

**EVOLUCIÓN DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL PROSPECTO LA PLATA,
DISTRITO MINERO VETAS-CALIFORNIA (DMVC), SANTANDER, COLOMBIA.**

SARAY THATIANA BARBOSA SILVA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERIAS DE FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2016

**EVOLUCIÓN DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL PROSPECTO LA PLATA,
DISTRITO MINERO VETAS-CALIFORNIA (DMVC), SANTANDER, COLOMBIA.**

**SARAY THATIANA BARBOSA SILVA
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO
MODALIDAD: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Director:
JULIÁN ANDRÉS LÓPEZ ISAZA
GEÓLOGO. MSc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERIAS DE FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

Este logro va con todo mi corazón y amor para la persona más importante en mi vida, mi abuelita, que aunque hoy no este conmigo y no pueda ver este resultado, todo lo que he logrado en la vida se lo debo a ella. "Tu desde el primer día apoyándome, tu desde el primer día cuidándome, a ti y solo a ti te debo ser la persona que soy; desde la distancia divina esto y todo es para ti y por ti." Gracias eternas por ayudarme a tomar la mejor decisión del mundo, estudiar esta carrera que tanto amo y con la cual me siento completa, que no solo es mía, si no nuestra.

Siempre conmigo, siempre a pesar de todo.

Para mi mama que con esfuerzo y amor siempre ha dado lo mejor de sí para apoyarme en este sueño que hoy en día es una realidad, culminar una meta más en mi vida.

Gracias totales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a la empresa Eco Oro Minerals Corp. por facilitarme el material base para la realización de este proyecto.

A mi director de tesis el geólogo Julián López, pues puso su confianza en mí para llevar a cabo este estudio, por su dedicación. Al geólogo Alfonso Silva el cual estuvo siempre presente apoyándome en todo momento y brindándome sus conocimientos.

A mis amigas Ivama y Luz Dary, las cuales empezaron junto a mí este sueño y lo concluyen también conmigo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN	26
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	27
1.1 Planteamiento del problema	27
1.2 Justificación	28
2. OBJETIVOS.....	29
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	29
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	29
3. LOCALIZACIÓN.....	30
4. METODOLOGÍA	31
4.1 Fase 1: Revisión bibliográfica.....	31
4.2 Fase 2: Trabajo de campo.....	31
4.3 Fase 3: Trabajo de laboratorio.....	32
4.4 Fase 4: Análisis Petrográfico	33
4.5 Fase 5. Análisis de inclusiones Fluidas	34
4.6 Fase 6: Análisis, interpretación de resultados y elaboración del informe final	35
5. ANTECEDENTES.....	36
6. MARCO GEOLOGICO.....	38
6.1 GEOLOGIA REGIONAL	38
6.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	42

7.3 GEOLOGIA DEL PROSPECTO LA PLATA.....	46
7.3.1. Rocas del Proterozoico:.....	46
7.3.2. Rocas del Jurásico:.....	46
7.3.3. Rocas del Cretácico:.....	47
7.3.4. Rocas del Mioceno:	48
8. RESULTADOS.....	49
8.1 ALTERACIÓN Y MINERALOGIA.....	50
8.1.1. Pozo PL-10-04.....	50
8.1.2. Pozo PL-10-12.....	74
8.1.3. Pozo PL-10-15.....	81
8.1.4. Pozo PL-11-01.....	90
8.2 MINERALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VETILLAS	99
8.2.1. Pozo PL-10-04.....	99
8.2.2. Pozo PL-10-12.....	119
8.1.3. Pozo PL-10-15.....	124
8.2.4. Pozo PL-11-01	131
8.3 MINERALOGIA DE MENA	137
8.4 MINERALOGIA DE GANGA.....	137
8.5 MINERALOGIA DE ALTERACIÓN.....	139
8.6 INCLUSIONES FLUIDAS	140
8.7 MODELO CONCEPTUAL.....	149
9. DISCUSIÓN.....	156
10. CONCLUSIONES	161
BIBLIOGRAFIA.....	164

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Ubicación de la zona de estudio; prospecto la Plata, Distrito Minero de Vetas-California.	30
Figura 2. A) Mapa litotectónico y morfoestructural del NW de Sur America. SP: Macizo de Santander - Serranía de Perijá. B) Mapa de Terrenos de Colombia. ...	41
Figura 3. Localización geográfica y esquema geológico del área de estudio (Prospecto la Plata, DMVC).....	45
Figura 4. Mapa Geológico del Prospecto La Plata.....	48
Figura 5. Sección del pozo PL-10-04 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.	50
Figura 6. Espectros obtenidos de la muestra H242815 (1) mediante Terraspec. ...	51
Figura 7. Fotografías de la mineralogía de la muestra H242815.	52
Figura 8. Espectros obtenido de la muestra H242815 (2) mediante Terraspec.....	53
Figura 9. Espectros obtenido de la muestra H242818 mediante Terraspec	55
Figura 10. Fotografías de la mineralogía de la muestra H242818	56
Figura 11. Espectros obtenido de la muestra H242836 (1) mediante Terraspec...	57
Figura 12. Minerales de la muestra H242836 (1) – (2).	58
Figura 13. Minerales de la muestra H242836 (1) - (2).	59
Figura 14. Espectros obtenido de la muestra H242838 mediante Terraspec	60

Figura 15. Minerales de la muestra H242838.	61
Figura 16. Espectros obtenido de la muestra H242838 mediante Terraspec	63
Figura 17. Minerales de la muestra H242841	64
Figura 18. Espectros obtenido de la muestra H242885 mediante Terraspec	65
Figura 19. Minerales de la muestra H242885.	66
Figura 20. Espectros obtenido de la muestra H242887 mediante Terraspec	68
Figura 21. Minerales de la muestra H242887.	69
Figura 22. Espectros obtenido de la muestra H242887 mediante Terraspec,	70
Figura 23. Minerales de la muestra 242889.....	71
Figura 24. Espectros obtenido de la muestra H242892 mediante Terraspec	72
Figura 25. Minerales de la muestra H242892.	73
Figura 26. Sección del pozo PL-10-12 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.	74
Figura 27. Espectros obtenido de la muestra I384777 mediante Terraspec.....	75
Figura 28. Espectros obtenido de la muestra I384779 (1)-(2) mediante Terraspec	76
Figura 29. Minerales de la muestra I38479.....	77
Figura 30. Espectros obtenido de la muestra I384785 mediante Terraspec.....	79
Figura 31. Minerales de la muestra I384785.....	80

Figura 32. Sección del pozo PL-10-15 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.	81
Figura 33. Espectros obtenido de la muestra I384960 (1) mediante Terraspec	82
Figura 34. Minerales de la muestra I384960.....	83
Figura 35. Espectros obtenido de la muestra I384961 (1) mediante Terraspec	84
Figura 36. Minerales de la muestra I384961 (1).	85
Figura 37. Minerales de la muestra I384961.....	87
Figura 38. Espectros obtenido de la muestra I384965 mediante Terraspec.....	88
Figura 39. Minerales de la muestra I384965.....	89
Figura 40. Sección del pozo PL-11-01 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.	90
Figura 41. Espectros obtenido de la muestra J301649 mediante Terraspec.....	91
Figura 42. Minerales de la muestra J301649.....	92
Figura 43. Minerales de la muestra J301649.....	93
Figura 44. Espectros obtenido de la muestra J301651 mediante Terraspec.....	94
Figura 45. Minerales de la muestra J301651.....	95
Figura 46. Espectros obtenido de la muestra J301654 mediante Terraspec.....	97
Figura 47. Minerales de la muestra J301654.....	98
Figura 48. Minerales de mena de la muestra H242815.	100
Figura 49. Fotografía y esquema de las vetillas de la muestra H242815 (1).	100

Figura 50. Fotografía y esquema (relaciones de corte) de las vetillas de la muestra H242815 (2).....	102
Figura 51. Minerales de mena de la muestra H242818.	103
Figura 52. Testigo de la muestra H242818.....	104
Figura 53. Minerales de mena de la muestra H242836.	105
Figura 54. Minerales de mena de la muestra H242836.	106
Figura 55. Fotografía y esquema del testigo H242836	107
Figura 56. Minerales de mena de la muestra H242838.	108
Figura 57. Fotografía y esquema del testigo H282838	109
Figura 58. Minerales de mena de la muestra H242841.	110
Figura 59. Minerales de mena de la muestra H242841.	111
Figura 60. Fotografía del testigo H24284.....	112
Figura 61. Minerales de mena de la muestra H242885.	113
Figura 62. Fotografía y esquema del testigo H242885	114
Figura 63. Minerales de mena de la muestra H242887.	115
Figura 64. Fotografía y esquema del testigo H242887	115
Figura 65. Minerales de mena de la muestra H242889.	116
Figura 66. Muestra de mano H242889	117
Figura 67. Minerales de mena de la muestra H242892.	118

Figura 68. Muestra de mano H242892,	119
Figura 69. Muestra de mano I384777	119
Figura 70. Minerales de mena de la muestra I384779.....	121
Figura 71. Muestra de mano A. I384779 (2); B. I384779 (2),.....	122
Figura 72. Minerales de mena de la muestra I384785.....	123
Figura 73. Muestra de mano muestra I384785,	124
Figura 74. Minerales de mena de la muestra I384960.....	125
Figura 75. A. Muestra de mano muestra I384960 (1); B. Muestra de mano muestra I384960 (2).....	125
Figura 76. Minerales de mena de la muestra I384961 (1).	127
Figura 77. Minerales de mena de la muestra I384961 (2).	128
Figura 78. A. Muestra I384961 (1); B. Muestra I384961 (2),.....	128
Figura 79. Minerales de mena de la muestra I384965.....	129
Figura 80. Minerales de mena de la muestra I384965.....	130
Figura 81. Muestra I384965,.....	131
Figura 82. Minerales de mena de la muestra J301649.	132
Figura 83. Muestra J301649,	132
Figura 84. Minerales de mena de la muestra J301651.....	133
Figura 85. Muestra J301651,	134

Figura 86. Minerales de mena de la muestra J301654.....	134
Figura 87. Muestra J301654.....	135
Figura 88. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384785 (1).....	141
Figura 89. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384965.....	142
Figura 90. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384961 (1).....	143
Figura 91. Gráfico de Th (°C) Vs Salinidad (% wt NaCl Eq.) de la muestra para inclusiones fluidas.....	145
Figura 92. Gráfico de Th (°C) Vs Salinidad (% wt NaCl eq.) de la muestra 0,80 para inclusiones fluidas.....	145
Figura 93. Grafico para interpretación de poblaciones de inclusiones fluidas. ...	146
Figura 94. Modelo descriptivo típico de un sistema tipo pórfido de Au. Donde se presentan el tipo de alteración y mineralización.	150
Figura 95. Esquema comparativo (no a escala) de la estructura, procesos, tipos de alteración, volátiles liberados, temperaturas, pH, tipos de fluidos y reacciones involucradas en la formación de los depósitos epitermales de baja y alta sulfuración.	151
Figura 96. Perfil del pozo PI-10-04, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.	152
Figura 97. Perfil del pozo PI-10-12, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.	153
Figura 98. Perfil del pozo PI-10-15, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.	154

Figura 99. Perfil del pozo PI-10-15, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.	155
Figura 100. Tabla comparativa entre alteraciones características de depósitos epitermales de baja sulfuración y de alta sulfuración.....	157
Figura 101. Tabla de minerales diagnósticos y texturas de varios estados de pH, Sulfuración y oxidación, usado para distinguir ambientes formadores de depósitos epitermales.	158
Figura 102. Tabla de características de depósitos de alta y baja sulfuración.	159
Figura 103. Características típicas de inclusiones fluidas en depósitos minerales hidrotermales.	160

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Tabla de muestras seleccionadas con su respectiva ubicación en profundidad y el pozo al cual corresponde cada una.....	32
Tabla 2. Pozos y sus respectivas muestras usada en el estudio.....	49
Tabla 3. Paragénesis de las fases mineralizantes de las vetillas presentes en las muestras estudiadas.....	136
Tabla 4. Mineralogía de Mena, Ganga y Alteración de cada una de las muestras	138
Tabla 5. Alteraciones de las diferentes muestras con su respectivo tipo de roca.....	139
Tabla 6. Datos de presión de vapor (Ph), densidad (D), salinidades (% NaCl Eq.) de las inclusiones fluidas de la muestra 079. Obtenidos mediante el software BULK (08/02).	147
Tabla 7. Datos de presión de vapor (Ph), densidad (D), salinidades (% NaCl Eq.) de las inclusiones fluidas de la muestra 080. Obtenidos mediante el software BULK (08/02).	147
Tabla 8. Comparación de las salinidades obtenidas mediante BULK (08/02) y las reportadas por Raley (2012) de la muestra 079.....	148
Tabla 9. Comparación de las salinidades obtenidas mediante BULK (08/02) y las reportadas por Raley (2012) de la muestra 080.....	148

LISTA DE ANEXOS

	Pag
ANEXO 1. Formato descripción macroscópica de testigos.....	171
ANEXO 2. Formato descripción microscópica de secciones delgadas.....	172
ANEXO 3. Formato descripción macroscópica de la muestra H242815 (1) (ver archivo adjunto)	
ANEXO 4. Formato descripción macroscópica de la muestra H242815 (2) (ver archivo adjunto)	
ANEXO 5. Formato descripción macroscópica de la muestra H242818 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 6. Formato descripción macroscópica de la muestra H242836 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 7. Formato descripción macroscópica de la muestra H242838 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 8. Formato descripción macroscópica de la muestra H242841 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 9. Formato descripción macroscópica de la muestra H242885 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 10. Formato descripción macroscópica de la muestra H242887 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 11. Formato descripción macroscópica de la muestra H242887 (ver archivo adjunto).	
ANEXO 12. Formato descripción macroscópica de la muestra H242889 (ver archivo adjunto).	

ANEXO 13. Formato descripción macroscópica de la muestra H242892 (ver archivo adjunto).

ANEXO 14. Formato descripción macroscópica de la muestra I384777 (ver archivo adjunto).

ANEXO 15. Formato descripción macroscópica de la muestra I384779 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 16. Formato descripción macroscópica de la muestra I384779 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 17. Formato descripción macroscópica de la muestra I384785 (ver archivo adjunto).

ANEXO 18. Formato descripción macroscópica de la muestra I384960 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 19. Formato descripción macroscópica de la muestra I384060 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 20. Formato descripción macroscópica de la muestra I384961 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 21. Formato descripción macroscópica de la muestra I384961 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 22. Formato descripción macroscópica de la muestra I384961 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 23. Formato descripción macroscópica de la muestra I384965 (ver archivo adjunto).

ANEXO 24. Formato descripción macroscópica de la muestra J301649 (ver archivo adjunto).

ANEXO 25. Formato descripción macroscópica de la muestra J301651 (ver archivo adjunto).

ANEXO 26. Formato descripción macroscópica de la muestra J301654 (ver archivo adjunto).

ANEXO 27. Terraspec de la muestra H242815 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 28. Terraspec de la muestra H242815 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 29. Terraspec de la muestra H2428181 (ver archivo adjunto).

ANEXO 30. Terraspec de la muestra H242836 (ver archivo adjunto).

ANEXO 31. Terraspec de la muestra H242838 (ver archivo adjunto).

ANEXO 32. Terraspec de la muestra H242841 (ver archivo adjunto).

ANEXO 33. Terraspec de la muestra H242885 (ver archivo adjunto).

ANEXO 34. Terraspec de la muestra H242887 (ver archivo adjunto).

ANEXO 35. Terraspec de la muestra H242889 (ver archivo adjunto).

ANEXO 36. Terraspec de la muestra H242892 (ver archivo adjunto).

ANEXO 37. Terraspec de la muestra I384777 (ver archivo adjunto).

ANEXO 38. Terraspec de la muestra I384779 (1) - (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 39. Terraspec de la muestra I384785 (ver archivo adjunto).

ANEXO 40. Terraspec de la muestra I384960 (1) - (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 41. Terraspec de la muestra I384961 (1) - (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 42. Terraspec de la muestra I384965 (ver archivo adjunto).

ANEXO 43. Terraspec de la muestra J301649 (ver archivo adjunto).

ANEXO 44. Terraspec de la muestra J301651 (ver archivo adjunto).

ANEXO 45. Terraspec de la muestra J301654 (ver archivo adjunto).

ANEXO 46. Formato descripción microscópica de la muestra H242815 (ver archivo adjunto).

ANEXO 47. Formato descripción microscópica de la muestra H242818 (ve archivo adjunto).

ANEXO 48. Formato descripción microscópica de la muestra H242836 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 49. Formato descripción microscópica de la muestra H242836 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 50. Formato descripción microscópica de la muestra H242838 (ver archivo adjunto).

ANEXO 51. Formato descripción microscópica de la muestra H242841 (ver archivo adjunto).

ANEXO 52. Formato descripción microscópica de la muestra H242885 (ver archivo adjunto).

ANEXO 53. Formato descripción microscópica de la muestra H242887 (ver archivo adjunto).

ANEXO 54. Formato descripción microscópica de la muestra H242889 (ver archivo adjunto).

ANEXO 55. Formato descripción microscópica de la muestra H242992 (ver archivo adjunto).

ANEXO 56. Formato descripción microscópica de la muestra I384779 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 57. Formato descripción microscópica de la muestra I384785 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 58. Formato descripción microscópica de la muestra I384785 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 59. Formato descripción microscópica de la muestra I384960 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 60. Formato descripción microscópica de la muestra I384961 (1) (ver archivo adjunto).

ANEXO 61. Formato descripción microscópica de la muestra I384961 (2) (ver archivo adjunto).

ANEXO 62. Formato descripción microscópica de la muestra I384965 (ver archivo adjunto).

ANEXO 63. Formato descripción microscópica de la muestra J301649 (ver archivo adjunto).

ANEXO 64. Formato descripción microscópica de la muestra J301651 (ver archivo adjunto).

ANEXO 65. Formato descripción microscópica de la muestra J301654 (ver archivo adjunto).

ANEXO 66. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384785 (1).....175

ANEXO 67. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384965..... 186

ANEXO 68. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384961 (1).....200

RESUMEN

TITULO: EVOLUCIÓN DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL PROSPECTO LA PLATA, DISTRITO MINERO VETAS-CALIFORNIA (DMVC), SANTANDER, COLOMBIA. *

AUTORES: SARAY THATIANA BARBOSA SILVA**

PALABRAS CLAVES: DISTRITO MINERO DE VETAS-CALIFORNIA (DMVC), MINERALOGIA DE ALTERACION, CONTROL ESTRUCTURAL, DEPOSITO EPITERMAL.

El prospecto la Plata se encuentra ubicado dentro del DMVC, donde las rocas hospedadoras de la mineralización y alteraciones hidrotermales corresponden a: I) Dioritas; II) Pórfidos dacíticos; III) Brechas hidrotermales y; IV) Brechas tectónico-hidrotermales. En dichas rocas los minerales de alteración presentes se clasificaron en tres tipos: I) cuarzo-sericita; II) Illita/caolinita y; III) cuarzo-alunita. Dichas alteraciones corresponden a un estilo de alteración hidrotermal de alta sulfuración y pórfido.

Como mineral de mena predominante aparece la pirita la cual se presenta en dos estados de formación, el primero y más antiguos corresponde a una pirita con tamaño de grano grueso y, el último corresponde a una pirita más fina, considerándose este el estado más joven. Los mayores contenidos de minerales de mena se presentan en venas, vetillas y stringers, las cuales pueden ser de tipo Extensional, Tensional o de Cizalla y también de manera diseminada en la roca.

La presencia de Tenantita/Tetraedrita-Esfalerita-Calcopirita, sugieren un depósito epitermal de intermedia sulfuración, mientras que la presencia de Pirita-Enargita-Covelina-Digenita corresponden a minerales de mena característicos en depósitos de alta sulfuración.

Fue posible identificar dos tipos de eventos/pulsos responsables de la formación de la mineralización y alteración hidrotermal en las rocas del prospecto: I) Pulso responsable de la alteración y mineralización de las rocas caja y; II) pulso silíceo, el cual generó vetillas que se encuentran cortando otras estructuras y en algunos casos generó una especie de silicificación en la roca.

Se identificaron 3 tipos de inclusiones fluidas y, se clasificaron dependiendo de sus fases: I) inclusiones monofásicas (100% líquido), tienden a aparecer hacia los bordes de crecimiento de los cristales; II) inclusiones bifásicas (80% Líquido/20% Vapor), suelen aparecer en fracturas de los cristales y; III) inclusiones trifásicas (50%L/35%V/15%Halita). La mayoría de las inclusiones se clasifican como tipo I y las compuestas por tres fases son tipo III.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Julián Andrés López Isaza, geólogo Msc.

ABSTRACT

TITLE: EVOLUTION OF HYDROTHERMAL SYSTEM OF THE PROSPECTUS LA PLATA, VETAS-CALIFORNIA MINING DISTRICT (CMVD) SANTANDER, COLOMBIA

AUTHORS: SARAY THATIANA BARBOSA SILVA**

KEYWORDS: MINING DISTRICT OF VETAS-CALIFORNIA (DMV), ALTERATION MINERALOGY, STRUCTURAL CONTROL, EPITHERMAL DEPOSIT.

The prospectus La Plata is located into DMVC where host rocks of mineralization and hydrothermal alteration correspond to: I) Diorites. II) dacitic porphyry III) hydrothermal breccias; IV) tectonic-hydrothermal breccias. This alteration mineralogy was classified into three types: I) quartz-sericite; II) Illite / kaolinite; III) quartz-alunite. These changes correspond to a style of high sulphidation hydrothermal alteration and porphyry.

As predominant mineral ore appears pyrite which occurs in two stages of formation the first and oldest corresponds to a pyrite with coarse grain size and the latter corresponds to a finer pyrite, being considered the youngest state. The higher content of mineral ore (Chalcopyrite-pyrite-marcasite) are presented in veins, veinlets and stringers, which can be Extensional, tension or shear type and also appear disseminated in the host rock.

The presence of tennantite / Tetrahedrite-Sphalerite-Chalcopyrite, suggest an epithermal intermediate sulphidation deposit, while the presence of pyrite-Enargite-covellite-digenite correspond to mineral ore deposits characteristic high sulphidation.

It was possible to identify two types of events / pulse responsible for the formation of hydrothermal alteration and mineralization in rocks of the prospectus: I) the first pulse was responsible for the alteration and mineralization box and rocks; II) siliceous pulse, which generated veinlets cutting other structures and in some cases generated a kind silicification in the rock.

It was also possible to identify three types of fluid inclusions depending on the phases composing it: I) monophasic inclusions (100% liquid); II) two-phase inclusions (80% Liquid / Vapor 20%) and; III) triphasic inclusions (50% L / 35% V / 15% halite).most of this fluids inclusions are classified as type I and composed for three phases are type III.

*Bachelor Thesis. Mode: Research

** Facultad de ingenierías físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Julián Andrés López Isaza, geólogo Msc.

INTRODUCCIÓN

El prospecto La Plata se encuentra localizado en el flanco Occidental del Macizo de Santander, Cordillera Oriental de Colombia, en el Distrito Minero de Vetas-California (DMVC), y consta de una área aproximada de 2Km². Dicha área se caracteriza por presentar un núcleo metamórfico intruido por rocas plutónicas de edad Triásico – Jurásico y rocas hipoabisales de edad Mioceno (Mantilla et al., 2009; 2011; 2012b). De acuerdo con López & Silva (2014) la licencia se encuentra ubicada en el cinturón central del Gneis de Bucaramanga de Ward et al. (1973).

Estructuralmente el prospecto la Plata se encuentra controlado por el trend de la Baja (Horner, 2005; Felder et al., 2005; López, 2011., en López & Silva, 2014), el cual pudo ser responsable de la generación de conductos para el ascenso y transporte fluido mineralizante en la zona. También la formación de venas y otras estructuras mineralizadas se encuentran asociadas con un evento de silicificación sobreimpuesta (López & Silva, 2014). A lo largo del DMVC se han realizado investigaciones por diversos autores, los cuales reportaron que la zona presenta características correspondientes a una mineralización de tipo epitermal de alta sulfuración, la cual probablemente se encuentra relacionada a un sistema de tipo pórfido.

