita	5%
Sericita	3%
Alunita	1%
Zircón	1%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.

- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Hace parte del cemento formando textura plumosa y crustiforme con sulfuros.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito tabular. Se encuentra en el cemento formando textura plumosa y coliforme. Crecimiento de cuarzo drusa.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en cuarzo 3.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra incluido en cuarzo 1 y cuarzo 2.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre verde de tercer orden y amarillo de segundo orden, relieve muy alto, xenoblásticos te tamaño

de grano muy fino a fino (0.02-0.1mm). Se encuentra incluido en cuarzo 2 y cuarzo 3.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-11A

El tamaño de grano es inequigranular, anhedral a subhedral. Clasto compuesto de relictos de neis, estos presentan alteración a sericita y se encuentran orientados en una dirección, formando textura milonítica. Los cuarzos 3 y 4 tiene aspecto de suciedad además están fracturados (Figura 18).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 18).

Figura 18. Aspecto de la muestra MBM-LB140-11A. (A) En Nil, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Qtz4: cuarzo 4 y sericita.

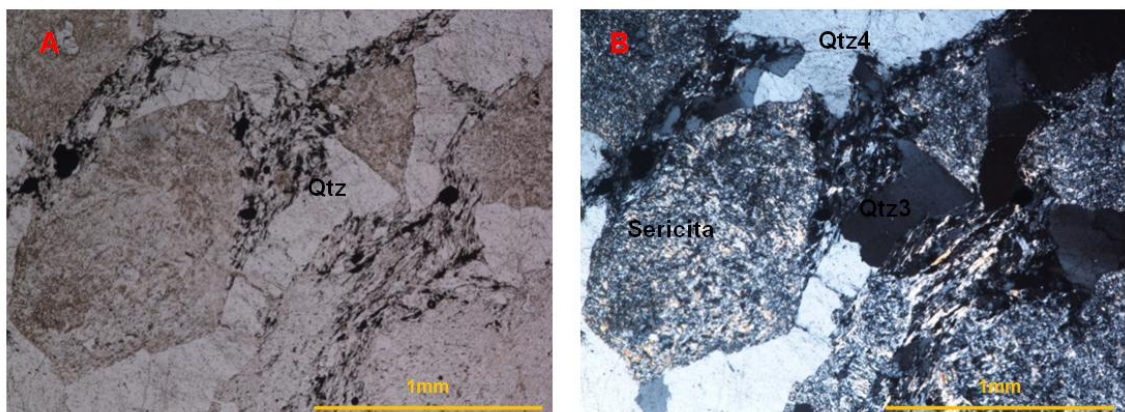


Tabla 18. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	70%
Sericita	10%
Moscovita	10%
Opacos	5%
Alunita	3%
Zircón	2%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular a tabular. Se encuentran orientados.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), anhedral a subhedral con hábito granular. Tiene apariencia de suciedad.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio (>1mm), anhedral a subhedral. Presenta sombras de presión hacia los bordes lo que le da un aspecto redondeado.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.03mm) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en cuarzo 3.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular.

Zircón: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre verde de tercer orden y amarillo de segundo orden, relieve muy alto, xenoblásticos te tamaño de grano muy fino a fino (0.02-0.1mm). Se encuentra incluido en cuarzo 2.

Sección delgada Cód. MBM-LB140-11B

El tamaño de grano es inequigranular, anhedral a subhedral. Clasto compuesto de relictos de neis, estos presentan alteración a sericita y se encuentran orientados en una dirección, formando textura milonítica. Los cuarzos 3 y 4 tiene aspecto de suciedad además están fracturados (Figura 19).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, y sulfuros de hierro y cobre principalmente pirita (Tabla 19).

Figura 19. Aspecto de la muestra MBM-LB140-11B. (A) En NII, (B) en NX Qtz4: cuarzo 4 presentan sombras de presión.