El presente trabajo de investigación muestra los resultados obtenidos a partir de análisis de muestras tanto de sectores empobrecidos como enriquecidos de los pozos de perforación PL-10-04, PL-10-15, PL-10-12, y PL-11-01, que tiene como finalidad reconocer los tipos de rocas presentes en el prospecto, además de identificar y caracterizar los estilos de mineralizaciones y las diferentes alteraciones hidrotermales que afectan en la zona de interés.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En el Distrito minero de Vetas-California, el cual se encuentra ubicado en el Macizo de Santander, afloran principalmente rocas metamórficas, las cuales corresponden al denominado Gneis de Bucaramanga de edad Proterozoico. En dicho distrito se han realizado diversos estudios, esto por su interés económico-minero.

Con respecto al sector de La Plata, el cual corresponde a la zona de interés para la caracterización mineralógica, de alteraciones, y evolución del sistema hidrotermal, previamente se ha realizado un estudio de caracterización de mineralogía de sulfuros, alteración y microtermometría de inclusiones fluidas, en uno de los pozos perforados por la empresa Eco Oro Minerals Corp. (PL-10-01) en el área, además de análisis de dos muestras en superficie (Raley, 2012).

A partir del análisis de la información disponible, se hace necesario realizar estudios que permitan establecer: ¿Cuál es la distribución y disposición mineralógica al interior de las venas? , ¿Qué tipo de venas se pueden diferenciar además de las reportadas por Raley (2012)?, ¿Qué mineralogía de alteración se encuentra presente en el sector?.

Para lograr dar respuestas a algunas de las preguntas antes expuestas, se llevó a cabo el análisis de algunas muestras de los pozos de perforación PL-10-04, PL-10-15, PL-10-12, y PL-11-01, realizados por la empresa Eco Oro Minerals Corp. Dichas muestras corresponden a venas y profundidades tanto en zonas definidas como enriquecidas y como no enriquecidas.

1.2 Justificación

A lo largo del DMVC se han realizado investigaciones por diversos autores, los cuales reportaron que la zona presenta características correspondientes a una mineralización de tipo epitermal de alta sulfuración, la cual probablemente se encuentra relacionada a un sistema de Tipo pórfido.

A partir de estudios previos realizados en la zona de interés, se concluye que el prospecto La Plata contiene mineralización y estilo de alteración de tipo Pórfido y epitermal de alta sulfuración.

En este trabajo, mediante la realización de diversos análisis en muestras representativas de los sectores enriquecidos y empobrecidos encontrados a diferentes profundidades en cuatro pozos (PL-10-04, PL-10-15, PL-10-12, y PL-11-01) perforados por la empresa Eco Oro Minerals Corp. en el sector de La Plata, se pretende identificar y caracterizar el estilo de mineralización, alteración y control de mena, completando y avanzando así el trabajo ya realizado por Raley (2012).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y caracterizar los estilos de mineralizaciones y las diferentes alteraciones hidrotermales presentes en el prospecto la Plata, con el fin de aportar al conocimiento de la evolución del sistema hidrotermal del DMVC.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

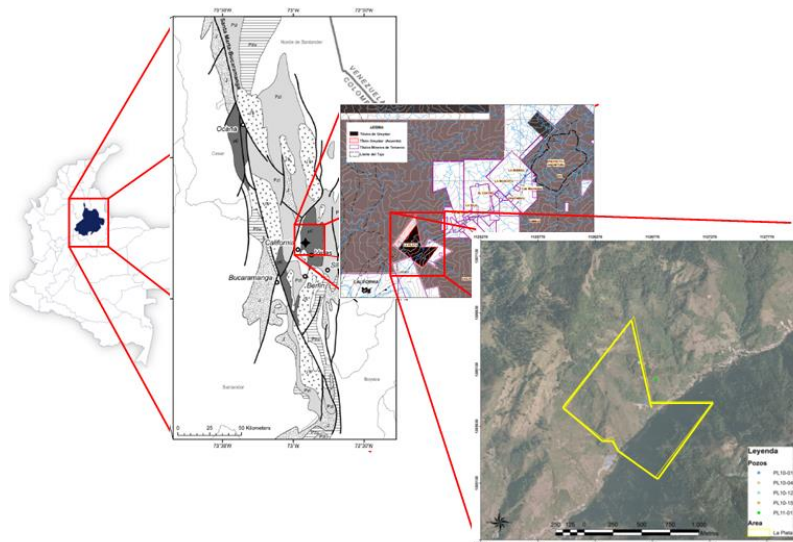
- Caracterizar la mineralogía de mena y de alteración hidrotermal de las muestras correspondientes a los pozos PL-10-04, PL-10-15, PL-10-12, y PL-11-01 del prospecto La Plata, Colombia.
- Determinar las asociaciones minerales y paragénesis de las diferentes fases mineralizante en función de las características de las venas.
- Reinterpretar y correlacionar los datos de inclusiones de microtermometría y petrografía de inclusiones fluidas existentes en el sector de la Plata con los datos de petrografía obtenidos en los pozos de interés en este estudio.
- Elaborar un modelo conceptual que represente las mineralizaciones y alteraciones hidrotermales en el prospecto La Plata.

3. LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco occidental del Macizo de Santander, Cordillera Oriental de Colombia, en el municipio de Vetas-California, departamento de Santander; dentro de las coordenadas geográficas 7°21'48.4" N de latitud y 72°21'56" W de longitud. El área consta aproximadamente de 2 Km², y se encuentra a 67 Km al noreste de la ciudad de Bucaramanga (Figura. 1)

La vía de acceso principal a la zona de estudio comprende la carretera que comunica la ciudad de Bucaramanga con el municipio de California, posteriormente se ingresa a una vía secundaria por aproximadamente 2 Km, hasta donde se encuentra ubicado el prospecto La Plata.

Figura. 1. Ubicación de la zona de estudio; prospecto la Plata, Distrito Minero de Vetas-California.



Fuente: Tomado y modificado de Mantilla et al., (2011), Greystar Resources (2009) y López & Silva (2014).

4. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo propuesta para el desarrollo total de los objetivos expuestos en este documento se encuentra comprendida por 5 fases: a) Revisión bibliográfica; b) Trabajo de campo; C) Trabajo de laboratorio; D) Análisis petrográfico; E) Análisis, interpretación de resultados y elaboración del informe final.

Las fases sucesivas ejecutadas durante este estudio son las siguientes, todo con el fin de la elaboración del informe final.

4.1 Fase 1: Revisión bibliográfica

Esta fase comprende la recopilación y selección de material bibliográfico de interés con el fin de tener conocimiento previo de la geología regional y local, también de los diversos estudios realizados y datos generados. Este material se encuentra comprendido por artículos, planchas geológicas, trabajos de grado, informes técnicos, memorias explicativas y libros, entre otros.

4.2 Fase 2: Trabajo de campo

Esta fase consiste en reconocer los diferentes aspectos geológicos presentes, delimitación del área de estudio, recolección y selección de muestras (núcleos) de interés. A continuación se presenta una tabla (Tabla 1) en la cual se exponen las muestras a partir de las cuales se lleva a cabo este trabajo.

Tabla 1. Tabla de muestras seleccionadas con su respectiva ubicación en profundidad y el pozo al cual corresponde cada una.

POZO	CAJA	MUESTRA	FROM	TO
PL-10-04	35-36	H242815	145,05	145,15
			145,50	145,60
		H242818	151,5	151,55
		H242836	182,60	182,80
		H242838	187,20	187,40
	43-44-45	H242841	192,6	192,75
		H242885	268,8	269,05
		H242887	271,6	271,7
	64	H242889	275,35	275,55
	H242892	278	278,15	
PL-10-12	75-76-77	I384777	319,2	319,3
		I384779	322,8	323
		I384785	328,5	328,65
PL-10-15	61-62-63	I384960	264,5	264,8
		I384961	266,85	267
		I384965	272,8	272,9
PL-11-01	51-52-53	J301649	198	198,2
		J301651	200,7	200,85
		J301654	203,6	203,7

4.3 Fase 3: Trabajo de laboratorio

Durante el desarrollo de esta fase se llevó a cabo la descripción macroscópica de los 24 testigos seleccionados previamente en la fase de campo, los cuales fueron proporcionados por la empresa Eco Oro Minerals Corp.

En esta fase para la adecuada recopilación de los datos obtenidos se realizó un formato en Excel (Anexo 1), el cual permite compilar los datos de mineralogía de la roca caja, alteración y venas, además de la clasificación de los tipos de venas/vetillas presentes, según su forma (Tensión, Extensión y Cizalla), textura (Sintaxial y Antitaxial) y espesor.

Posterior a la descripción macroscópica de cada uno de los testigos, se seleccionaron 18 muestras para la elaboración de secciones delgadas pulida para análisis de microscopía óptica de luz transmitida y luz reflejada. En total se analizaron 20 secciones delgadas pulidas.

Una vez finalizada la descripción petrográfica se seleccionaron 3 muestras para la realización de secciones delgadas doblemente pulidas, con el fin de identificar mineralogía de sulfuros, identificación y posterior análisis de petrografía de inclusiones fluidas.

Las abreviaturas usadas en las fases minerales fueron tomadas de Whitney and Evans (2010).

4.4 Fase 4: Análisis Petrográfico

Cada una de las secciones realizadas fueron descritas mediante un formato, dentro del cual se identificaban y definían cada uno de los minerales (primarios, secundarios y accesorios), descripción, tamaño de grano, porcentaje en la muestra, y además se presenta una tabla de texturas, descripción de la mineralización y el vetilleo. Incluyendo fotografías como complemento de lo descrito (Anexo 2). Para la descripción de los minerales opacos también se utilizó como referencia el formato mencionado anteriormente.

4.5 Fase 5. Análisis de inclusiones Fluidas

En esta fase primero se realizó en la sección doblemente pulida una cuadrícula de 5 milímetros, posteriormente se utilizó un microscópico petrográfico, por medio del cual se identificaron los diferentes tipos de inclusiones fluidas (primarias, secundarias y pseudosecundarias), su respectiva distribución y características (forma, fases, tamaños y relaciones volumétricas). Además se reinterpretaban los datos de microtermometría de inclusiones fluidas obtenidos en estudios anteriores.

Aquellas inclusiones fluidas generadas en zonas próximas o en la mineralización son las de mayor interés en este trabajo, puesto que a partir de ellas se pueden determinar las temperaturas en las cuales dicho fluido empezó a precipitar. Mediante la microtermometría es posible medir las temperaturas que corresponden a transiciones de fases en las inclusiones fluidas.

Para registrar los cambios de fases en dichas inclusiones y por ende sus respectivas temperaturas, el equipo para realizar estas mediciones se encuentra conformado por una platina de Enfriamiento/Calentamiento y una consola de medida y regulación. Dicha platina es instalada sobre la platina del microscopio petrográfico. Las temperaturas para los análisis varían entre -180 y 600°C, donde son controladas por el equipo de medida y regulación.

En la etapa de calentamiento las temperaturas varían de +25°C a 600°C controlado mediante una resistencia eléctrica, y en la etapa de enfriamiento las temperaturas varían entre +25°C y -92°C donde se genera circulación de nitrógeno-gas.

Los análisis realizados corresponden a: 1) Microtermometría, mediante el cual es posible determinar la temperatura de homogenización (T_h) y la temperatura de disolución de la halita (T_{dh}); 2) Criometría, en el cual se registra la temperatura de fusión del último cristal de hielo (T_{fh}) y la temperatura de la primera fusión del hielo (Eutéctica) (T_e). Mediante la Temperatura de fusión del hielo es posible determinar la salinidad del fluido en % peso NaCl.

En la fase de generación de nuevos datos para las inclusiones fluidas se usó el software BULK (08/02).

4.6 Fase 6: Análisis, interpretación de resultados y elaboración del informe final

Consiste en analizar e interpretar cada uno de los resultados obtenidos en las fases anteriores, con el fin de elaborar un el informe final que recopile toda la información obtenida a lo largo de este trabajo investigativo.

5. ANTECEDENTES

La licencia conocida como cuerpo mineralizado La Plata, comprende 78,62 hectáreas (López & Silva, 2014). Se caracteriza por presentar un núcleo metamórfico intruido por rocas plutónicas de edad Triásico – Jurásico y rocas hipoabisales de edad Mioceno (Mantilla et al., 2009; 2011; 2012b).

En los últimos años se han realizado aportes significativos al entendimiento de la mineralización del DMVC, como lo son algunos estudios isotópicos de dataciones por el método U/Pb en circón, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en hornblenda y biotita, y Re/Os en piritita (Bissig et al., 2013), dando como resultado para el magmatismo reciente edades que no superan 11 Ma, y para la mineralización de la zona, en termino generales, edades mucho menores a 4.5 Ma. En una de las muestras analizadas en el sector de La Plata (PL-10-01, 466.5 m) clasificada como un pórfido cuarzo-feldespático se obtuvo una edad de 10.14 ± 0.03 Ma por el método U/Pb en dos circones concordantes, interpretada como la edad de un evento mineralizante. Las mineralizaciones epitermales de Oro probablemente se produjeron a finales del Plioceno-Pleistoceno, posteriormente a la mineralización tipo pórfido (Bissig et al., 2012). El ambiente estructural que rige la licencia La Plata se encuentra relacionado con un desplazamiento de dilatación asociado al trend estructural de la Baja (Horner, 2005; Felder et al., 2005; López, 2011., López & Silva, 2014).

Según Raley (2012), la mineralización y la alteración se encuentran hospedada en granitos y es controlada por diferentes sistemas de fracturamiento. En el macizo rocoso varias venas y estructuras mineralizadas han sido afectadas por alteración de tipo cuarzo - caolinita/illita – alunita, la cual se caracteriza por ser fuerte y penetrativa, borrando los rasgos del protolito.

El proceso de formación de venas y estructuras mineralizadas se encuentra a su vez asociadas con silicificación parcial sobreimpuesta a las rocas alteradas con parches de cuarzo microgranular en la matriz sericitizada junto con remanentes de cuarzo primario (López & Silva, 2014).

En la investigación realizada por Raley (2012), principalmente se identificaron dos tipos de litologías: 1) Granitoides (65 m profundidad), el cual se encuentra afectado por alteración de cuarzo – alunita e illita – caolinita - montmorillonita y; 2) Dique porfirítico de granodiorita (459-466 m Profundidad), afectado por alteración con asociación de cuarzo - sericita.

De acuerdo con Raley (2012) también se identificaron venas tipo A (Qz-Magnetita-Calcopirita) y tipo D (Qz-Py). También realizó un estudio de inclusiones fluidas en venas tipo A y D (López & Silva, 2014), donde las primeras indicaron ser inclusiones ricas en salmueras (34 ± 2 wt% NaCl) y son de tipo polifásicas con halita-anhidrita-silvita - hematita y sulfuros. Las segundas son de vapor + anhidritas \pm líquido salino de 22.5 ± 5 wt% NaCl y temperatura de homogenización de 360 ± 50 °C. En dicho estudio se concluyó que el prospecto La Plata corresponde a un depósito de tipo epitermal de alta sulfuración sobreimpuesto por un sistema porfirítico.

Las asociaciones de alteración presentes en La Plata – Agua Limpia, fueron agrupadas en 4 estados. De la más antigua a más joven: 1) compuesto por feldespato-Magnetita-biotita asociada a venas de feldespato – pirita – calcopirita - magnetita (relicto de alteración potásica); 2) cuarzo - sericita-pirita asociada con venas de cuarzo - pirita 3) alunita - cuarzo \pm caolinita en zona de núcleo y grada lateralmente a illita - caolinita; 4) alteración supergénica (oxidación de sulfuros y minerales secundarios de Cu y enriquecimiento supérgeno de Ag).

6. MARCO GEOLOGICO

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

La esquina noroeste de América de Sur está dominado por tres placas litosféricas: la placa del Caribe y Nazca de afinidad oceánica, y la placa de América del Sur (Cediel et al., 2003). El sistema orogénico de los Andes colombianos es el resultado de varios eventos de acreción de terrenos (Restrepo et al., 2011. en Mantilla et al., 2012). Según Toussaint y Restrepo (1990) su basamento se encuentra conformado por bloques aloctonos suturados entre sí. El bloque Norte de los Andes está conformado por unidades litotectónicas (terrenos, ensamblajes de terrenos y subplacas), los cuales pueden ser agrupados en un grupo más grande, compuestos por subdivisiones llamadas “Dominios Tectónicos”. El Norte Andino está conformado por 4 dominios tectónicos (Figura 2A) (Cediel et al., 2003).

Durante el Plio-Cuaternario se originó el mayor pulso de levantamiento de la Cordillera Oriental y por lo tanto del Macizo de Santander, en la Orogenia Andina (Osorio et al., 2008). Según Kammer (1993 en Osorio et al., 2008) el emplazamiento del Macizo de Santander se originó por el levantamiento vertical a partir de la inversión de fallas normales de alto ángulo que actuaron durante el Jurásico. El Macizo de Santander se encuentra ubicado dentro del denominado Terreno Chibcha (Ch) (Figura 2B), el cual presenta basamento continental del precámbrico (Toussaint, 1993). Según Cediel et al. (2003) está ubicado dentro del Dominio de la Sub-placa de Marcaibo, que a finales del Cretácico comenzó a migrar hacia el NE a lo largo de los sistemas de Fallas de Santa Marta- Bucaramanga y Oca- El Pilar en el proceso de formación de la Sierra de Mérida. El cinturón de Santander - Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta.

El Movimiento de la Falla de Bucaramanga resultó en la elevación oblicua normal inmediatamente al este del Macizo de Santander. La Falla de Bucaramanga-Santa Marta representa el límite Occidental de la subplaca de Maracaibo, a cual ha tenido un desplazamiento lateral izquierdo del orden de 40 Kms (Toro, 1990 en Cediel et al., 2003), aunque con un desplazamiento total de 100 Km (Campbell, 1968; Etayo y Rodriguez, 1985 en Cediel et al., 2003).

En el Macizo de Santander la Cordillera Oriental se divide en dos ramales, uno de los cuales gira hacia el NE para construir los Andes de Mérida en Venezuela y el otro toma una dirección NNW hasta aproximadamente 9°N para luego torcerse nuevamente en dirección NE en la serranía de Perijá (Toussaint, 1993).

El núcleo del Macizo de Santander está conformado por rocas metamórficas, las cuales se dividen en dos unidades litodémicas: 1) Gneis de Bucaramanga, es la más antigua y corresponde a una serie de grauvacas, lutitas y rocas volcánicas metamorfoseadas de alto grado y migmatíticas; 2) Formación Silgará, es la más joven y suprayace al Gneis de Bucaramanga, corresponde a una serie gruesa de turbiditas de aguas poco profundas y depósitos cíclicos de limolitas, lutitas, areniscas y calizas con metamorfismo de bajo a mediano grado (Goldsmith et al., 1971).

El Gneis de Bucaramanga está conformado por paragneis pelítico, semi-pelítico y arenáceo, esquistos y en menor proporción de gneis calcáreo, mármol, gneis hornbendítico y anfíbolita. También incluye zonas de migmatita de dos tipos: una en la cual el paragneis está mezclado con rocas granítica neisica y otro donde ambos están cortados por muchas masas pequeñas de granito no foliado mucho más joven en edad (Ward et al., 1973).

Se han identificado dos episodios metamórficos en el Macizo de Santander, uno relacionado con la Orogenia Grenvilliana y el otro a la Orogenia Caledoniana, los cuales afectaron rocas con un metamorfismo de facies anfibolitas (Bissig et al., 2012).

Según Mantilla et al. (2009) estudios previos apoyados en dataciones permitieron reconocer por lo menos cinco eventos magmáticos en el Macizo de Santander: 1) Evento magmático relacionado con la inyección de fluidos graníticos de 461 ± 10 Ma de edad (Ward et al., 1973. en Mantilla et al., 2009), el cual se relaciona a la edad de la Formación Ortoneis. 2) Evento magmático granítico, el cual formó la Monzonita de Onzaga de 394 ± 23 Ma de edad (Boinet et al., 1985. en Mantilla et al., 2009). 3) Evento magmático de composición diorítica a granítica responsable de la formación de Batolitos y Plutones, los cuales son denominados el Grupo Plutónico de Santander, que presentan edades Re-Os y U-Pb de 210 Ma. 4) Evento magmático relacionado con la formación simultánea de diques riolíticos y diabásicos de edad Cretácico Inferior. Y 5) Evento magmático datado por Re-Os e Pirita, que arroja una edad de 57 ± 10 Ma (Mathur et al., 2003 en Mantilla et al., 2009).

6.2 GEOLOGÍA LOCAL

El Distrito minero de Vetas-California se encuentra ubicado al Nororiente de Bucaramanga, en el sector esquinero del Macizo de Santander en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos (Figura. 3), el cual se caracteriza tectónicamente por presentar fallas inversas y de cabalgamiento. Este bloque se encuentra limitado al Oriente por las fallas de Soapaga y Bucaramanga-Santa Marta y al Occidente por la Falla Riachuelo (Royero y Clavijo, 2001; Mantilla et al., 2011). Presentan dos importantes sistemas de fallas, donde uno presenta dirección N-S, dentro de las cuales se encuentra a Falla de Surata, la cual cruza al occidente de California; el otro sistema de fallas presenta una dirección NE-SW, donde una de ellas va en dirección del río la Baja, otra encauza la Quebrada Mongora. La quebrada La Plata y una última a lo largo de la quebrada El Salado. También en la zona se presentan una gran cantidad de fracturas y diaclasas con dirección NE-SW (Galvis, 1998).

La región de Matanza-Surata-California se trata de una franja Mesozoica orientada de SW a NE y hacia el NW-NNW, también se compone de una franja Cretácica, la cual es estructuralmente más compleja conformada por fallas en dirección N-S (Julivert, 1959). La zona se encuentra constituida principalmente por rocas metamórficas Precámbricas y Paleozoicas, y rocas ígneas Paleozoicas y Mesozoicas (Royero y Clavijo, 2001; Julivert, 1959).

Según Galvis (1998) las unidades litológicas más antiguas presentes en el Distrito Minero de Vetas-California, corresponden a rocas metamórficas parcialmente migmatizadas y granitoides producto del proceso de migmatización. Las rocas metamórficas corresponden a gneises feldespáticos, gneises cuarzofeldespáticos, gneises biotíticos, anfibolitas y gneises anfibólitos.

Este tipo de rocas afloran hacia la parte de la quebrada La Plata. Las rocas granitizadas presentan composiciones influenciadas por la composición de la roca original. En Vetas-California el magmatismo del Mioceno tiene una relación causa - efecto con la reactivación de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta, esto se sugiere por la presencia de cuerpos ígneos del Mioceno en las intersecciones de las Fallas con dirección NNW y NE (Mantilla et al., 2011).

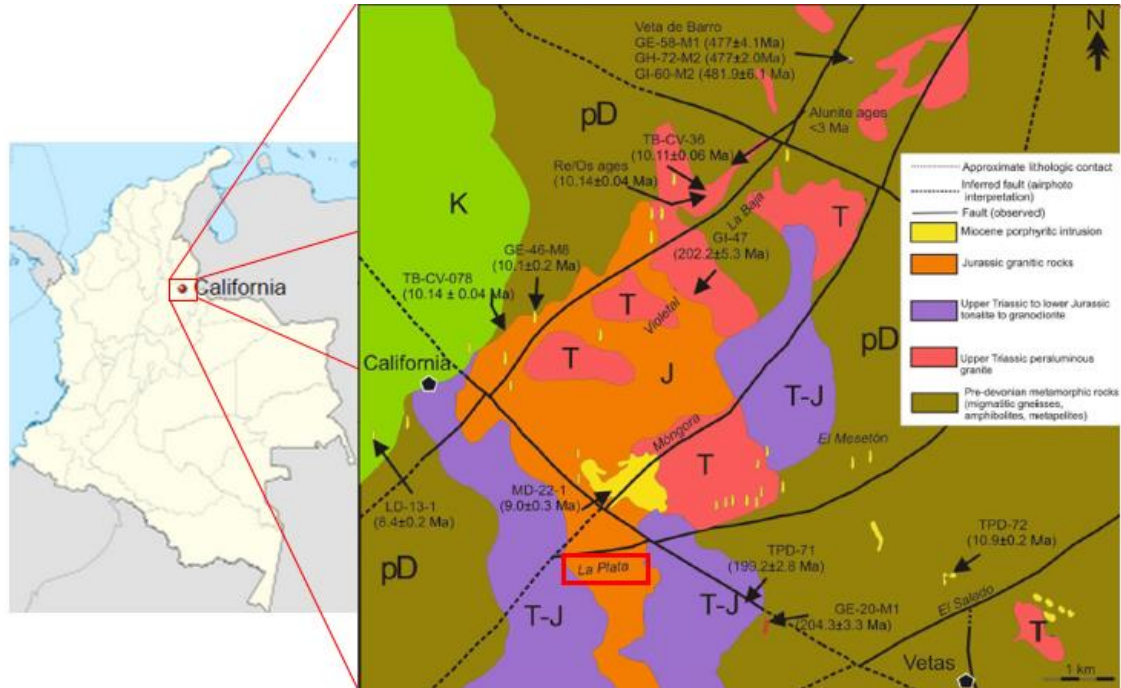
De acuerdo con Mantilla et al. (2011), las rocas ígneas se subdividen en tres grupos: 1) Alaskitas I (Tonalitas a granodioritas, Triásico-Jurásico); 2) Alaskitas II (Post límite Triásico-Jurásico); y Rocas ígneas del Mioceno. Donde el magmatismo del Mioceno coincide con la época de mayor levante de montañas en Colombia e intensa actividad de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta.

Las rocas ígneas y metamórficas presentan diferentes tipos de alteración hidrotermal, tales como argílica, propilitica, sericitica y silicificación (Mendoza y Jaramillo, 1975. en Royero y Clavijo, 2001). Dentro de la zona la mayoría de las estructuras mineralizadas se encuentran en zonas donde las rocas encajantes han sido sometidas a esfuerzos diferenciales con intenso diaclasamiento y cizallamiento. Estas mineralizaciones consisten de oro, pirita, plata, cuarzo, y en menor proporción calcopirita, arsenopirita, esfalerita, galena y tetraedrita (Royero y Clavijo, 2001).

Dataciones U/Pb en rocas porfíricas pertenecientes al Distrito Minero de Vetas-California indican un evento magmático en el Macizo de Santander durante el Mioceno, y puede estar relacionado a la Orogenia Andina, la cual pudo haber favorecido la formación del sistema magmático - hidrotermal en la zona (Mantilla et al., 2009). Dataciones Re-Os en piritas concentradas en filones auríferos de la mina La Plata y El Volcán, sugirieron que la mineralización aurífera está relacionada a un pulso magmático dacítico de 57 ± 10 Ma (Mathur et al., 2003 en Bissig et al., 2012, Mantilla et al., 2009). Las mineralizaciones de Au-Ag se asocian a sulfuros de alta sulfuración. (Bissig et al., 2013). Las mineralizaciones epitermales de Au se produjeron a finales del Plioceno-Pleistoceno, y se sobreimprime una mineralización temprana tipo pórfido, posterior a 7 – 9 Ma (Bissig et al., 2012).

En el sector de La Bodega y La Mascota se reconocieron seis estados de alteración hipógena y mineralización: 1) Estado 1, corresponde a etapa de alteración propilítica temprana con halo distal alrededor de los pórfidos; 2) Estado 2, Corresponde a pórfidos con venas de cuarzo - pirita con alteración de muscovita; 3) Estados 3 a 6: brechas y venas epitermales y alteración de cuarzo - alunita. (Bissig et al., 2013).

Figura 3. Localización geográfica y esquema geológico del área de estudio (Prospecto la Plata, DMVC).



Fuente: Tomado y modificado de Mantilla et al., (2011).

7.3 GEOLOGIA DEL PROSPECTO LA PLATA

Las litologías presentes en el área (Figura 4) de estudio corresponden a:

7.3.1. Rocas del Proterozoico:

7.3.1.1. Gneis de Bucaramanga

Su nombre fue originalmente propuesto por Ward et al. (1973). Consta de una secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos, hornblendíticos, micáceos y granatíferos y en menores proporciones anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y granulitas. Esta unidad de rocas metamórficas se atribuye a una edad del precámbrico (Gutiérrez y Clavijo, 2001).

Esta unidad metamórfica corresponde a la más antigua encontrada en el área de la licencia La Plata y sus zonas adyacentes.

7.3.2. Rocas del Jurásico:

7.3.2.1. Cuarzomonzonita

Corresponde a un stock, el cual varía composicionalmente entre Cuarzomonzonita, granodiorita y cuarzo - monzogranito (López & Silva, 2014), estas rocas presentan una débil foliación (Mantilla y Bissing., 2011). Mineralógicamente están caracterizadas por cuarzo + feldespato alcalino + plagioclasas + biotita + moscovita + minerales opacos (magnetita) + epidota + circón + apatito + esfena, con ilmenita + pirita en las fases granodioríticas.

Este cuerpo se encuentra intruyendo al Gneis de Bucaramanga, a las Dioritas, Tonalitas y granodiorita de Páramo Rico (Mantilla et al., 2012b. en López & Silva, 2014).

7.3.3. Rocas del Cretácico:

7.3.3.1. Formación Tambor

Se encuentra compuesta por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojas grisáceas y cuarzoareniscas grises amarillentas, presenta estratificación cruzada. Su espesor aproximado es de 218 m (Gutiérrez y Clavijo, 2001). Esta formación fue considerada de edad Berriasiano (Cediel, 1968; Etayo y Rodríguez, 1985, en Gutiérrez y Clavijo, 2001).

7.3.3.2. Formación Rosa Blanca

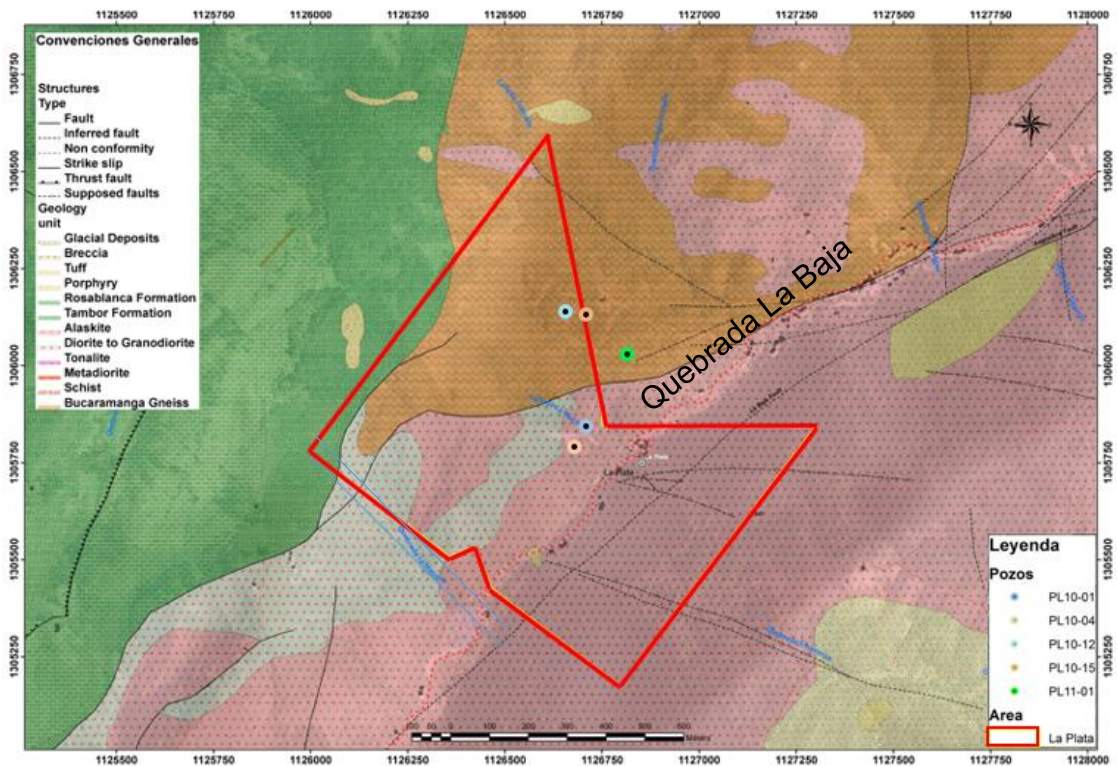
Inicialmente fue descrita por Wheeler (1929), y se está distribuida ampliamente en el Departamento de Santander. Según Etayo (1968) tiene una edad comprendida entre Valanginiano - Hauteriviano inferior. Dicha formación presenta en su parte inferior calizas y yeso, y hacia su parte superior está compuesta por areniscas y lodolitas calcáreas; con un espesor variable de 150 a 425m (Gutiérrez y Clavijo, 2001). Se encuentra aflorando en el sector de la licencia La Plata, hacia la parte N-W (Figura 4.).

7.3.4. Rocas del Mioceno:

7.3.4.1. Pórfido Dacítico Cuarzo Bipiramidal

De acuerdo con López & Silva (2014) este cuerpo se encuentra aflorando de manera local, y se caracteriza por la presencia de cuarzos bipiramidales como su nombre lo indica, junto con feldespatos alcalinos, plagioclasas y biotitas. También aparecen minerales opacos, los cuales corresponden a magnetita y pirita (Figura 4.). En el presente estudio dicho pórfido presenta principalmente pirita y calcopirita como minerales de mena, los cuales se encuentran en forma de venas y de manera diseminada.

Figura 4. Mapa Geológico del Prospecto La Plata.



Fuente: Tomado y modificado de López & Silva, (2014).

8. RESULTADOS

Los pozos usados para llevar a cabo el presente estudio corresponden a: PL-10-04, PL-10-12, PL-10-15, y PL-11-01, con un total de 19 testigo seleccionados, los cuales fueron analizados tanto macroscópicamente como microscópicamente, de los estudios realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

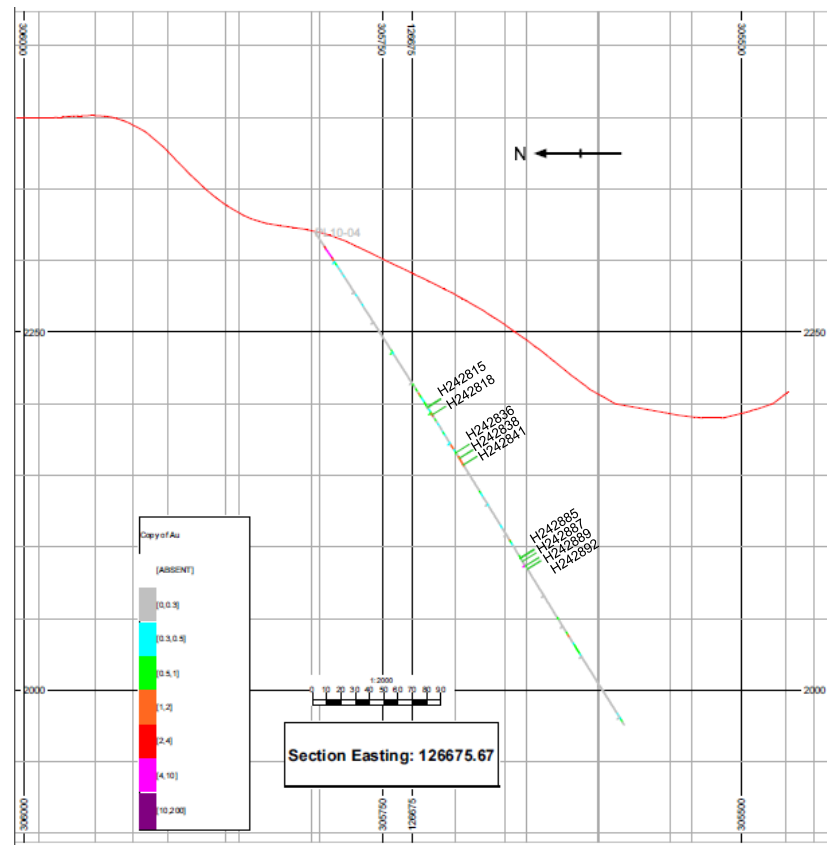
Tabla. 2. Pozos y sus respectivas muestras usada en el estudio.

POZO	MUESTRA	FROM	TO
PL-10-04	H242815	145.05	145.15
		145.50	145.60
	H242818	151.5	151.55
	H242836	182.60	182.80
	H242838	187.20	187.40
	H242841	192,6	192,75
	H242885	268,8	269,05
	H242887	271,6	271,7
	H242889	275,35	275,55
	H242892	278	278,15
PL-10-12	I384777	319,2	319,3
	I384779	322,8	323
	I384785	328,5	328,65
PL-10-15	I384960	264,5	264,8
	I384961	266,85	267
	I384965	272,8	272,9
PL-11-01	J301649	198	198,2
	J301651	200,7	200,85
	J301654	203,6	203,7

8.1 ALTERACIÓN Y MINERALOGIA

8.1.1. Pozo PL-10-04: Este pozo se encuentra localizado en las coordenadas planas X: 112666,51, Y: 1305796,96 y Z: 2319,609, y se perforó con un azimut de 180 e inclinación de -56° , hasta una profundidad de 406,25 m (Figura 5).

Figura 5. Sección del pozo PL-10-04 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.



Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

A. Muestra H242815(1): 145.05-145.15m

Roca de tamaño de grano fino - mediano, con posible protolito de diorita (Anexo 3), la cual se encuentra afectada por alteración de tipo cuarzo - sericita, siendo este resultado reafirmado por los espectros obtenidos mediante el análisis de Terraspec (Figura 6) (Anexo 27). Microscópicamente se observa una textura lepidogranoblastica, mineralógicamente está compuesta por: cuarzo + sericita + microclina + sulfuros (Anexo 46).

Se distinguieron 5 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) correspondiente a la matriz de la roca caja (Figura 7B); II) Cuarzo metamórficos (Qz2) bastante fracturados y con inclusiones de sulfuros (Figura 7A); III) Vetillas de cuarzo microcristalino (Qz3) con sulfuros diseminados (pirita + calcopirita) (Figura 7C); IV) Cuarzo ígneos (Qz4) en poca proporción y sin presencia de deformación (Figura 7E) y; V) vetillas de cuarzo tipo mosaico (Qz5), las cuales presentan sulfuros de manera diseminada (Figura 7D).

Figura 6. Espectros obtenidos de la muestra H242815 (1) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - sericita (patrones de Terraspec).

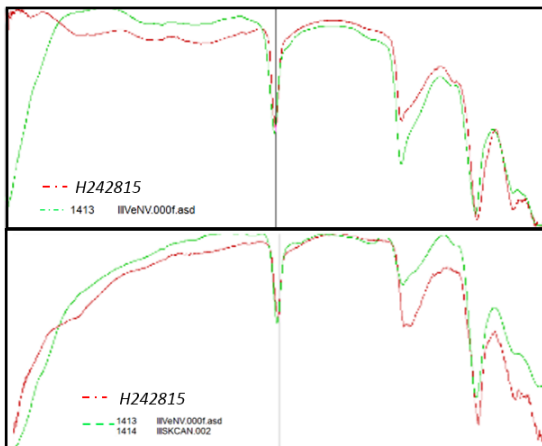
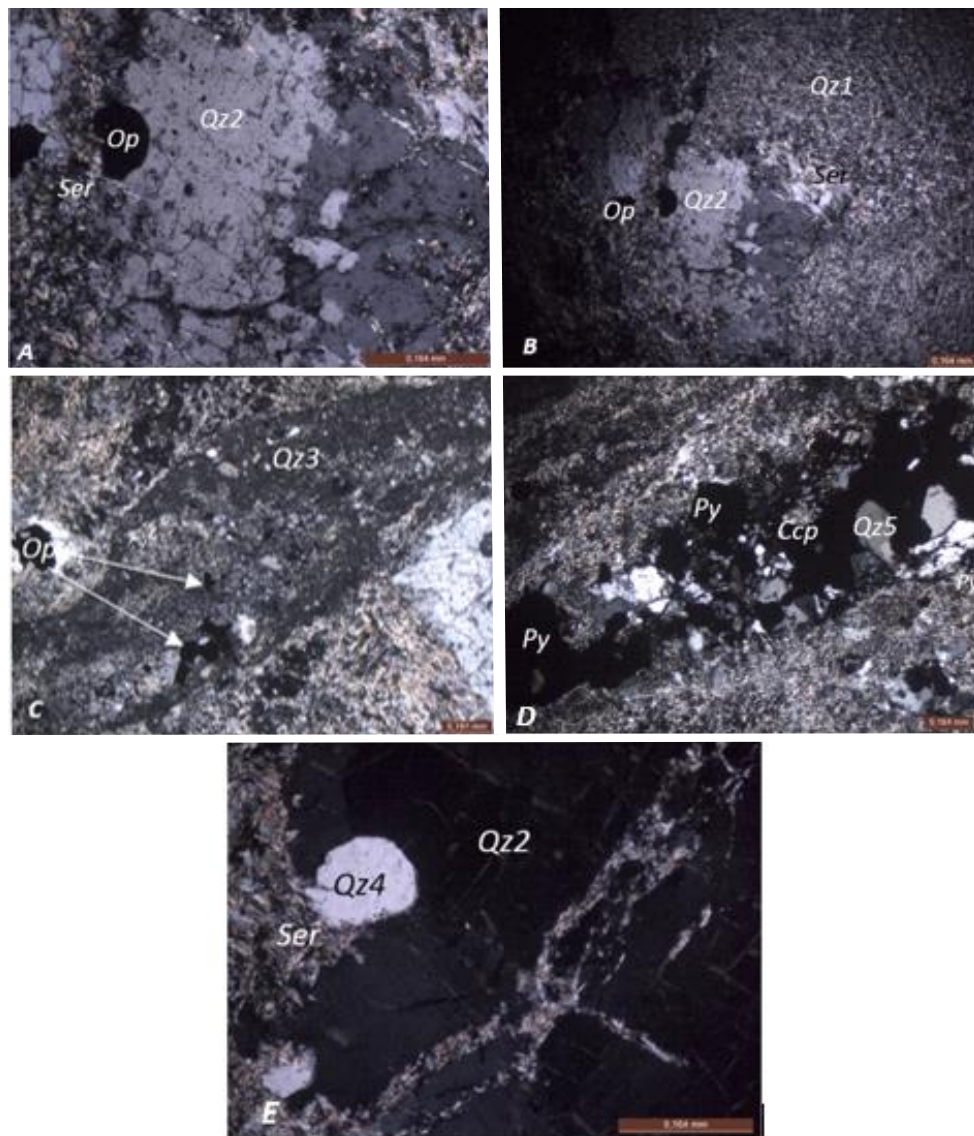


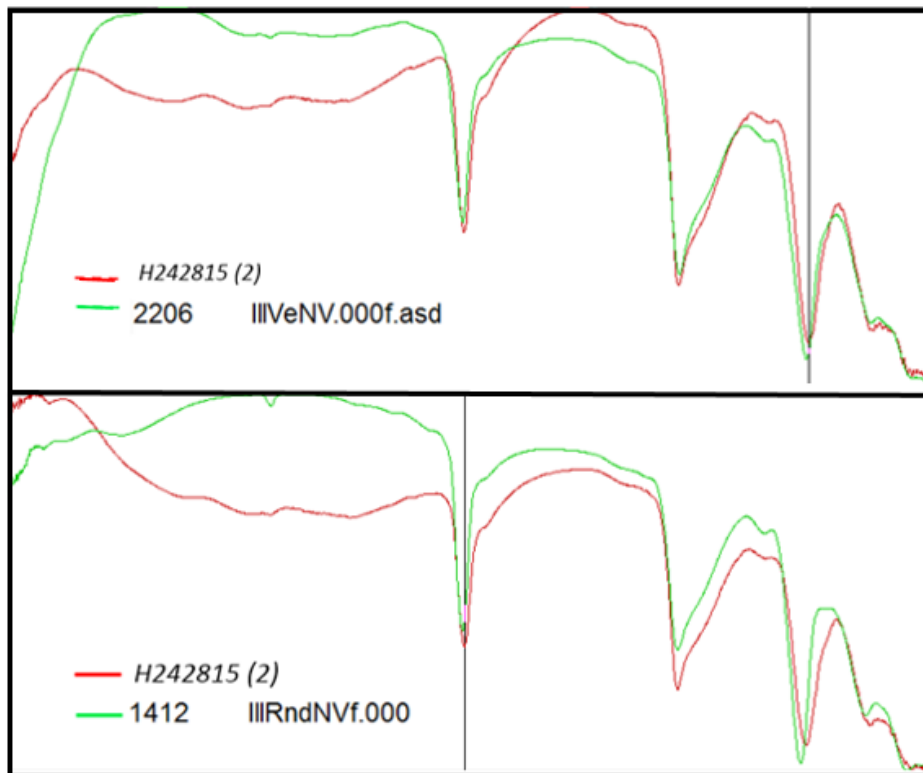
Figura 7. Fotografías de la mineralogía de la muestra H242815. A. Cuarzo metamórfico (Qz2) deformados y con inclusiones de minerales opacos (Op); Objetivo 10x. B. Matriz de cuarzo microcristalino (Qz1) junto con sericita (Ser), estos minerales corresponden a alteración de tipo Pórfido. Objetivo 4x; C. Se observa una vena de cuarzo microcristalino (Qz3) con algunos minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 4x. D. Vena de cuarzo tipo mosaico (Qz5) con bordes definidos. Objetivo 4x; E. Cristal redondeado de cuarzo ígneo (Qz4) con bordes de reacción. Objetivo 10x.



B. Muestra H242815(2): 145.5 - 145.6 m

Corresponde a una roca con tamaño de grano fino a medio, alteración moderada de tipo cuarzo – sericita y caolinita/illita (Anexo 4), con posible protolito de diorita. Su asociación mineralógica corresponde a cuarzo + sericita + caolinita + sulfuros. Mediante los espectros de Terraspec (Figura 8) resultantes es posible confirmar la presencia de illita/sericita en la muestra (Anexo 28).

Figura 8. Espectros obtenido de la muestra H242815 (2) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - sericita (patrones de Terraspec).



C. Muestra H242818: 151.5 – 151.55 m

Roca con textura brechada, de tamaño de grano fino a grueso y presencia de clastos, dicha roca corresponde a una brecha tectónica – hidrotermal (Anexo 5). Se encuentra fuertemente afectada por alteración de tipo hidrotermal de cuarzo - Sericita e illita/caolinita, la presencia de estos minerales lo confirman los espectros obtenidos mediante el análisis de Terraspec (Figura 9) (Anexo 29).

Hacia la parte central de la muestra se aprecia una banda, la cual presenta clastos heterolitológicos y una matriz detrítica con algo de cemento silíceo. Según los tamaños de grano corresponde a una meso-brecha, matriz-Soportada a Fragmento soportada. Corresponde a una brecha tectónica-Hidrotermal. Su asociación mineralógica corresponde a cuarzo + sericita + illita + caolinita + sulfuros (Figura 10) (Anexo 47).

Los clastos presentes en la sección se encuentran totalmente embebidos y alterados por sericita, y solo se conserva un poco la forma.

Figura 9. Espectros obtenido de la muestra H242818 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - sericita (patrones de Terraspec).