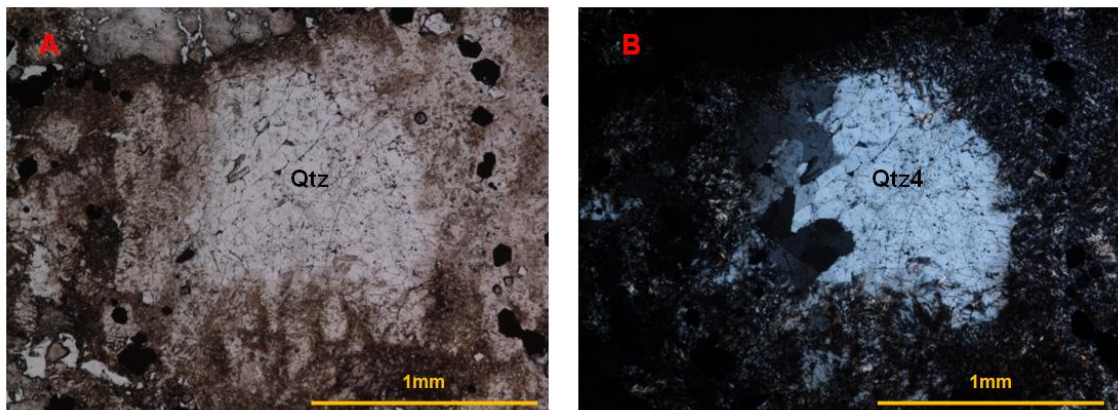


Tabla 19. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	70%
Opacos	10%
Moscovita	10%
Sericita	5%
Alunita	5%

Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$) subhedral. Se encuentra en el cemento y en algunas zonas tiene textura masiva.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.01\text{mm}$), subhedral y hábito granular a tabular. Se encuentran orientados.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino ($1-0.1\text{mm}$), anhedral a subhedral con hábito granular. Tiene apariencia de suciedad.
- Cuarzo 4: Tamaño de grano medio ($>1\text{mm}$), anhedral a subhedral. Presenta sombras de presión hacia los bordes lo que le da un aspecto redondeado.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso ($0.02-6\text{mm}$), forma hexagonal, cubica, irregular y hojosa. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino ($0.01-0.03\text{mm}$) y particularmente subhedral se encuentra incluido en cuarzo 2 y en cuarzo 3.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino ($<0.01\text{mm}$). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, hace parte de clasto de la roca.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino ($0.1-0.8\text{mm}$), subhedral y hábito tabular.

BRECHAS CEMENTO-SOPORTADAS

Muestra analizada: MBM-LB278-06.

Sección delgada Cód. MBM-LB278-06

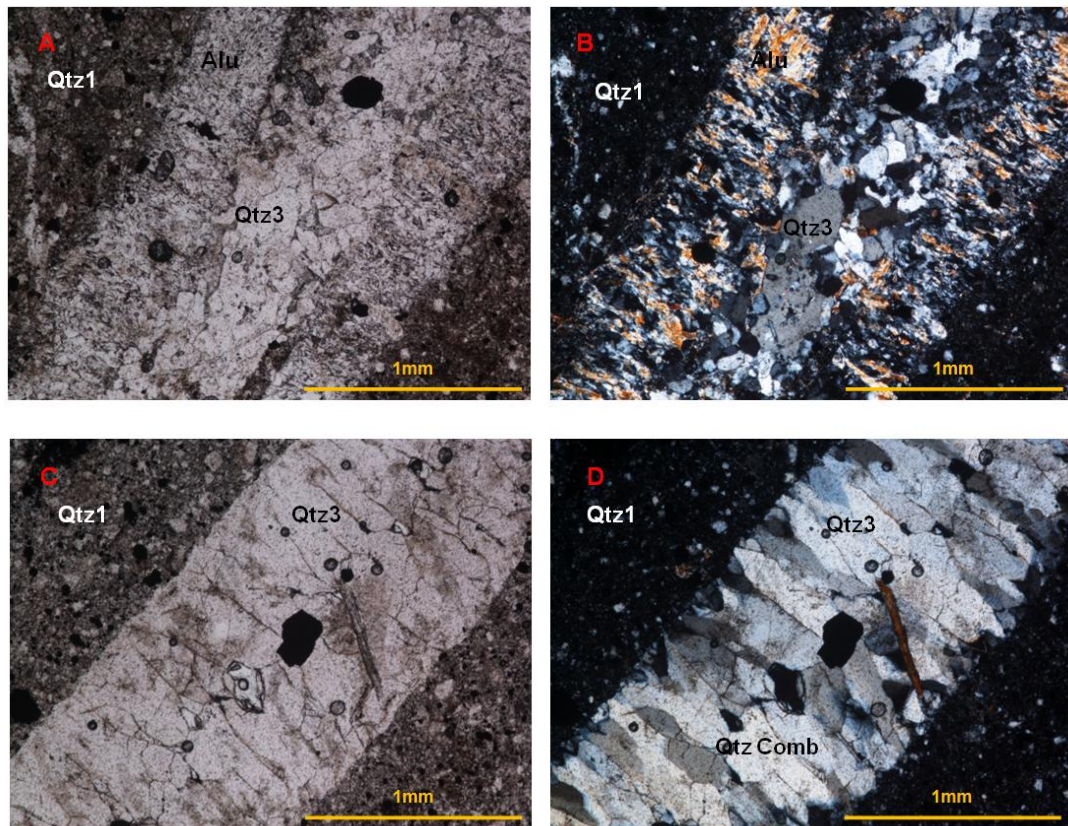
El tamaño de grano es inequigranular predominantemente subhedral. Clastos compuestos de cuarzo 3 y cuarzo 2. La matriz compuesta por cuarzo 2. En el cemento se observa cuarzo 1 (cuarzo microcristalino), illita?, y sericita. Venas de cuarzo con textura comb (textura de cuarzo hidrotermal, Figura 20), rellenas de moscovita, sericita y alunita. En general se observa textura milonítica (textura de deformación dúctil).