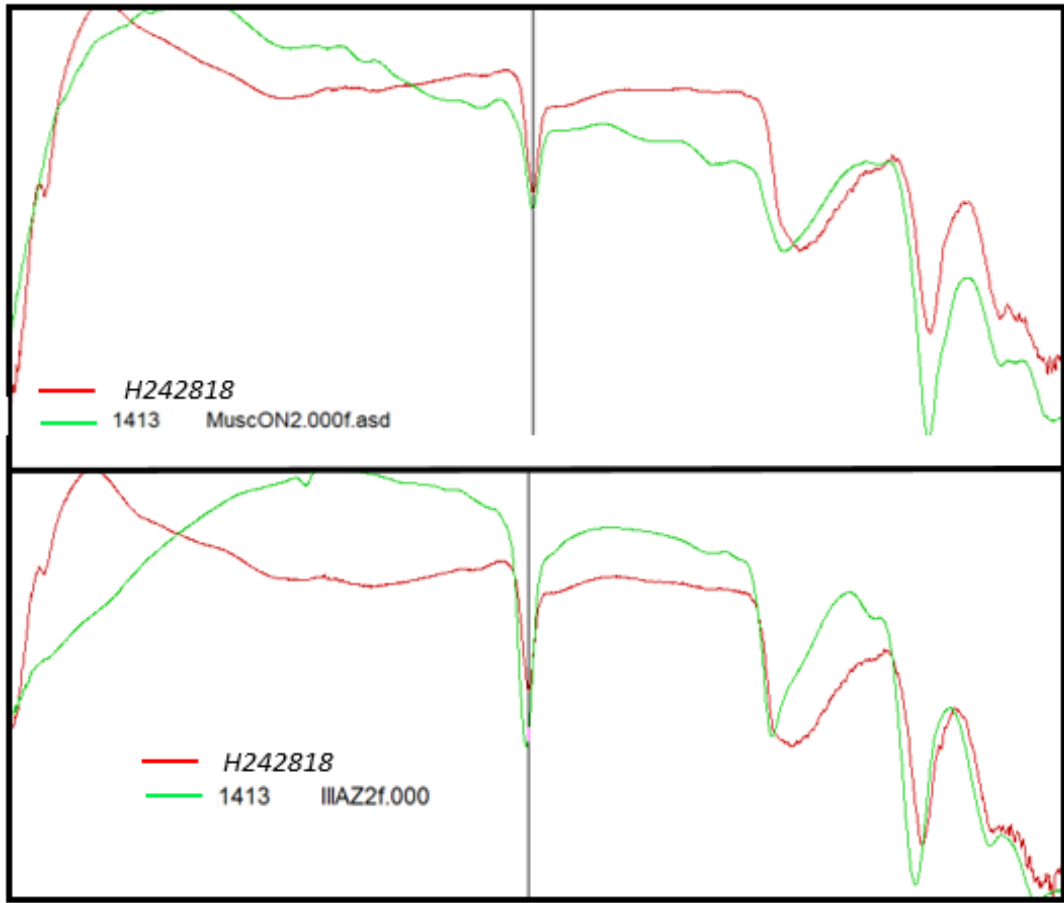
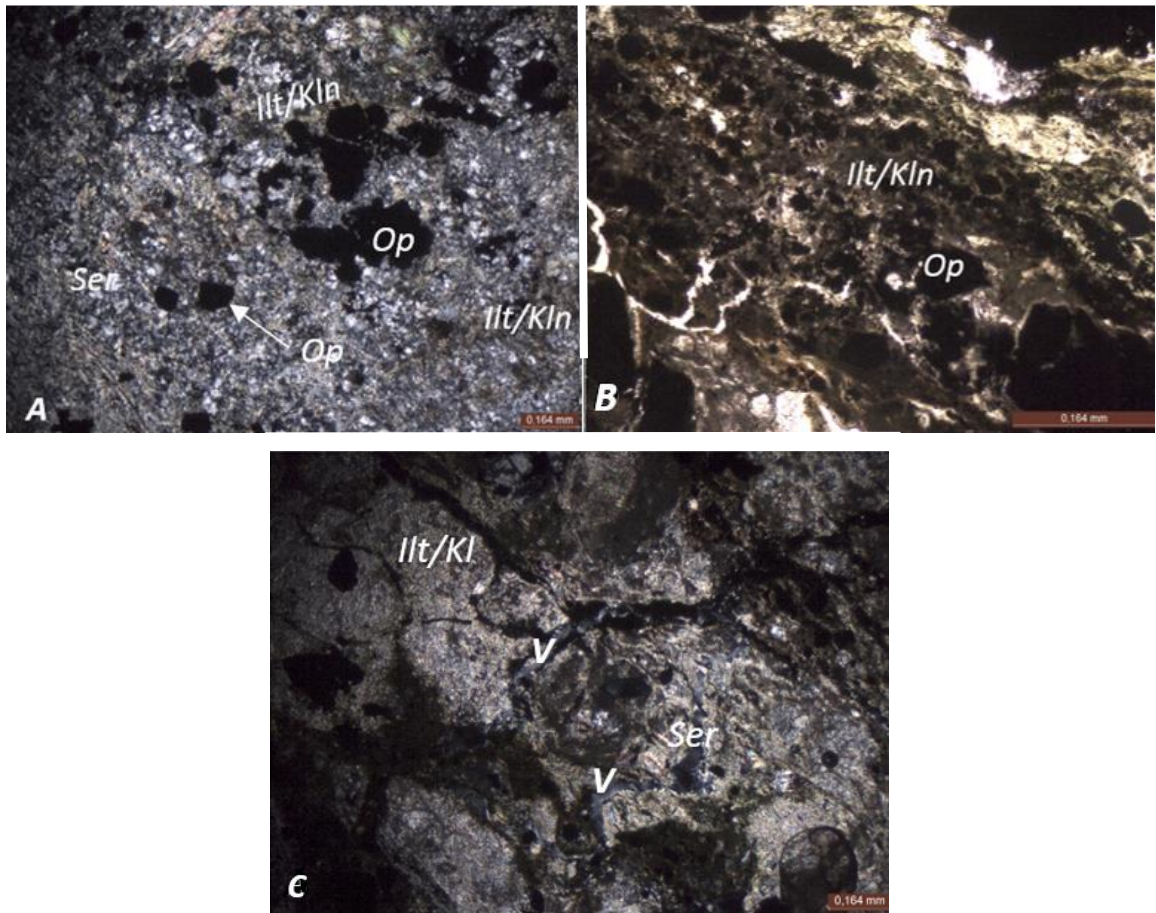


Figura 10. Fotografías de la mineralogía de la muestra H242818. A. Matriz fina de sericita (Ser) y en algunos sectores mayor alteración representada por illita/caolinita (Illt/Kln) y algunos minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 4x, B. Vena de illita/caolinita (Illt/Kln) con apariencia brechada y sulfuros (Op) diseminados. Objetivo 10x; C. Nicoles cruzados. Cristal afectado por alterado de sericita (Ser) y alteración de illita/caolinita (Illt/Kln).



D. Muestra H242836(1)-(2): 182.6 – 182.8 m

La profundidad exacta de la sección delgada realizada fue de 182.67 – 182.7m.

La muestra presenta color gris a café claro, tamaño de grano fino a medio, con posible protolito de diorita (Anexo 6) y, presenta moderada alteración de tipo cuarzo – sericita e illita/caolinita (Figura 11) (Anexo 30). El contenido de sílice en la roca es abundante, los sulfuros aparecen de manera diseminadas y se encuentra siendo afectada por hematización.

Microscópicamente se observa textura granolepidoblástica; es posible apreciar el reemplazamiento que están sufriendo los cristales de feldespato potásico (Fsp) a sericita (Ser). Se identificaron dos generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) (Figura 12C), el cual hace parte de la matriz fina junto con sericita; II) Cuarzos metamórficos (Qz2) (Figura 12A, B), bastante deformados y con inclusiones de sulfuros (Anexo 49, 49). La asociación mineralógica está representada por cuarzo + sericita + illita/caolinita (Figura 13D) + feldespatos + hematita (Figura 13A).

Figura 11. Espectros obtenido de la muestra H242836 (1) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - sericita (patrones de Terraspec).

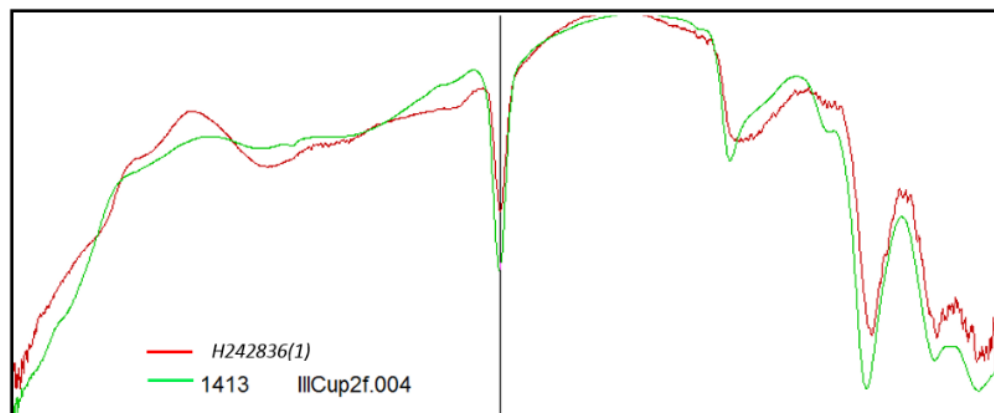


Figura 12. Minerales de la muestra H242836 (1) – (2). **A.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2), se observan diferentes subgranos de cuarzo y en la parte inferior izquierda una inclusión de un sulfuro. Objetivo 4x; **B.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2) empezando a ser reabsorbido/embebido por la matriz de cuarzo - sericita y hacia la parte superior alteración de illita/caolinita (Illt/Kln), junto a pequeñas inclusiones de opacos (Op). Objetivo 10x; **C.** Matriz cuarzosa (Qz1), y alteraciones de illita/sericita de tamaño de grano muy fino y colores cafés/violetas, e illita/caolinita (Illt/Kln). Objetivos 10x; **D.** Se observa la matriz de cuarzo microcristalino (Qz1), y la sericita fina que se está generando producto de la alteración de un cristal, también se logra apreciar la alteración de illita/caolinita que es la mancha de aspecto terroso color café y los cristales cúbicos que corresponden a pirita (Py). Objetivo 4x; **E.** Cristal de feldespato potásico (kfs) siendo reemplazado casi en su totalidad a sericita fina (Ser) y en la parte inferior derecha minerales opacos (Op). Objetivo 4x.

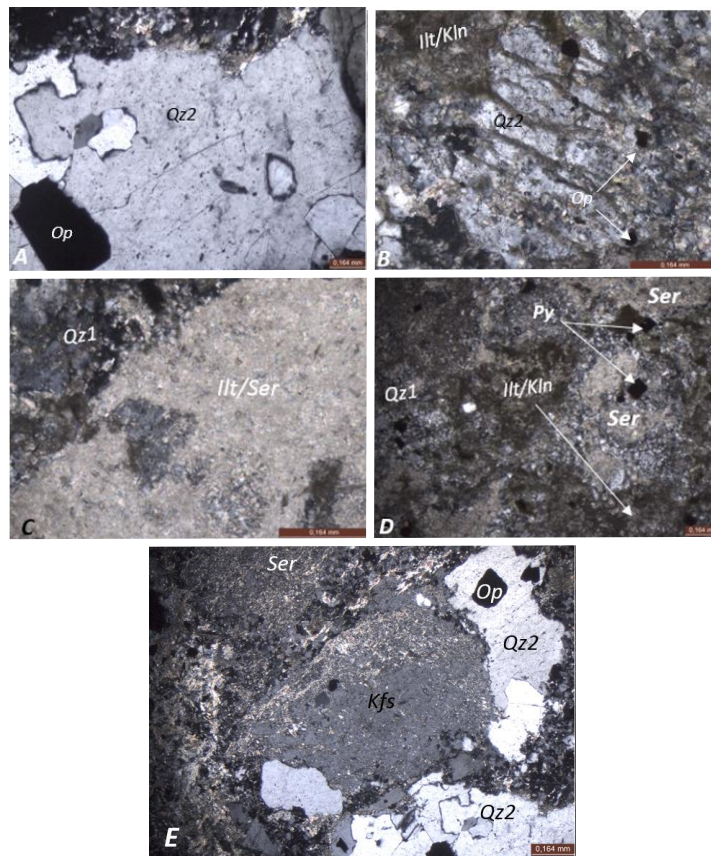
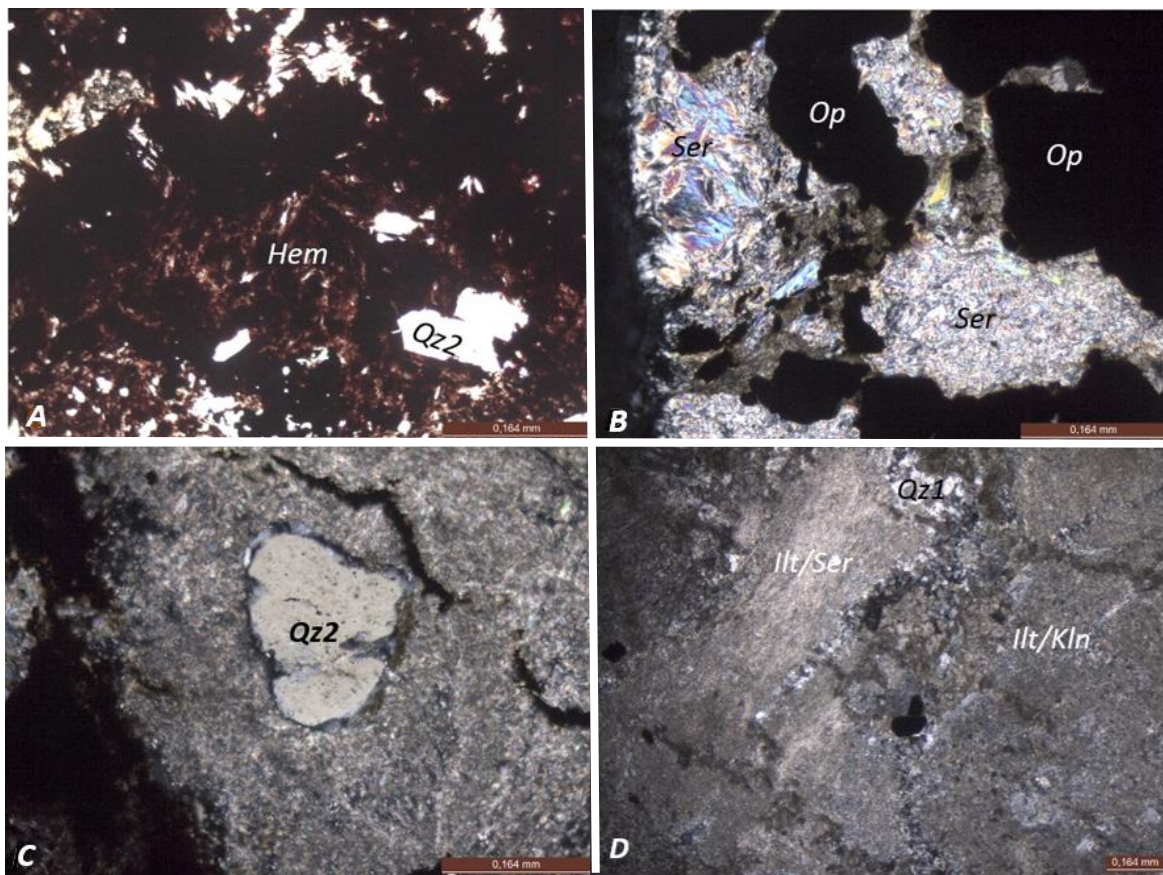


Figura 13. Minerales de la muestra H242836 (1) - (2). **A.** Cristales de hematita (Hem) con tonalidades rojizas junto a pequeños cristales de cuarzo metamórfico (Qz2). Objetivo 10x; **B.** Cristales de sericita (Ser) tabulares y terrosos finos junto con minerales opacos (Op) con hábito masivo. Objetivo 10x; **C.** Cristal de cuarzo metamórfico, con recrystalización hacia los bordes. Objetivo 10x; **D.** Se aprecia un cristal de feldespato siendo reemplazados por sericita (Ser) con bordes recrystalizados (Qz1), y hacia la parte derecha se aprecia alteración fina de illita/caolinita (Illt/Kln). Objetivo 4x.



E. Muestra H242838: 187.2 – 187.4m

Roca de tamaño de grano fino, con textura granoblástica con posible protolito de diorita (Anexo 7), presenta fuerte alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita e illita, la presencia de estos minerales es confirmada por los espectros resultantes del análisis de Terraspec (Figura 14) (Anexo 31).

Se identificaron tres generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) (Figura 15B), de tamaño de grano fino y textura granoblástica; II) Cuarzos metamórficos (Qz2) (Figura 15A), un poco deformados y con inclusiones de sulfuros y; III) Cuarzos ígneos (Qz3) (Figura 15C), los cuales tienden a ser redondeados y con bordes de reabsorción y recristalización. La epidota aparece como mineral accesorio (Anexo 50).

Figura 14. Espectros obtenido de la muestra H242838 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - moscovita (sericita) (patrones de Terraspec).

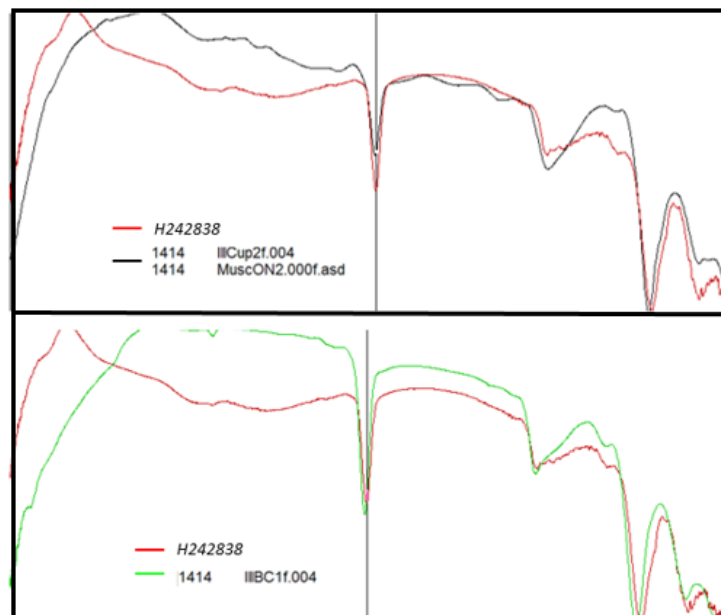
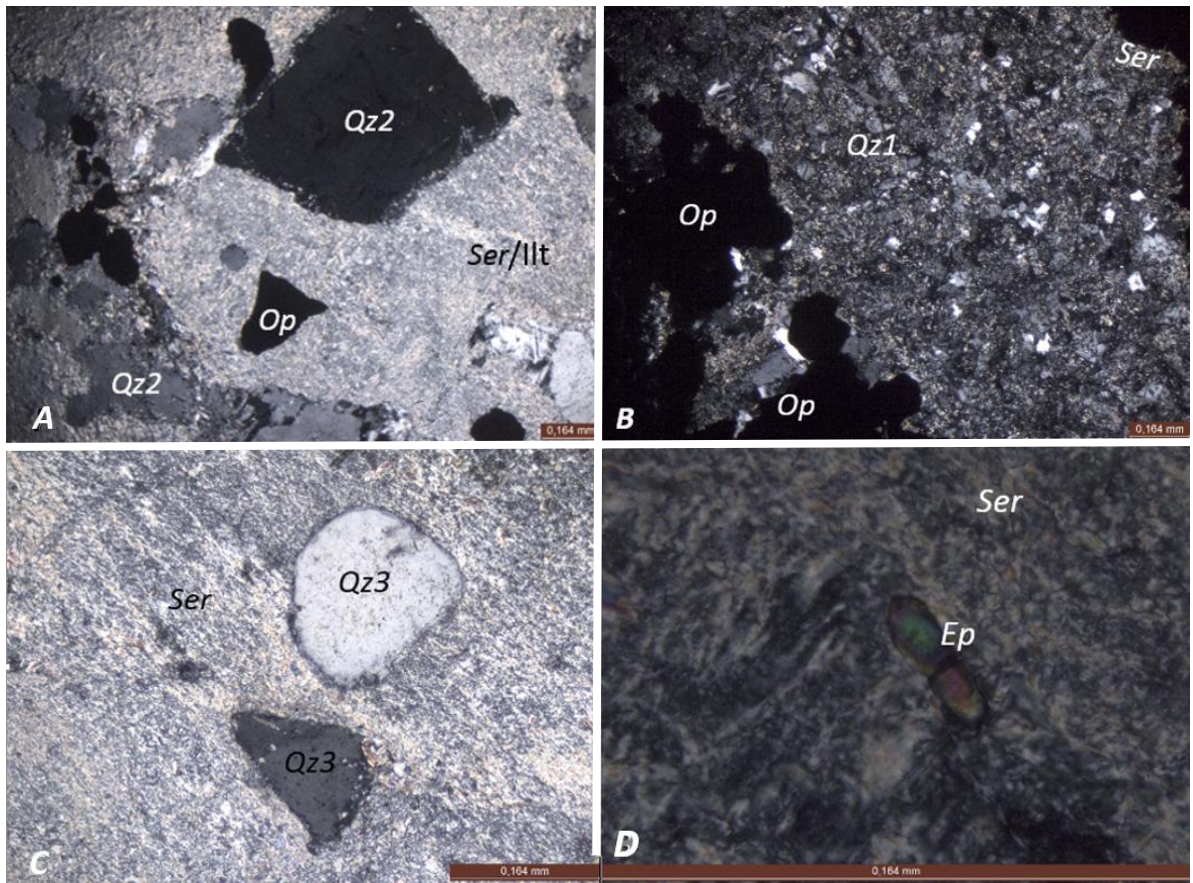


Figura 15. Minerales de la muestra H242838. **A.** Cristales de cuarzo metamórfico los cuales presentan bordes de reacción con la matriz fina de sericita/illita (Ser/Ilt) y algunos minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 4x; **B.** Matriz fina de cuarzo microcristalino (Qz1) y sericita en menor proporción, junto a algunos cristales de minerales opacos (Op). Objetivo 4x; **C.** Cuarzos ígneos (Qz3) con textura de reemplazamiento. Objetivo 10x; **D.** Cristal alargado de epidota (Ep) con colores de birrefringencia altos en una matriz de sericita (Ser).objetivo 100x.



F. Muestra H242841: 192.6 – 192.75m

La roca presenta tamaño de grano mediano, se encuentra fuertemente afectada por alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita y en algunos sectores esta alteración tiende a ser más fuerte y se encuentra representada por caolinita (Figura 16) (Anexo 32). Esta muestra corresponde a una brecha mineralizada de tipo hidrotermal, puesto que el flujo mineralizante presenta cierta dirección.

La brecha se clasificó como brecha de desagregación de tipo hidrotermal, las cuales presentan clasto sub-redondeados a sub angulares, se consideraron heterolitologicas y según el tamaño de sus fragmentos se clasifico en una micro-brecha (Anexo 8).

Se identificaron dos generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) amorfo, el cual conforma la matriz de la roca caja (Figura 17B); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), el cual presenta abundante deformación y bordes de reacción con la matriz de la roca caja. Mineralógicamente la roca está conformada por cuarzo + sericita + caolinita + malaquita + goethita + sulfuros (Figura 17A, B) (Anexo 51).

Figura 16. Espectros obtenido de la muestra H242838 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - moscovita (sericita) (patrones de Terraspec).