Composicionalmente presenta cuarzo, moscovita, sericita, alunita?, illita? y sulfuros de hierro y cobre (Tabla 20).

Tabla 20. Composición mineralógica con su respectivo porcentaje.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	55%
Moscovita	15%
Sericita	10%
Illita	10%
Opacos	5%
Alunita	5%

Figura 20. Aspecto de la muestra MBM-LB278-06. (A) En NII, (B) en NX Qtz3: cuarzo 3, Alu: alunita, Qtz1: cuarzo 1. (C) en NII, (D) en NX, Qtz3: cuarzo 3, Qtz1: cuarzo 1. Qtz Comb: cuarzo con textura Comb.



Cuarzo: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre grises de primer orden. Anisotrópico-uniáxico de relieve bajo.

- Cuarzo 1: Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm) subhedral. Su hábito es granular a masivo.
- Cuarzo 2: Tamaño de grano muy fino (0.1-0.01mm), subhedral y hábito granular.
- Cuarzo 3: Tamaño de grano fino (1-0.1mm), euhedral a subhedral con hábito tabular. Este cuarzo se encuentra en vetillas y textura comb.

Moscovita: Individuos o agregados incoloros, con birrefringencia que varía entre azules de tercer orden y amarillos de primer orden, exfoliación en una

dirección, relieve bajo, tamaño de grano muy fino (0.01-0.05mm) y particularmente subhedral. Su hábito es fibroso y se encuentra rellenas venas.

Sericita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre rosados y amarillos de segundo orden. Tamaño de grano ultrafino (<0.01mm). Se presenta en agregados muy finos y escamosos, se encuentra relleno de fracturas.

Illita: Agregados incoloros con birrefringencia que varía entre grises a amarillo de primer orden. Tamaño de grano ultrafino y muy fino (0.01-0.03mm), anhedral de forma tabular e irregular. Presenta relieve moderadamente alto y aspecto sucio.

Opacos: Individuos de color negro, sin birrefringencia, subhedrales a euhedrales. Tamaño de grano muy fino a grueso (0.02-6mm), forma hexagonal, cubica e irregular. Se encuentra incluido en el cuarzo y a su vez en contacto con este. Se encuentra distribuido homogéneamente en la muestra. Por su apariencia corresponden a sulfuros de hierro y cobre, principalmente pirita.

Alunita: Individuos incoloros con birrefringencia que varía entre amarillo y gris de primer orden, relieve ligeramente alto. Tamaño de grano muy fino (0.1-0.8mm), subhedral y hábito tabular. Se encuentra en vetillas e incluidas en cuarzo 3.