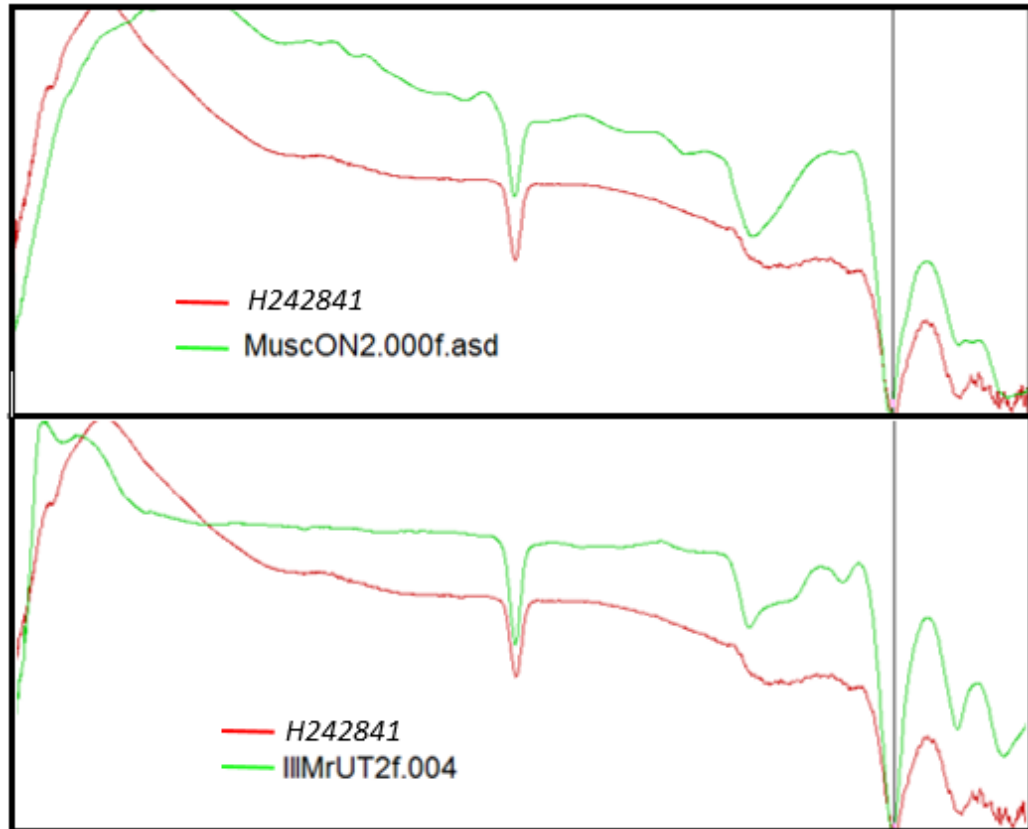
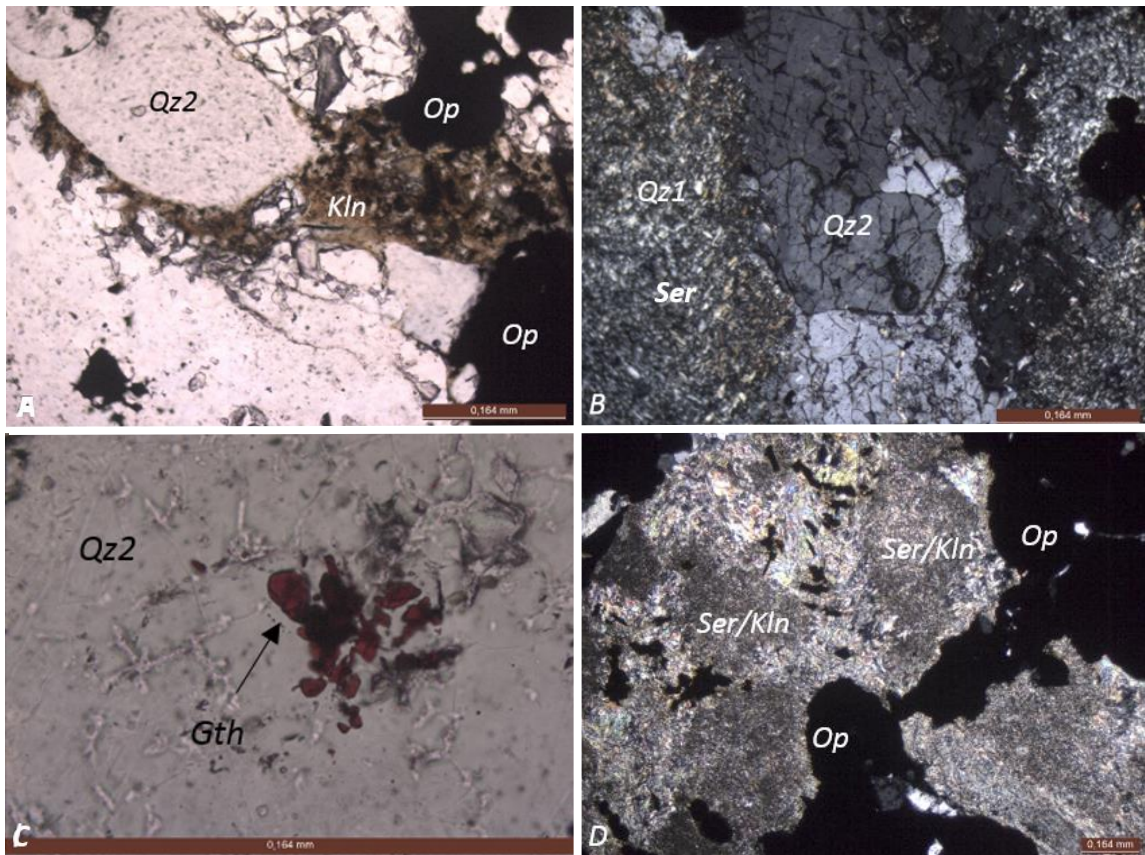


Figura 17. Minerales de la muestra H242841. **A.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2) rodeado de caolinita (Kln), que corresponde al mineral terroso de color café. Objetivo 10x; **B.** Cristales de cuarzo metamórfico (Qz2) altamente deformados y fracturados dentro de una matriz cuarzo sericitica. Objetivo 10x; **C.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2) con inclusiones de goethita (Gth) de colores rojizos. Objetivo 100x; **D.** Matriz con alteración terrosa de color café y altos de segundo orden que corresponde a sericita/caolinita (Ser/Kln). Objetivo 4x.



G. Muestra H242885: 268.8 – 269.05m

La roca presenta tamaño de grano fino, textura granolepidoblástica, abundante contenido de sílice y alteración hidrotermal de tipo de cuarzo - sericita e illita, siendo esto confirmado por los espectros resultantes del análisis de Terraspec (Figura 18) (Anexo 33), con posible protolito de diorita (Anexo 9).

Se identificaron 4 generaciones de Cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), el cual conforma la matriz de la roca caja (Figura 19A); II) Cuarzos metamórficos (Qz2) con algunos bordes de recristalización (Figura 19A, D); III) Cuarzos ígneos (Qz3) redondeados con bordes recristalizados y sin deformación (Figura 19C) y; IV) Vetillas y venas de cuarzo microcristalino (Qz4) con contenido de sulfuros (pirita + calcopirita) diseminados (Figura 19E) (Anexo 52).

Figura 18. Espectros obtenido de la muestra H242885 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita - moscovita (sericita) (patrones de Terraspec).

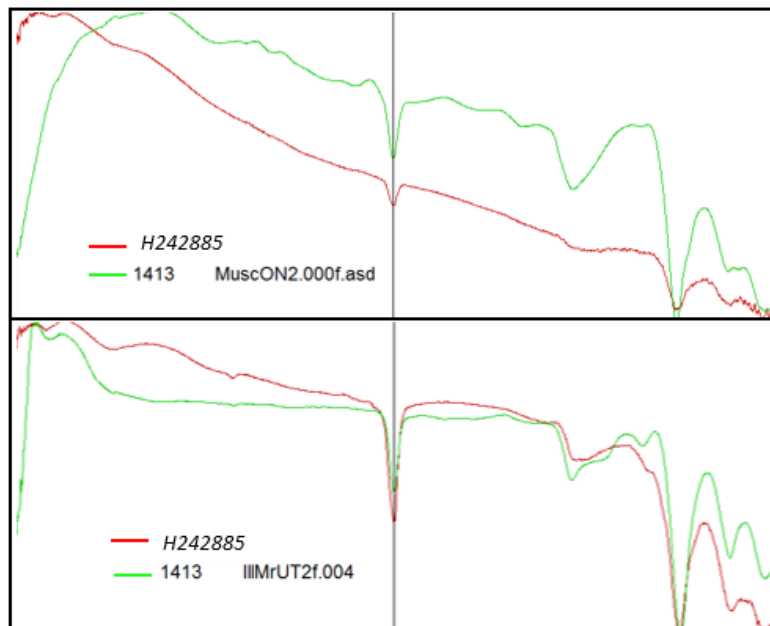
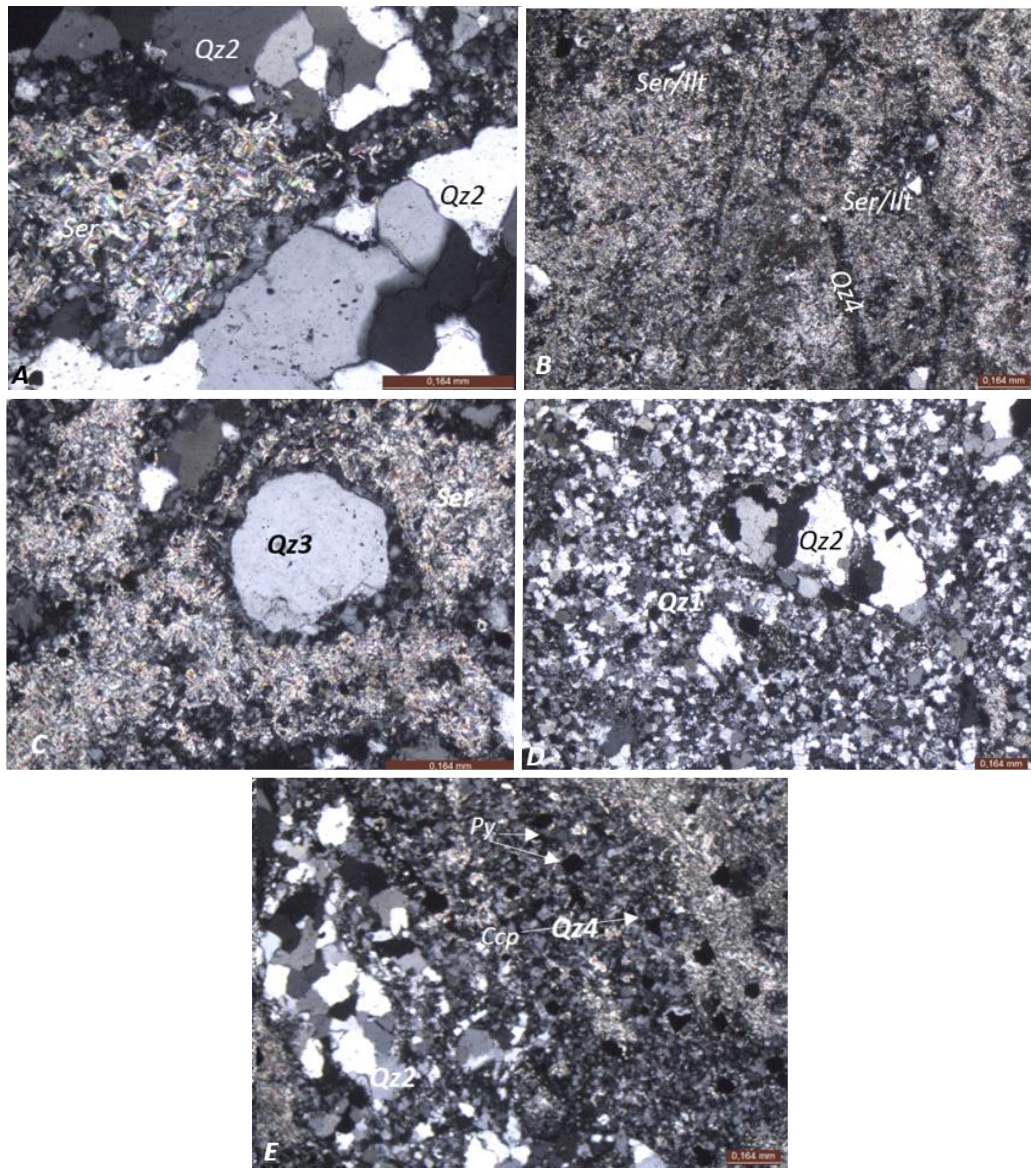


Figura 19. Minerales de la muestra H242885. **A.** Cristales anhedrales de cuarzo metamórfico (Qz2) en una matriz de cuarzo microcristalino (Qz1) y sericita (Ser) tabular/ojosa. Objetivo 10x; **B.** Alteración de sericita/illita (Ser/Ilt) de color café. Objetivo 4x; **C.** En el centro de la fotografía se observa un cristal redondeado de cuarzo ígneo (Qz3) el cual presenta bordes recrystalizados, dentro de una matriz de cuarzo - sericita. Objetivo 10x; **DyE.** Vetillas de cuarzo microcristalino (Qz4) con contenidos diseminados de sulfuros (pirita-Py y calcopirita-Ccp). Objetivo 4x.



H. Muestra H242887: 271.6 – 271.7m

Muestra de una brecha tectónica - hidrotermal, con tamaño de grano fino a grueso y textura granolepidoblástica, presenta alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita. Corresponde a una brecha polimineral con matriz de sulfuros y cuarzo, con cemento silíceo, presenta cristales de feldespato alterados, junto con xenolitos principalmente de cuarzo y feldespatos. Se observan cristales de feldespatos totalmente reemplazados por sericita, al igual que cristales de microclina; solo conservan la forma y en algunos sectores la alteración es más intensa, siendo esto representado con la presencia de illita/caolinita (Anexo 10, 11).

Se lograron distinguir dos tipos de sericita: I) Sericita de la roca caja, la cual tiene a ser fina y; II) Sericita como resultado de alteración de feldespatos y microclina, las cuales tienen a ser tabulares/ojosas con colores de interferencia altos de segundo orden. La presencia de sericita e illita/caolinita es confirmada por los gráficos obtenidos del análisis de Terraspec (Figura 20) (Anexo 34).

Se identificaron 4 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), el cual hace parte de la matriz de la roca caja (Figura 21A); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), bastante deformados (Figura 21B); III) Vetillas de cuarzo tipo mosaico (Figura 21D) y; IV) Vetillas de cuarzo microcristalino con presencia de sulfuros diseminados (Figura 21D) (Anexo 53).

Figura 20. Espectros obtenido de la muestra H242887 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita (sericita) y caolinita (patrones de Terraspec).

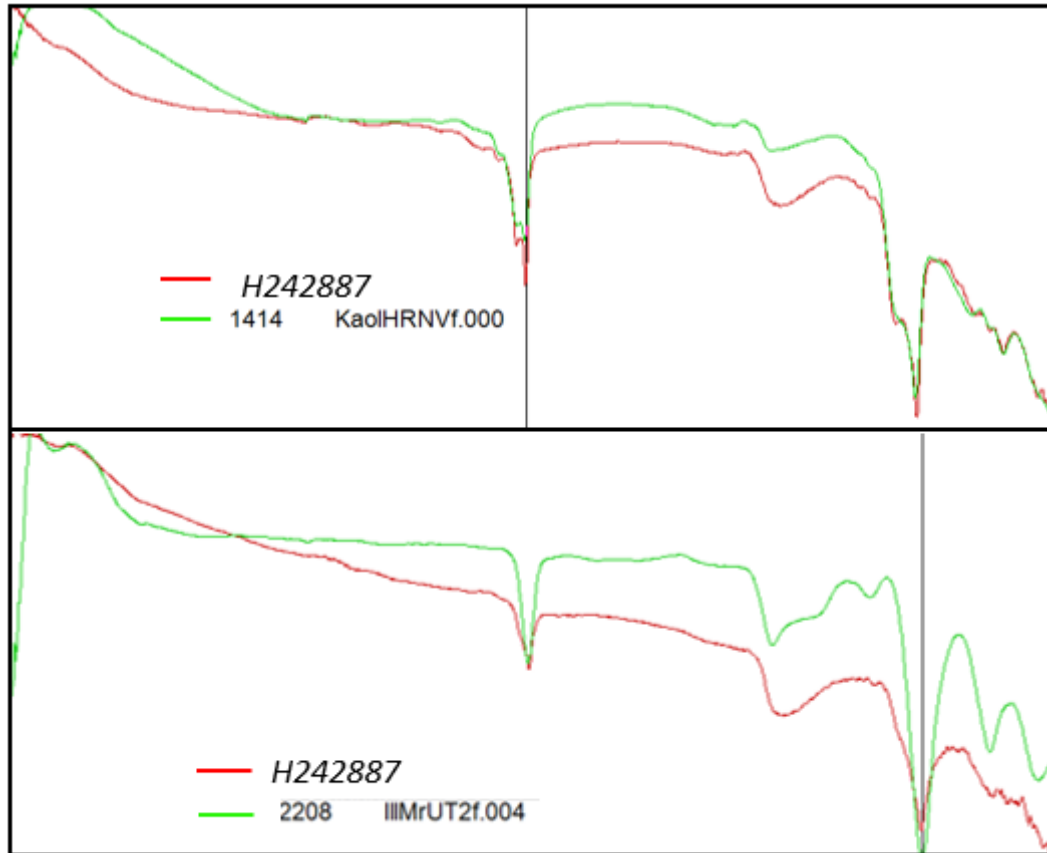
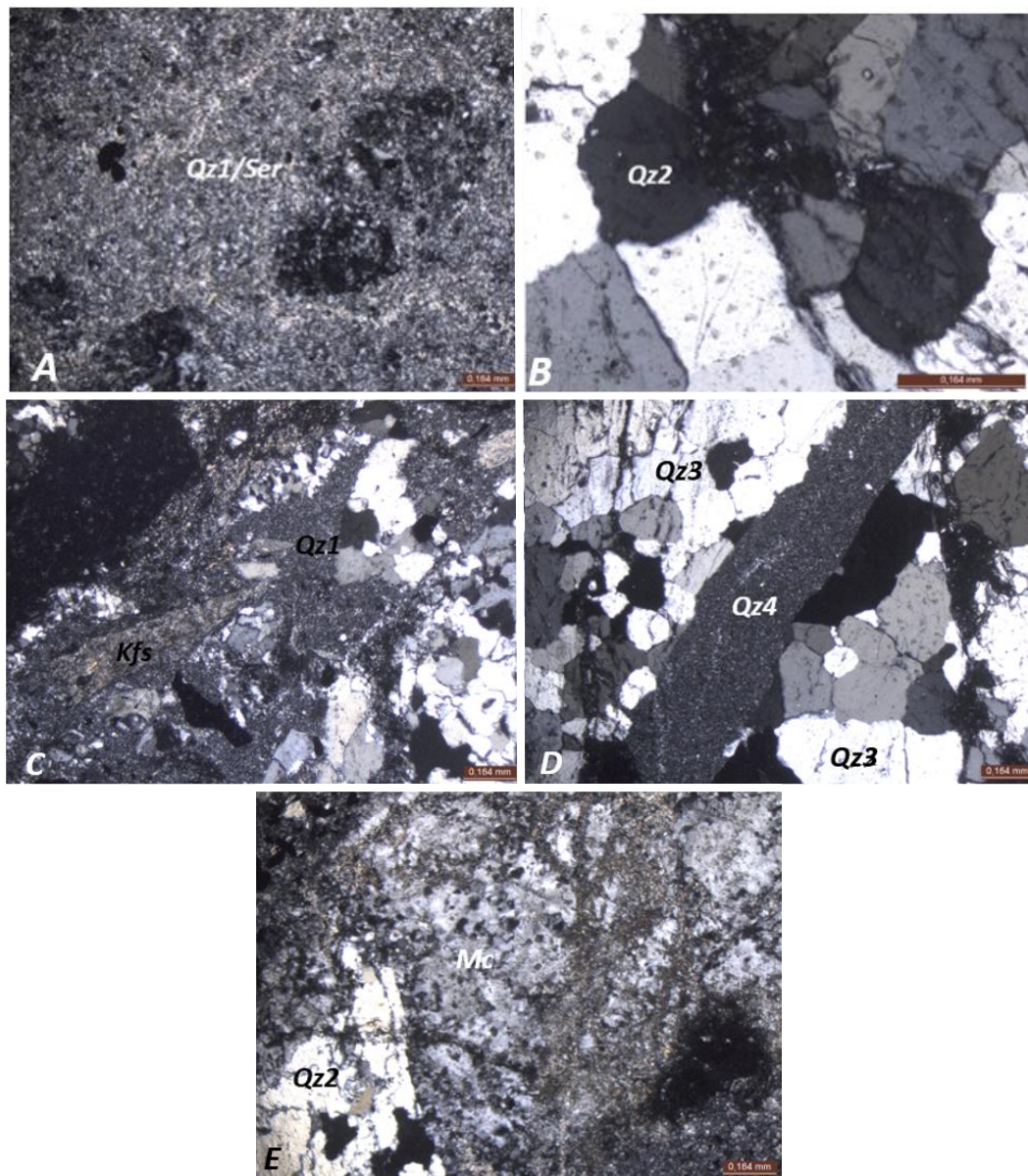


Figura 21. Minerales de la muestra H242887. **A.** Matriz de cuarzo - sericita (Qz1/Ser), de tamaño de grano fino. Objetivos 4x; **B.** Cristales de cuarzo metamórfico (Qz2) deformados. Objetivos 10x; **C.** Cristales de feldespato (Kfs) alterados totalmente a sericita (Ser) y cuarzo microcristalino (Qz1). Objetivo 4x; **D.** Cristales de cuarzo tipo mosaico (Qz3) atravesados por una vetilla de cuarzo microcristalino (Qz4) con sulfuros diseminados. Objetivos 4x; **E.** Cristales de microclina (Mc) a illita/caolinita (Illt/Kln). Objetivo 4x.



I. Muestra H242889: 275.35 – 275.55m

Roca con tamaños de grano fino a grueso, textura granolepidoblástica, con posible protolito de diorita (Anexo 2). Presencia de alteración hidrotermal tipo cuarzo - sericita, cuarzo - alunita y alteración de illita/caolinita (Figura 22) (Anexo 35). También se observaron cristales de moscovita y alunita en pequeñas proporciones.

Se identificaron 4 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino, el cual conforma la matriz de la roca caja (Figura 23C); II) Cuarzo metamórficos, con algunos contenidos de sulfuros y deformación, en algunos casos se observan bordes de reacción (Figura 23C); III) Vetillas de cuarzo microcristalino y; IV) Vetillas de cuarzo tipo mosaico, las cuales tienden a presentar paredes bien definidas (Anexo 54).

Figura 22. Espectros obtenido de la muestra H242887 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita (sericita) (patrones de Terraspec).

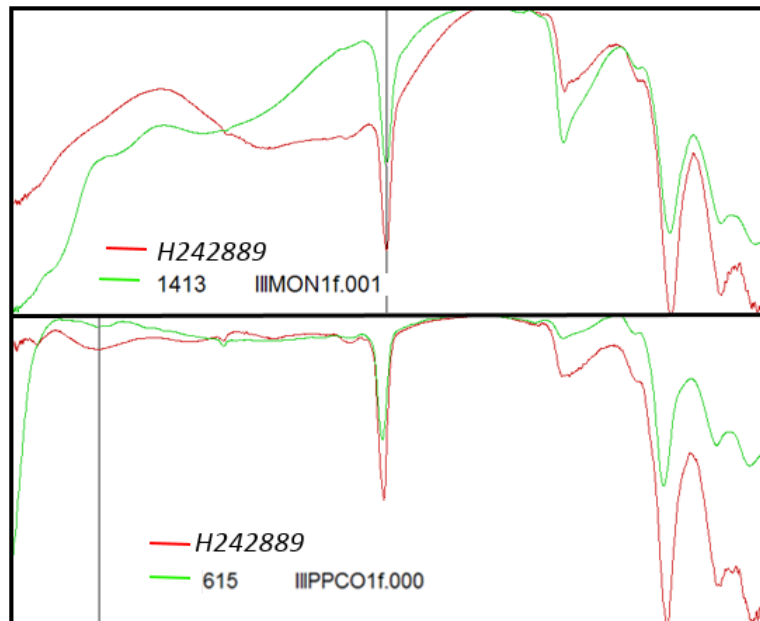
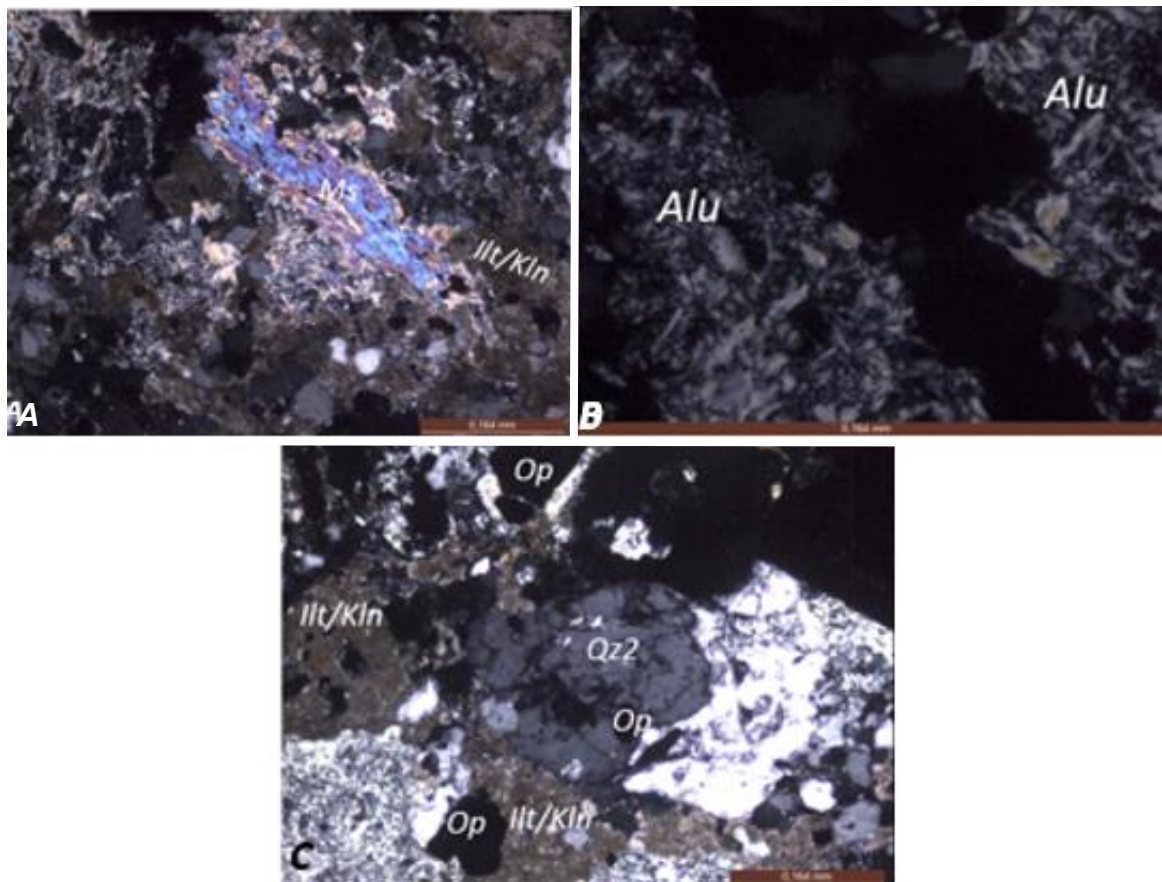


Figura 23. Minerales de la muestra 242889. **A.** Cristales de moscovita (Ms) con altos colores de birrefringencia junto a alteración de illita/caolinita (Illt/Kln), sericita (Ser) y algunos minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 10x; **B.** Cristales tabulares blanquecinos de alunita (Alu) y vetilla de cuarzo tipo mosaico. Objetivo 40x; **C.** Cristales anhedrales de cuarzo metamórfico (Qz2) en una matriz con predominio de cuarzo microcristalino (Qz1) y sericita (Ser), también se observa otro tipo de alteración, la cual corresponde a illita/caolinita (Illt/Kln) y algunos minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 10x.



J. Muestra H242892: 278 – 278.15m

Roca con tamaños de grano fino a mediano, textura granolepidoblástica, con posible protolito de diorita (Anexo 13). El contenido de sílice es bastante alto, presenta alteración de tipo hidrotermal cuarzo - sericita (Figura 24) (Anexo 36). Los minerales identificados fueron sericita de alteración de la roca caja, cuarzo de diferentes tipos, microclina sufriendo alteración y sulfuros.

Se identificaron 4 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), el cual conforma la matriz de la roca caja (Figura 25A); II) Cuarzos metamórficos (Qz2), con presencia de abundante deformación en los cristales (Figura 25A, B, C y D); III) Vetillas de cuarzo tipo mosaico (Qz3) con sutura de piritita y; IV) Vetillas de cuarzo microcristalino con sulfuros diseminados (Qz4) (Anexo 55).

Figura 24. Espectros obtenido de la muestra H242892 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita (sericita) (patrones de Terraspec).

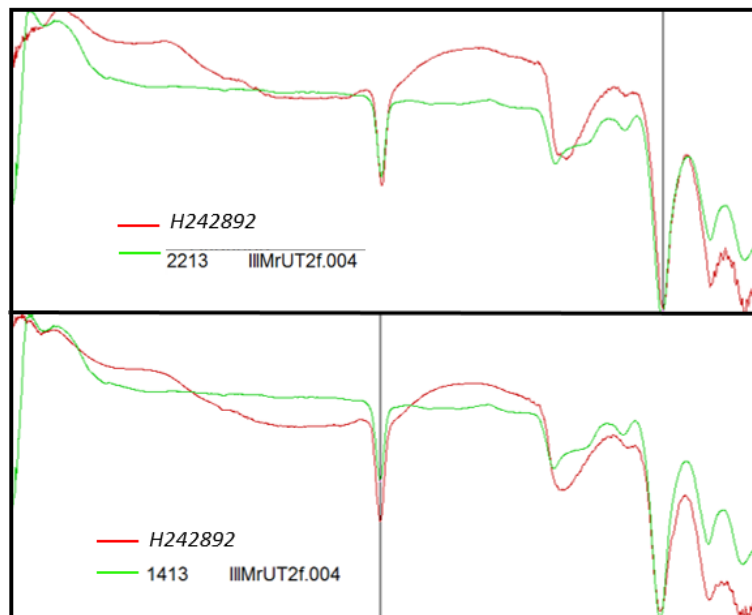
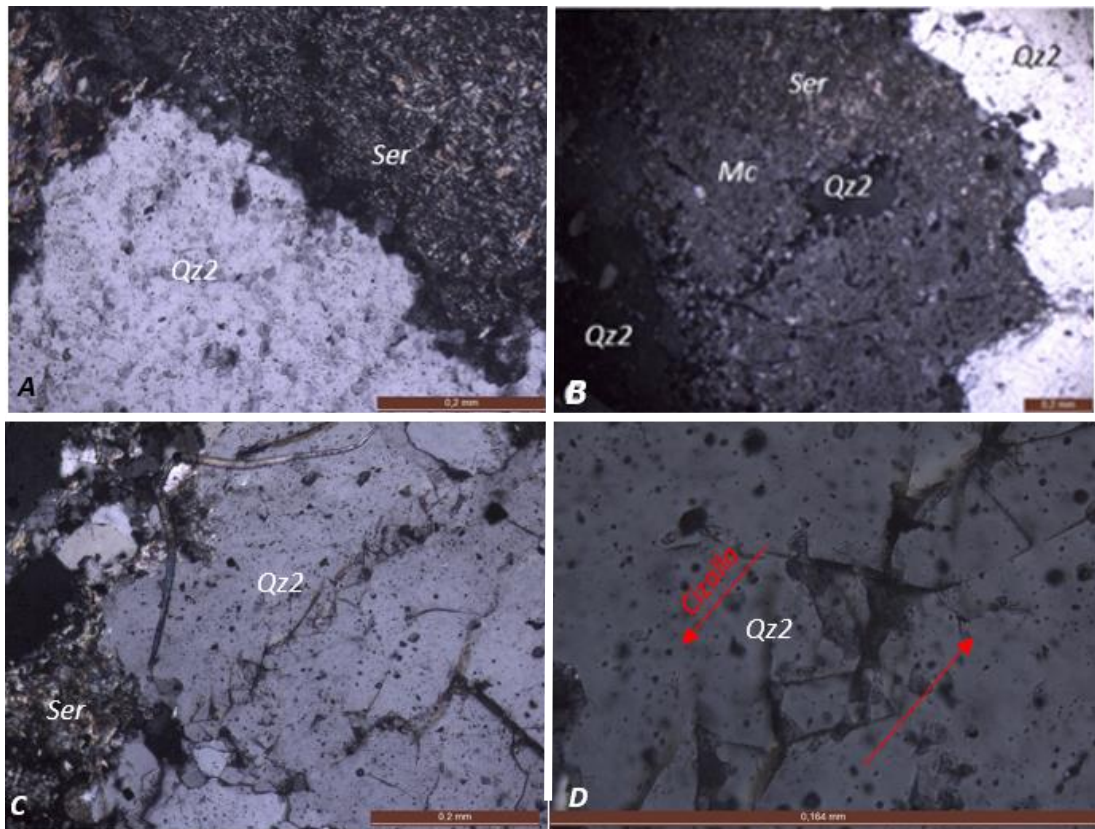
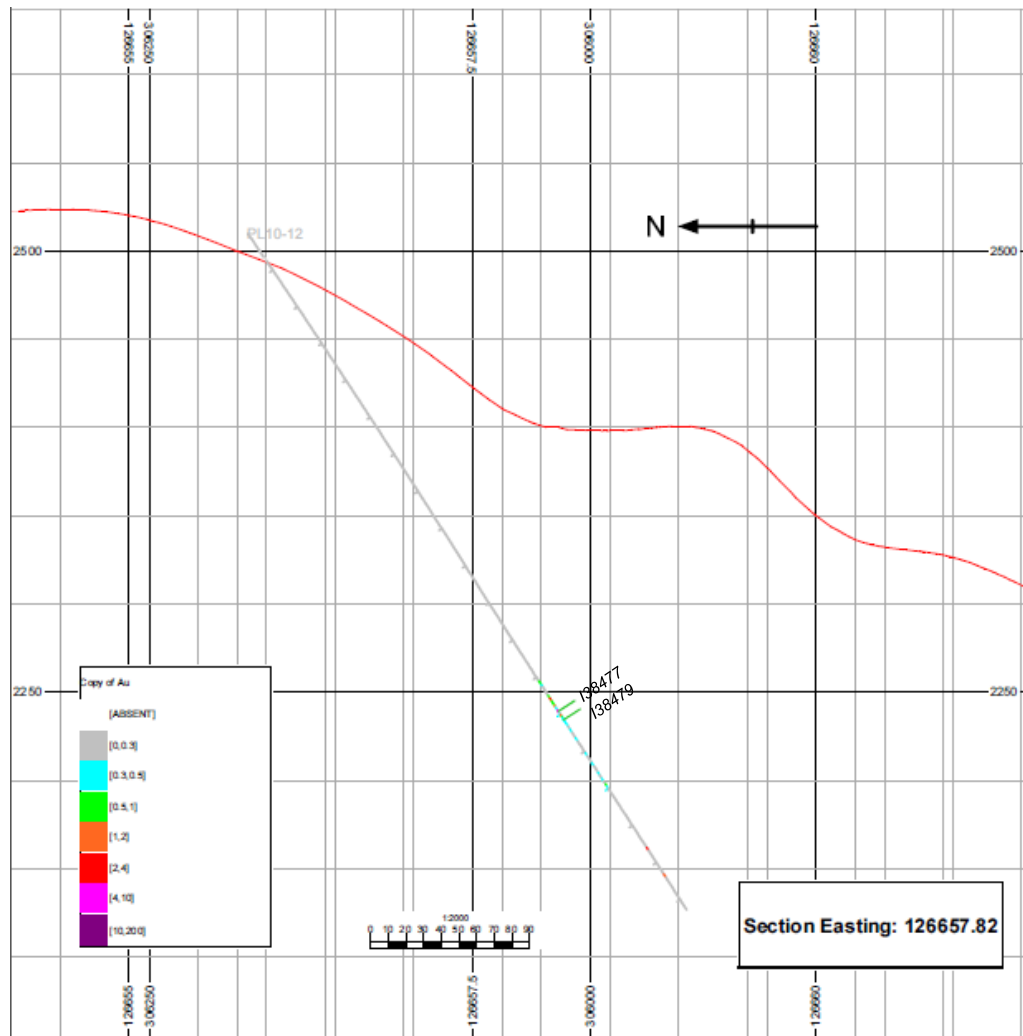


Figura 25. Minerales de la muestra H242892. **A.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2) con bordes recrystalizados y fracturado, embebidos en una matriz de cuarzo - sericita (Qz1/Ser). Objetivos 10x; **B.** Cristal de microclina (Mc) sufriendo alteración y pequeñas vetillas de cuarzo microcristalino (Qz3). Objetivo 4x; **CyD.** Cristal de cuarzo metamórfico altamente deformado, en la fotografía se observa un cristal de cuarzo con evidencia de cizallamiento y su dirección, y como se fracturo el cristal y se movieron los fragmentos (dislocaciones). Objetivo 10x y 100x.



8.1.2. Pozo PL-10-12: Este pozo se encuentra localizado en las coordenadas planas X: 1126657,24, Y: 1306194,05 y Z: 2509,735, y se perforó con un azimut de 180 e inclinación de -55° , hasta una profundidad de 456,9 m (Figura 26).

Figura 26. Sección del pozo PL-10-12 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.

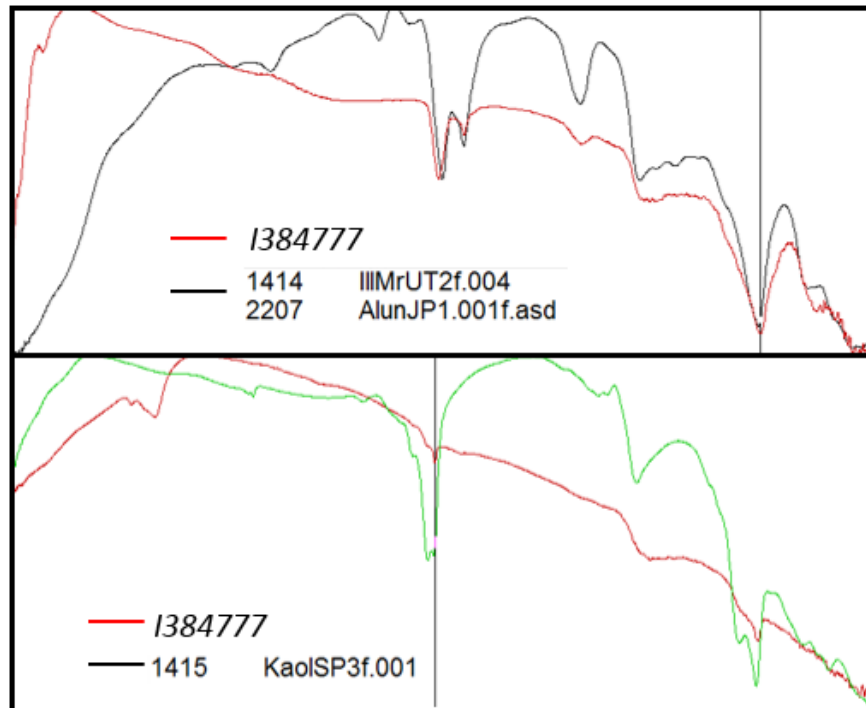


Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

A. Muestra I384777: 319,2-319,3 m

Brecha hidrotermal con tamaño de grano fino, abundancia de cuarzo, la cual presenta venas con de alunita y otras de cuarzo con direcciones de flujo; se encuentra siendo afectada por alteración hidrotermal de tipo cuarzo + sericita, cuarzo - alunita y en algunos sectores es más fuerte representada por caolinita, esto se puede ratificar por los espectros de Terraspec obtenidos (Figura 27) (Anexo 37). En algunos sectores se observan clastos mayores de cuarzo y sulfuros. También se encuentra siendo afectada por un evento final de silicificación. La muestra corresponde a una brecha de tipo hidrotermal y mineralógicamente está compuesto por cuarzo + sericita + alunita + caolinita (Anexo 14).

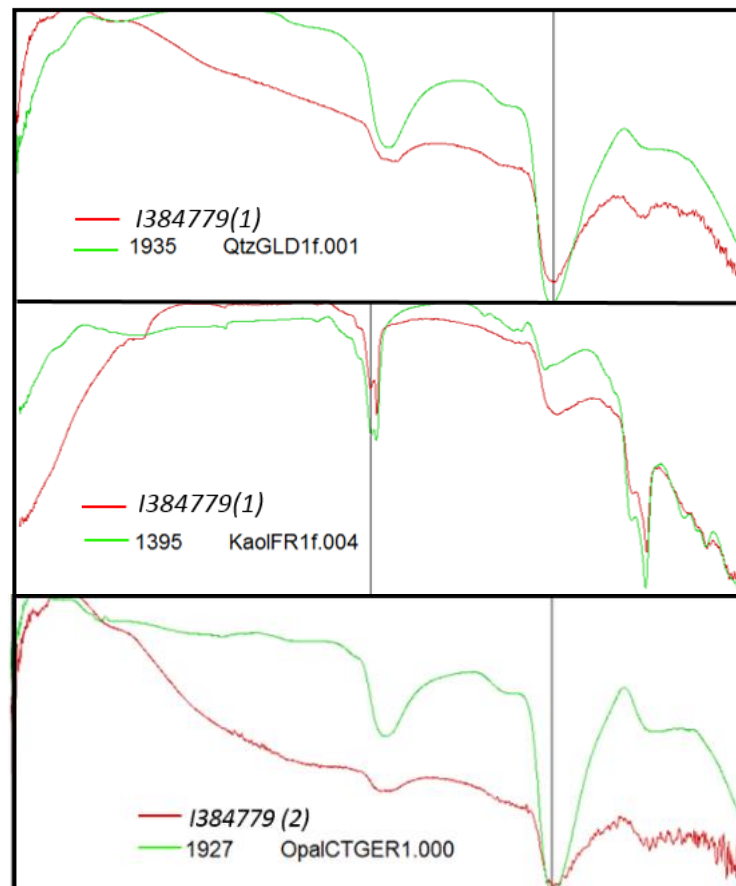
Figura 27. Espectros obtenido de la muestra I384777 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva negra corresponde a el espectro de la illita/alunita y en el otro espectro la curva verde corresponde a caolinita (sericita) (patrones de Terraspec).



B. Muestra I384779 (1)-(2): 322.8 - 323m

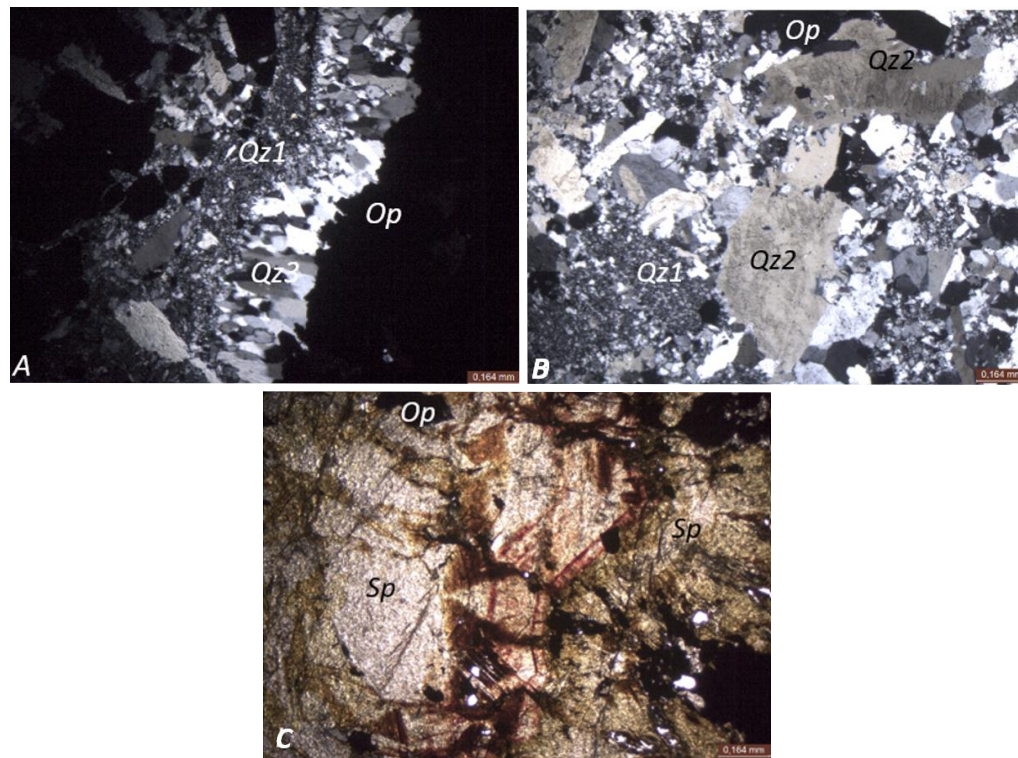
Brecha hidrotermal con abundancia de sílice, presentan bandas, closters y diseminaciones de sulfuros, en algunos sectores el cuarzo aparece como pequeñas drusas (Anexo 15,16). La presencia de cuarzo se confirma mediante los espectros obtenidos por el análisis de Terraspec (Figura 28) (Anexo 38). La roca se encuentra siendo afectada en poca proporción por alteración de tipo caolinita y cuarzo - sericita. La muestra corresponde a una brecha fluiditizada.

Figura 28. Espectros obtenido de la muestra I384779 (1)-(2) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro del cuarzo y en el otro espectro la curva verde corresponde a caolinita (sericita) (patrones de Terraspec).



En la muestra I384779 (2) se identificaron 4 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) de tamaño de grano fino, el cual corresponde a la matriz de la roca caja (Figura 29A); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), los cuales presentan bordes de reacción y formas anhedrales (Figura 29B); III) Vetillas de cuarzo en peine, las cuales tiene sutura de sulfuros (Py) (Figura 29A) y; IV) Vetillas de cuarzo microcristalino (Qz4) con sulfuros diseminados, estas se encuentran cortando cristales de cuarzo metamórfico (Anexo 56).

Figura 29. Minerales de la muestra I38479. **A.** Cuarzo cristalino (Qz1) de la matriz con textura granoblástica, vena de cuarzo con textura en peine (Qz3) y minerales opacos (Op) con textura masiva. Objetivo 4x; **B.** Cristales de cuarzo metamórfico (Qz2) con bordes de absorción dentro de una matriz cuarzosa. Objetivo 14x; **C.** Cristal café rojizo de esfalerita (Sp) y minerales opacos (Op) incluidos en él. Objetivo 4x.



C. Muestra I384785 (1) – (2): 328.5 – 328.65m

Roca con tamaño de grano fino a medio, posible protolito de diorita, con abundantes venas de cuarzo, las cuales conforman un stockwork silíceo (Anexo 17). Presenta textura oquedosa, especialmente en aquellas zonas donde predomina la alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita (Qz-Ser) (Figura 30) (Anexo 39). En algunos sectores se observan xenolitos de cuarzo; dicha roca presenta matriz cuarzo - sericitica y en menor porcentaje alunita (alteración hidrotermal), también presenta de manera diseminada contenidos de sulfuro y como mineral accesorio aparece la epidota.

Se lograron identificar 5 generaciones de cuarzo: I) cuarzo microcristalino (Qz1) el cual conforma la matriz de la roca caja junto con sericita en menor proporción (Figura 31,D); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), con bordes de reacción y algunas inclusiones de la matriz en los cristales (Figura 31B,C); III) Vetilla de cuarzo tipo en peine con sulfuros de manera brechada; IV) Vetilla irregular masiva de cuarzo tipo mosaico (Figura 31D); V) Vetilla de cuarzo microcristalino, la cual hace parte de los eventos finales encontrados en la roca (Anexo 57, 58).

Figura 30. Espectros obtenidos de la muestra I384785 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde que corresponde a el espectro de la alunita, y en el otro espectro la curva negra corresponde a illita (sericita) - alunita (patrones de Terraspec).

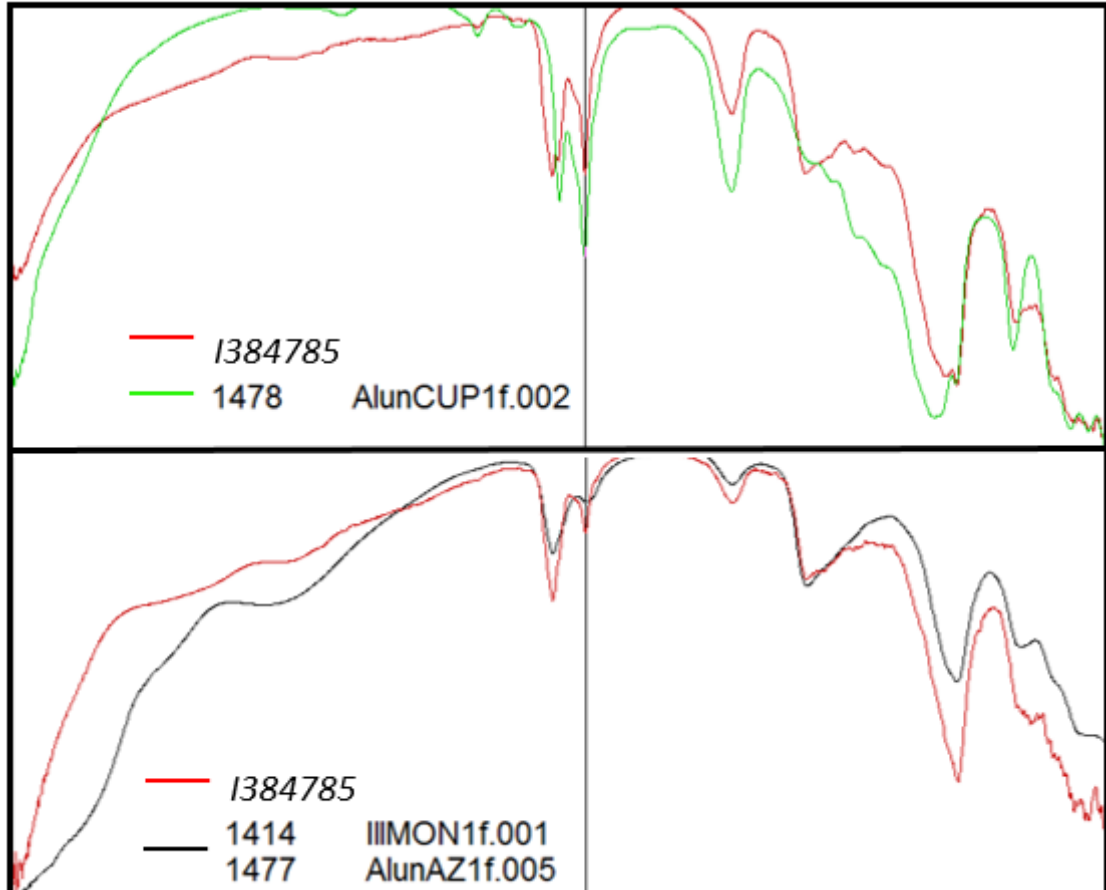
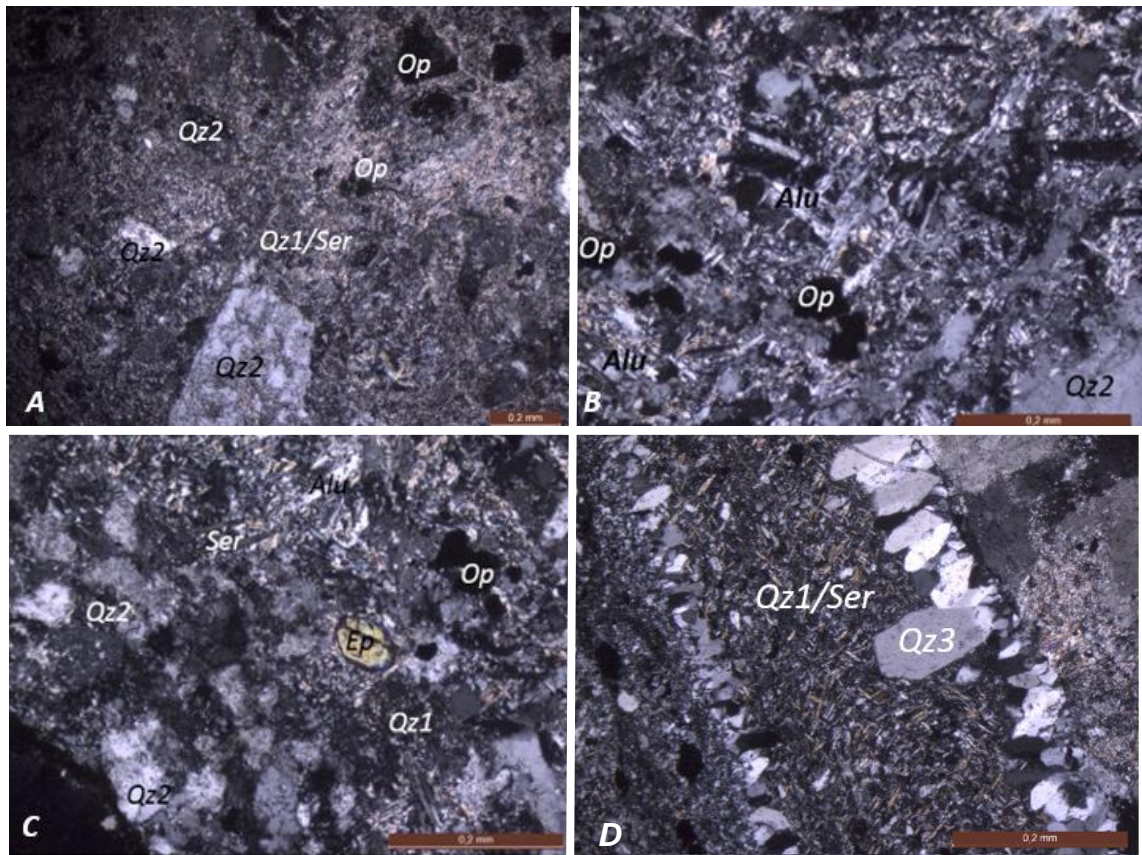
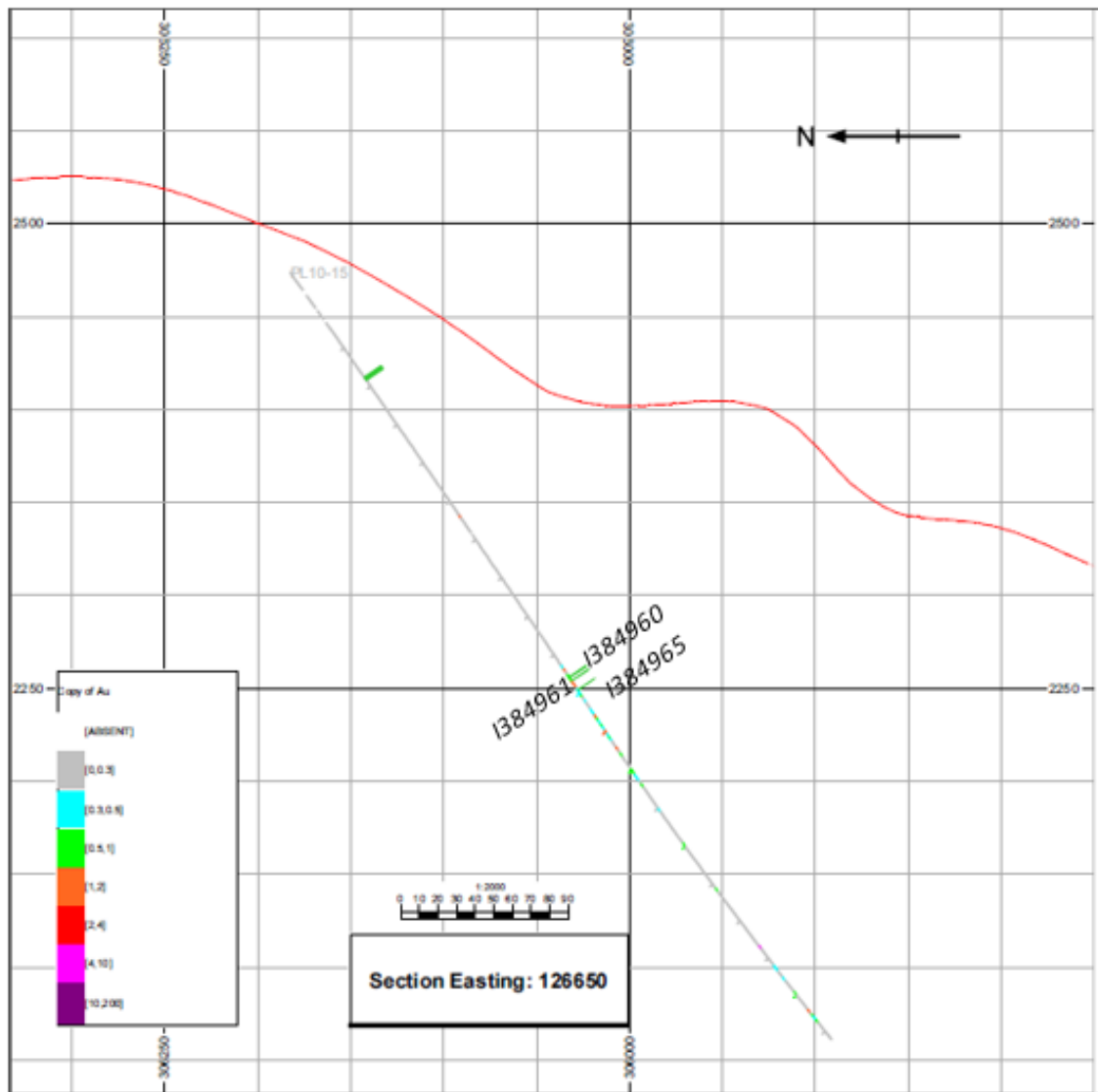


Figura 31. Minerales de la muestra I384785. **A.** Matriz con predominio de sericita (Ser) con cristales morfo de cuarzo microcristalino (Qz1), junto con cristales anhedrales y alterados de cuarzo metamórfico (Qz2) y sulfuros (Op) diseminados. Objetivo 4x; **B.** Cristales tabulares de alunita (Alu) blanquecina dentro de una matriz de cuarzo - sericita (Qz1-Ser) y sulfuros (Op) de tamaño de grano fino diseminados. Objetivo 10x; **C.** En el centro de la fotografía se observa un cristal de epidota (Ep) el cual presenta formar redondeada y altos colores de birrefringencia, dentro de Cuarzo Metamórficos (Qz2). Objetivo 10x; **D.** Vena con centro de sericita (Ser) y sulfuros diseminados con cristales de cuarzo tipo empuñe (Qz3) hacia los bordes. Objetivo 10x.



8.1.3. Pozo PL-10-15: Este pozo se encuentra localizado en las coordenadas planas X: 1126699,16, Y: 1306182,59 y Z: 2473,64, y se perforó con un azimut de 180 e inclinación de -55° , hasta una profundidad de 406,25 m (Figura 32).

Figura 32. Sección del pozo PL-10-15 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.



Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

A. Muestra I384960 (1)-(2): 264.5 – 264.8m

Roca con tamaño de grano fino a grueso, con textura porfirítica, presenta xenolitos de cuarzos ígneos y feldespatos que conservan su forma pero se encuentran totalmente alterados por moscovita, dentro de una matriz que presenta alteración hidrotermal de cuarzo - sericita de tamaño de grano fino y en otros lugares una alteración un poco más fuerte representada por la presencia de illita/caolinita (Figura 33) (Anexo 40). Como mineral accesorio se encuentran cristales de epidota con altos colores de birrefringencia y formas un poco redondeadas. La muestra corresponde a un pórfido dacítico (Anexo 18,19). Se lograron identificar 3 generaciones de cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), que hace parte de la matriz de la roca caja junto con sericita (Figura 34C); II) Cuarzos ígneos (Qz2), los cuales presentan formas redondeadas y en algunos sectores un poco de deformación junto con bordes de reacción (Figura 34B, C) y; III) Vetilla de cuarzo microcristalino con cristales pequeños de pirita de manera diseminada (Figura 34A) (Anexo 59).

Figura 33. Espectros obtenidos de la muestra I384960 (1) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la illita (patrones de Terraspec).

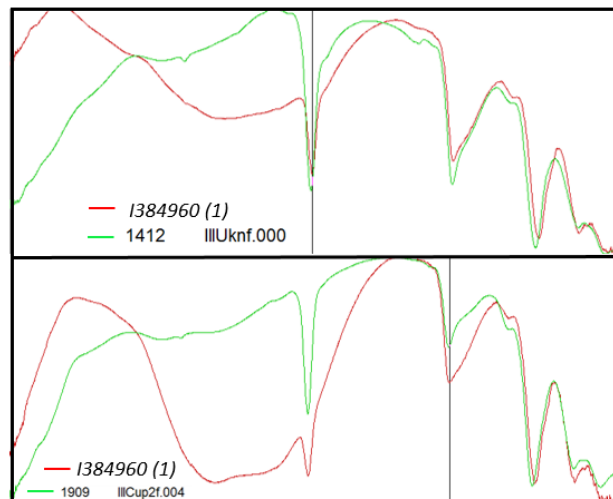
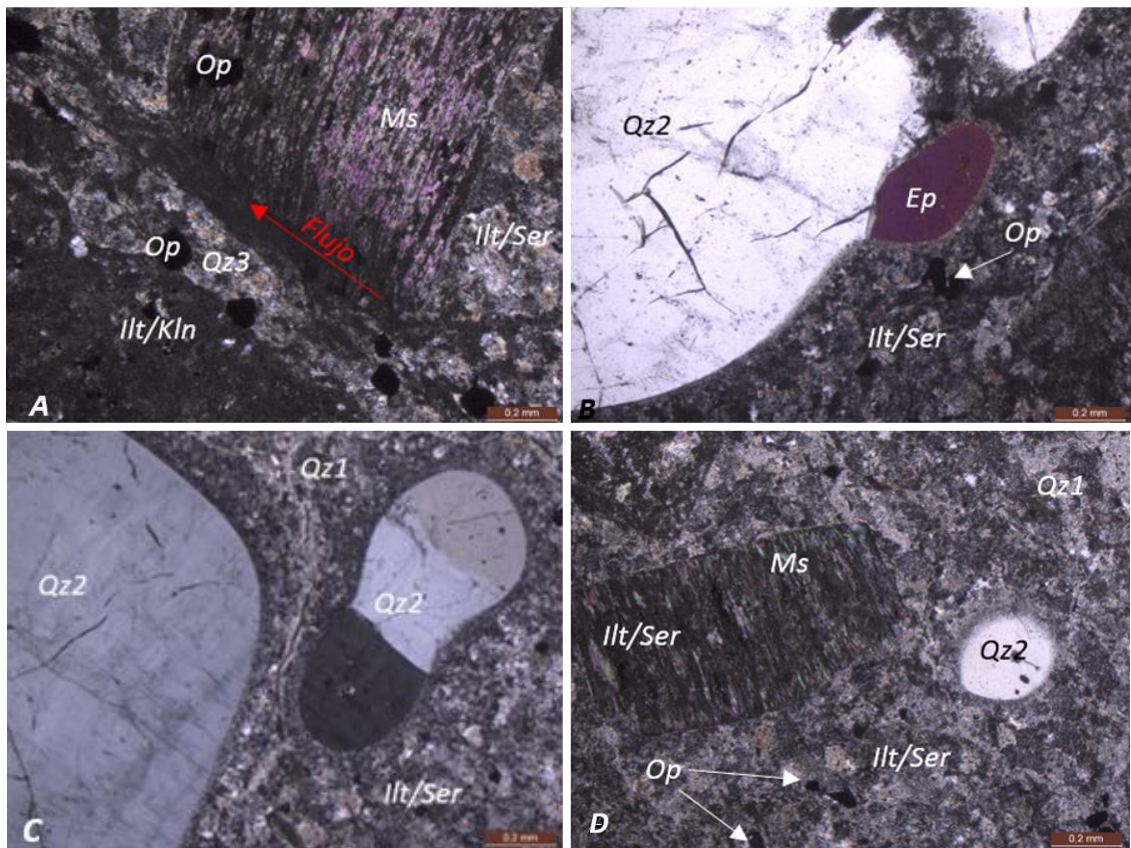


Figura 34. Minerales de la muestra I384960. **A.** Vetilla de color café y textura terrosa conformada por illita/caolinita (Illt/Kln), en la cual se aprecia también la dirección de flujo y la forma en la que este empieza a afectar y a regenerar reemplazamiento en un cristal de feldespato a mica (Ms), también se observa junto una vetilla de cuarzo la cual se encuentra siendo cortada por la otra vetilla, y minerales opacos (Op) diseminados. Objetivo 4x; **B.** Cristal de epidota (Ep) con alto color de birrefringencia, el cual se encuentra junto a un cristal de cuarzo ígneo (Qz2). Objetivo 4x; **C.** Cristales de cuarzo ígneos (Qz2) redondeados con bordes de reacción, estos cristales están empezando a ser embebidos por la Matriz cuarzo - sericitica (Qz1/Ser) junto con illita (Illt). Objetivo 4x; **D.** Cristal de feldespato siendo reemplazado por micas (Ms) y alteración de illita/sericita (Illt/Ser). Objetivo 4x.



B. Muestra I384961 (1) y (2): 266,85 – 267m

Muestra 1384961 (1):

Brecha hidrotermal la cual en muestra de mano la roca presenta color gris claro y tamaño de grano fino, textura granoblástica, no presenta alteración hidrotermal, está compuesta en su mayoría por sílice (Figura 35) (Anexo 41) y pirita en un enrejado (stockwork) y diseminada, también por pequeños stringers de cuarzo (Anexo 20).

Presenta siete generaciones de cuarzo en la muestra I384961 (1): I) Cuarzos metamórficos, bastante deformados (Figura 36A); II) Cuarzo microcristalino en la matriz (Figura 36C); III) Vetillas de cuarzo mosaico (Figura 36B); IV) Vetillas de cuarzo con textura en peine; V) Vetillas de cuarzo microcristalino; VI) Cuarzos ígneos y; VII) Vetillas de cuarzo con sulfuros (principalmente pirita) (Figura 36C). También presenta epidota como mineral accesorio y pirita fina en vetillas y diseminada (Anexo 60).

Figura 35. Espectros obtenido de la muestra I384961 (1) mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva negra corresponde a el espectro de la sílice (patrones de Terraspec).

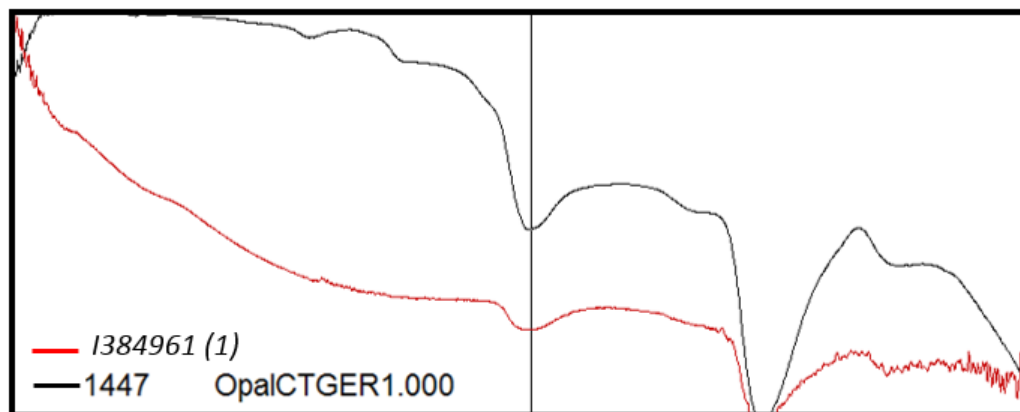
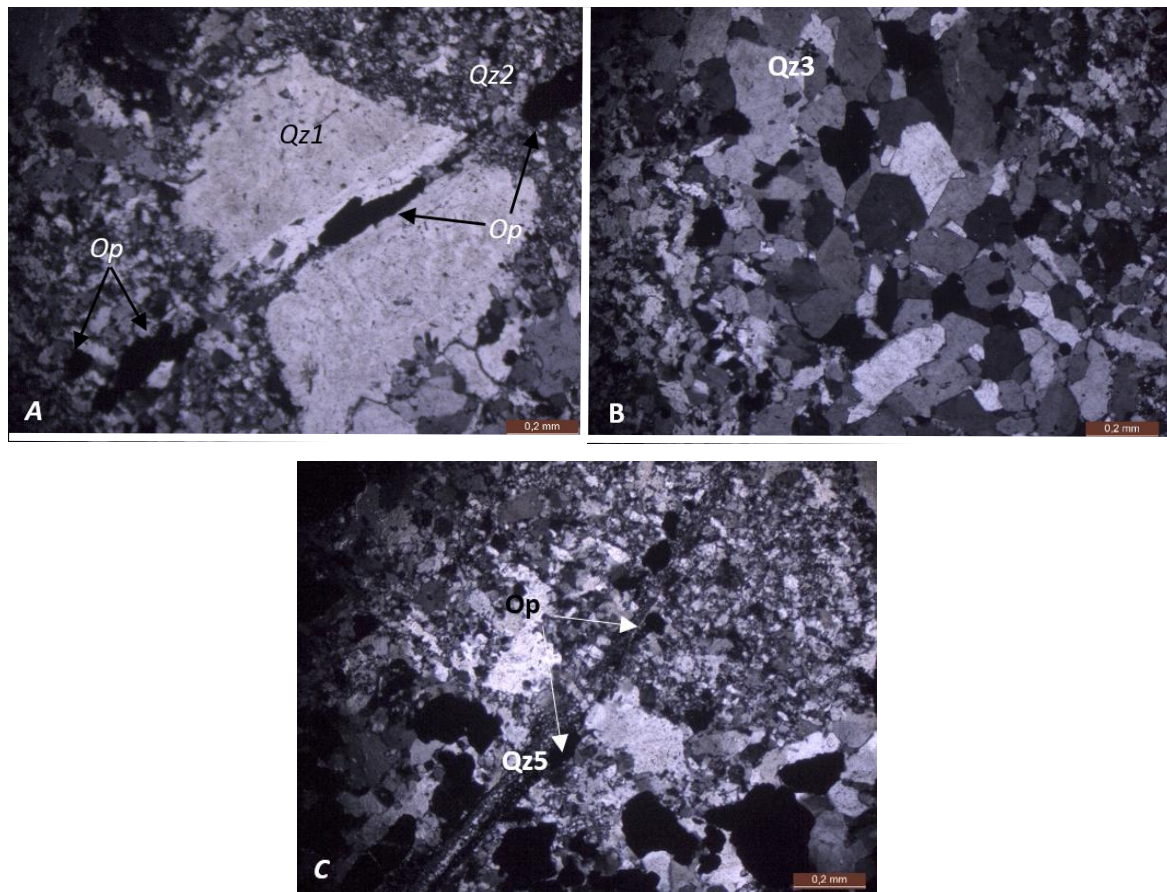


Figura 36. Minerales de la muestra I384961 (1). A. Cuarzo metamórfico (Qz1) con bordes de reacción y con fracturamiento recrystalizado, dicho relleno presenta pocas cantidades de sulfuros diseminados, dentro de una matriz cuarzosa (Qz2). Objetivo 4X; B. Cuarzo tipo mosaico con textura granoblástica (Qz3), junto con una matriz de cuarzo Microcristalino (Qz2). Objetivo 4X; C. Vetillas de cuarzo microcristalino con contenido de minerales opacos diseminados. Objetivo 4x.

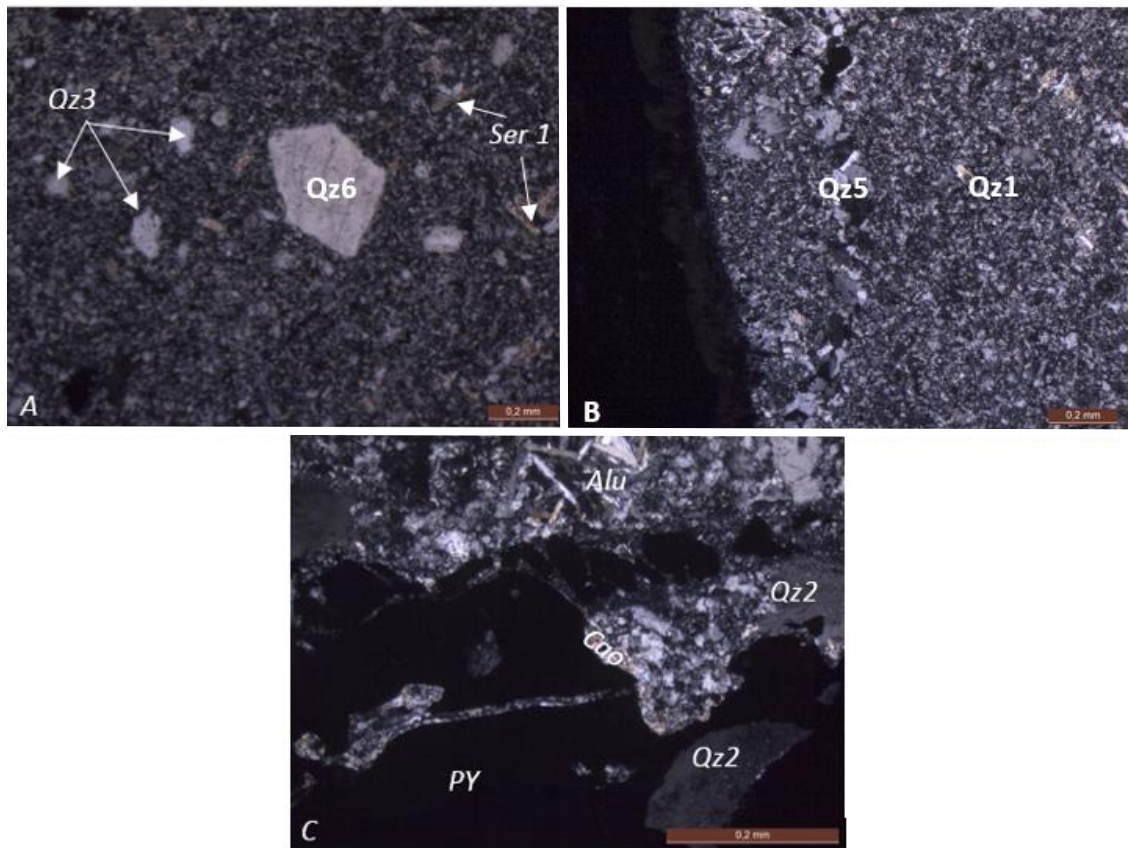


Muestra I384961 (2):

Brecha hidrotermal, la cual presenta textura granoblástica, alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita, con posible protolito tipo gneis. La muestra se divide en dos zonas: *A*. Es la zona que en muestra de mano presenta una tonalidad grisácea, está compuesta principalmente por una matriz cuarzo sericitica, con cuarzoes metamórficos de mayor tamaño que la zona *B*; *B*. Zona que en muestra de mano presenta tonalidades gris verdosa, dicha zona presenta mayor contenido de matriz que la zona *A*, y en esta la matriz presenta mayor contenido de cuarzo microcristalino. También aparecen minerales como caolinita y alunita (Anexo 20, 21).

En la muestra se identificaron 6 generaciones de Cuarzo: I) Cuarzo microcristalino, correspondiente a la matriz de la roca caja (Figura 37B); II) Cuarzos metamórficos, de tamaños considerablemente grandes (Figura 37B); III) Cuarzos ígneos, tienden a ser redondeados, presentan poca deformación y se encuentran dispersados en toda la muestra (Figura 37A); IV) Venas de cuarzo microcristalino, con presencia de sulfuros dentro de ellas de manera diseminada; V) venas de cuarzo tipo mosaico; VI) Cuarzos bipiramidales, se presentan en poca proporciones y dispersados (Figura 37A) (Anexo 60).

Figura 37. Minerales de la muestra I384961. **A.** Cuarzos ígneos (Qz3) en una matriz de cuarzo microcristalino (Qz1) y sericita producto de alteración hidrotermal (Ser 1), también se aprecian cristales de cuarzo bipiramidal (Qz6). Objetivo 4x; **B.** Vetilla de cuarzo tipo mosaico (Qz5) dentro de una matriz de cuarzo - sericita. Objetivo 4x; **C.** Cristal de sulfuro fracturado junto con un halo de alteración de caolinita (Kln), Dichas fracturas están rellenas por cuarzo - sericita, también se observan cristales anhedrales de cuarzo metamórfico (Qz2) y hacia la parte superior de la fotografía se observan individuos tabulares de alunita (Alu).



C. Muestra I384965: 272.8 – 272.9 m

Roca grisácea con tamaño de grano fino, textura granolepidoblástica, con posible protolito de diorita (Anexo 23). Presenta sulfuros en vetillas y de manera diseminada. Se encuentra afectada por alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita, illita - caolinita y alunita (Figura 38) (Anexo 42). Como mineral accesorio dentro de esta muestra aparece la epidota.

Se identificaron 4 generaciones de Cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1) correspondiente a la matriz de la roca caja (Figura 39C); II) Cuarzo metamórfico, presenta bordes de reacción (Figura 39B, C); III) Vetillas de cuarzo microcristalino, con contenidos de sulfuros de manera diseminada y IV) Vetilla de cuarzo tipo mosaico (Figura 39A) (Anexo 62).

Figura 38. Espectros obtenido de la muestra I384965 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva negra corresponde a el espectro de illita - alunita (patrones de Terraspec).

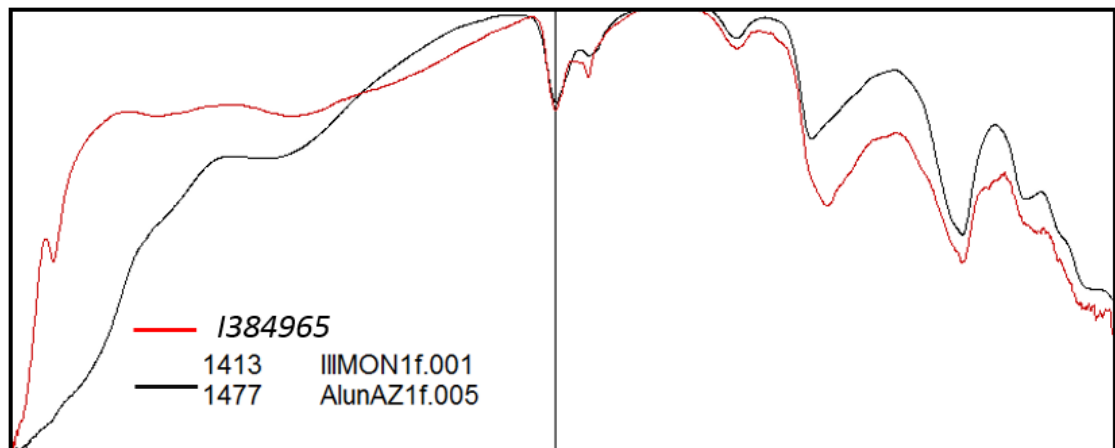
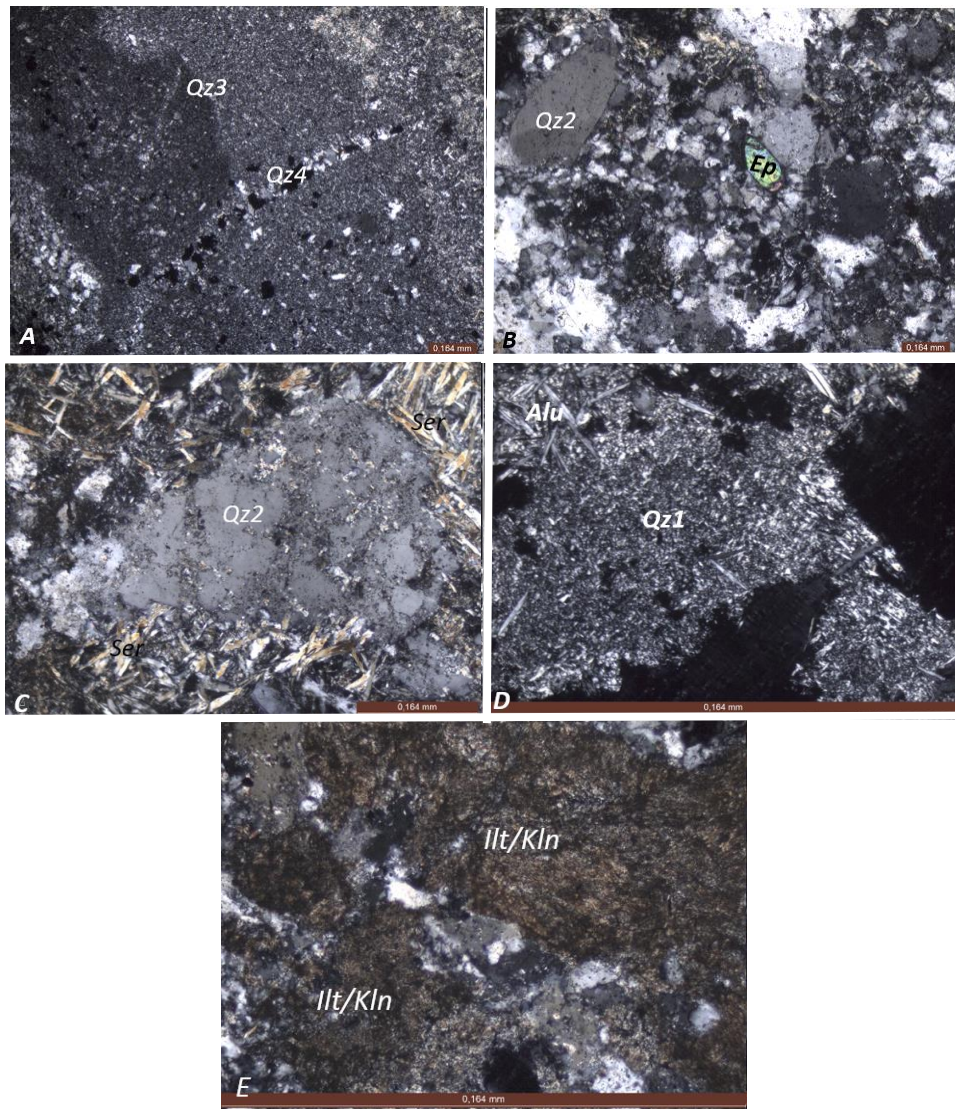


Figura 39. Minerales de la muestra I384965. **A.** Vetilla de cuarzo tipo mosaico (Qz4) la cual se encuentra atravesando una vetilla de cuarzo microcristalino (Qz3) y sulfuros. Objetivo 4x; **B.** En el centro de la fotografía se observa un cristal con altos colores de birrefringencia que corresponde a epidota (Ep) en una matriz cuarzosa (Qz1). Objetivo 4x; **C.** Cristales de cuarzo metamórfico (Qz2), con bordes de reacción e inclusiones de la matriz. Objetivo 10x; **D.** Cuarzo microcristalino (Qz1) como parte de la matriz junto alunitas (Alu) tabulares. Objetivo 100x; **E.** Masas terrosas cafés que corresponden a alteración de illita/caolinita (Illt/Kln). Objetivo 100x.



8.1.4. Pozo PL-11-01: Este pozo se encuentra localizado en las coordenadas planas X: 1126800, Y: 1306038 y Z: 2401, y se perforó con un azimut de 180 e inclinación de -51° , hasta una profundidad de 511,5 m (Figura 40).

Figura 40. Sección del pozo PL-11-01 de la Licencia la Plata y a ubicación exacta de cada una de las muestras analizadas de este pozo.



Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

A. Muestra J301649: 198 -198.2 m

Roca de color gris claro y tamaño de grano fino con textura granolepidoblástica, con posible protolito de diorita, se encuentra conformada por una matriz principalmente cuarzosa y algunos cristales de mayor tamaño de cuarzo (Anexo 24). Presentan alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita (Figura 41) (Anexo 43).

Se identificaron seis generaciones de Cuarzo: I) Cuarzos metamórficos, muy fracturados y deformados (Figura 42B); II) Matriz de cuarzo microcristalino, granoblástico; III) Cuarzo microcristalino como relleno de fracturas y vetillas; IV) Cuarzos ígneos (Figura 42C, 43F); V) Venas de cuarzo tipo mosaico (Figura 43F) y; VI) Venas de cuarzo microcristalino junto con sericita (Figura 42D) (Anexo 63).

Figura 41. Espectros obtenido de la muestra J301649 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva negra y verde corresponde a el espectro de montmorillonita (illita) - alunita (patrones de Terraspec).

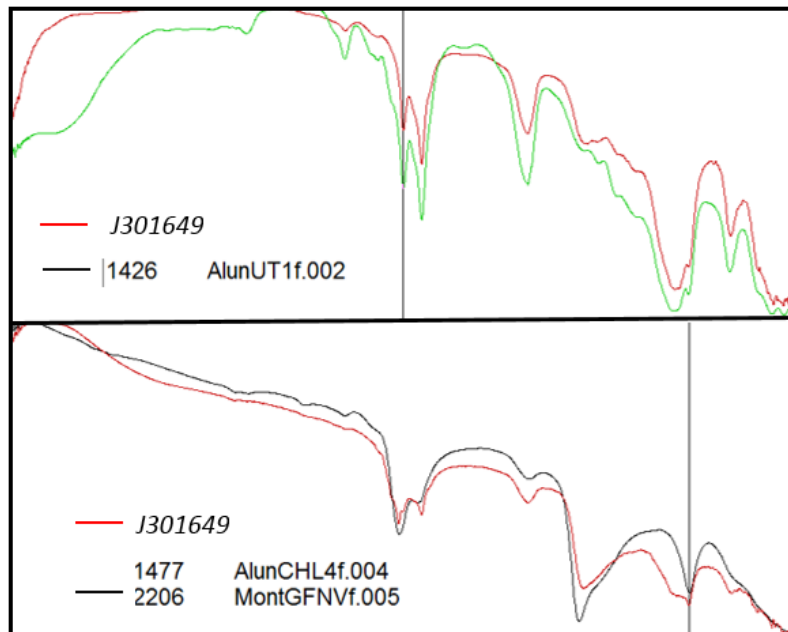


Figura 42. Minerales de la muestra J301649. **A.** Sericita producto de alteración hidrotermal (Ser 1), se encuentra presente con alunita (Alu), ambas tienden a ser de hábito tabular y ojoso, como se observa en la imagen la alunita (Alu) tiende a presentar tonalidades más blanquecinas. Objetivo 10x; **B.** Cuarzos metamórficos muy deformados, se observa una dirección preferencial de deformación (flecha roja). Objetivo 4x; **C.** Cuarzo microcristalino (Qz3) como relleno de una fractura en un individuo de cuarzo metamórfico (Qz1). Objetivo 10x; **D.** Hacia la parte inferior de la fotografía se observan pequeños cristales de pirita (Py), seguido de una vena de cuarzo microcristalino (Qz6) junto con sericita (Ser 2), la cual presenta bordes irregulares, hacia la parte central de la vena se observa una vetilla delgada de cuarzo tipo mosaico (Qz5) los individuos de pirita tienden a encontrarse dispersados a lo largo de toda la muestra. Objetivo 4x.

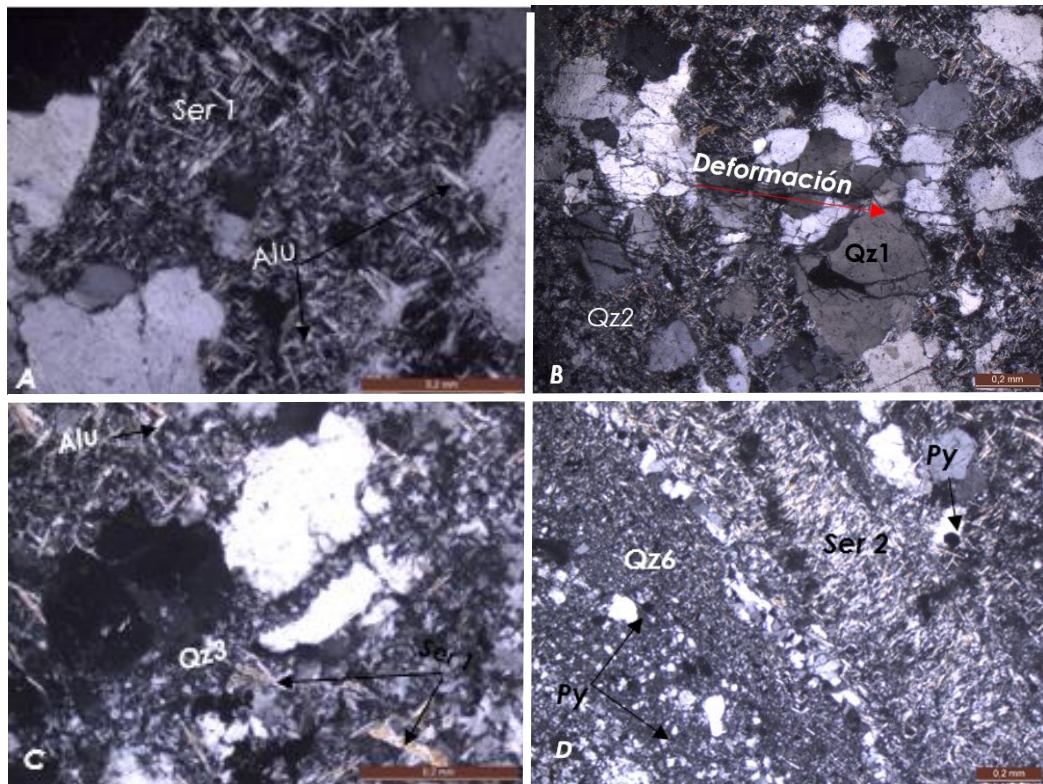
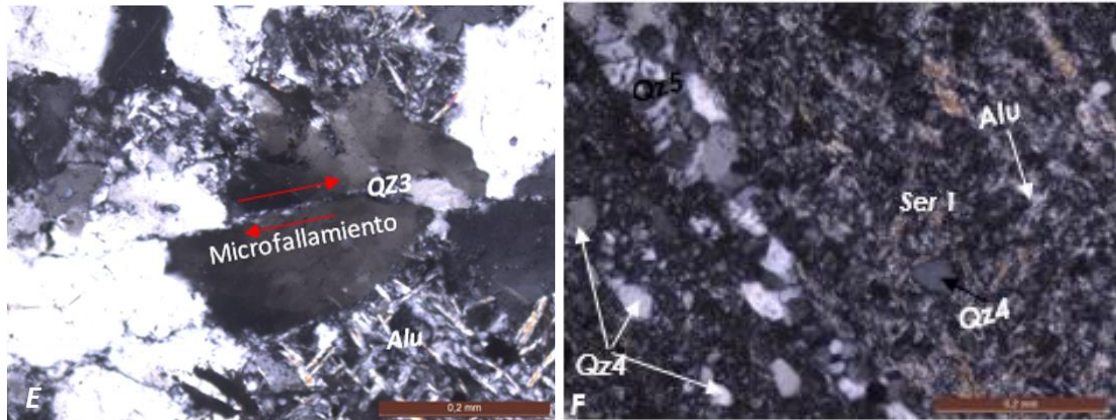


Figura 43. Minerales de la muestra J301649. **E.** Cuarzos metamórficos con textura granoblástica y se observa el movimiento sintaxial de la microfalla que lo está afectando. Objetivo 10x; **F.** Matriz de cuarzo – sericita cortada por una vetilla tipo mosaico (Qz5). Objetivo 10x.



B. Muestra J301651: 200.7 – 200.85m

Roca de color gris oscuro con textura porfiritica, con matriz dominada por cuarzo, corresponde a un pórfido dacítico, el cual presenta una matriz conformada por cuarzo y sulfuros diseminados de tamaño fino (Anexo 25). Presentan alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita y alunita (Figura 44) (Anexo 44). Presenta xenolitos de cuarzo principalmente.

Se lograron identificar 4 generaciones de Cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), el cual conforma la matriz de la roca (Figura 45B); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), los cuales presentan bordes de reacción y se encuentra siendo cortados por vetillas de cuarzos microcristalino y vetillas de posible cuarzo vuggy (Figura 45A); III) Cuarzos ígneos de tamaños pequeños, formas redondeadas y se presentan de manera diseminada (Figura 45C); IV) vetillas de cuarzo microcristalino (Qz4) con contenido de sulfuros de manera diseminada (Figura 45E) (Anexo 64).

Figura 44. Espectros obtenido de la muestra J301651 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva negra corresponde a el espectro de moscovita (patrones de Terraspec).

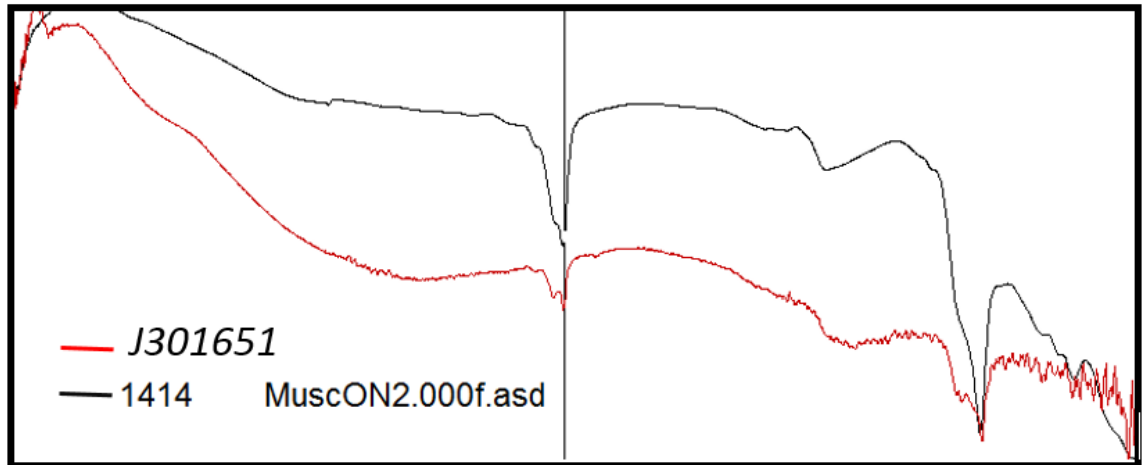
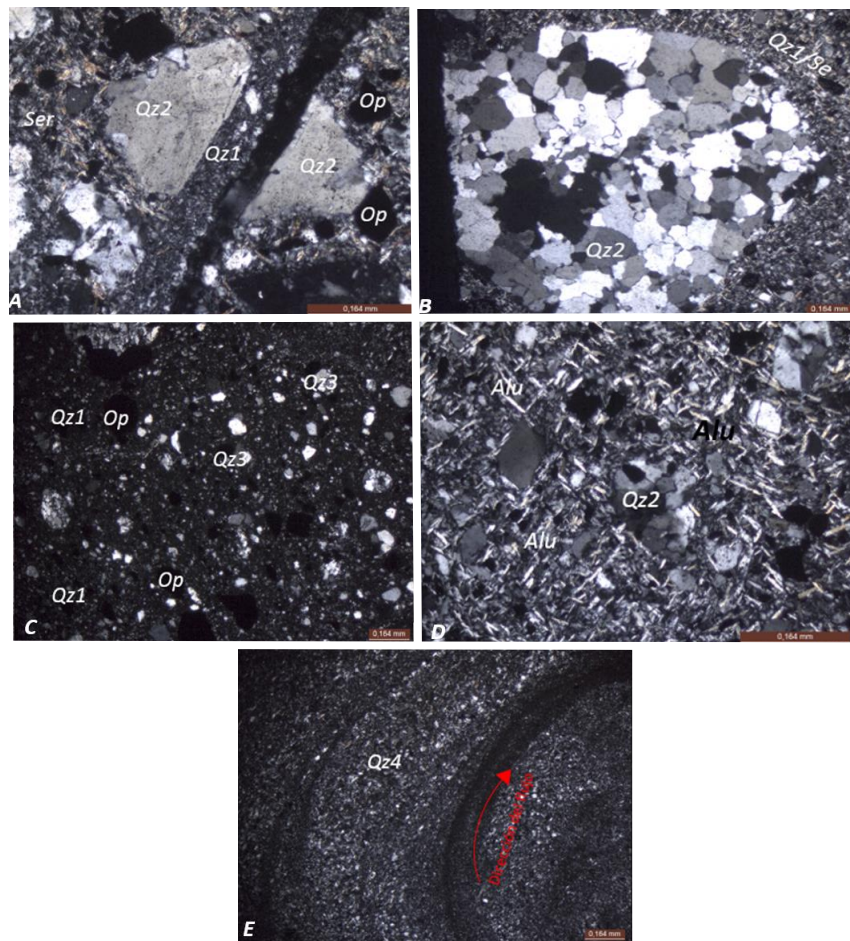


Figura 45. Minerales de la muestra J301651. **A.** Cristales anhedrales de cuarzo metamórfico (Qz2) con bordes de reacción, dentro de una matriz cuarzo - sericita y pequeñas inclusiones de sulfuros diseminados. Objetivo 4x; **B.** Matriz de la roca caja conformada por cristales amorfos de cuarzo microcristalino (Qz1) junto a sulfuros diseminados. Objetivo 4x; **C.** Matriz de la roca caja conformada principalmente por cuarzo microcristalino (Qz1), sulfuros diseminados y pequeños cristales de cuarzo ígneo (Qz3), la matriz presenta una textura porfiritica. Objetivo 4x; **D.** Cristales tabulares y ojerosos de alunita (Alu) con tonalidades blanquecinas junto a cuarzos metamórficos (Qz2) dispersos y sulfuros (Op). Objetivo 10x; **E.** Vetilla de cuarzo microcristalino (Qz4) y sulfuros diseminados, se observan ciertas direcciones de flujo y variación en las tonalidades posiblemente por diferencias de cristalización. Objetivo 4x.



C. Muestra J301654: 203.6 – 203.7m

En muestra de mano la roca presenta tonalidades grisáceas claras, tamaño de grano fino a grueso (Anexo 26), en sección delgada se aprecia una textura granolepidoblastica. Dicha roca corresponde a una brecha tectónica, la cual presenta alteración hidrotermal de tipo cuarzo - sericita y alunita (Figura 46) (Anexo 45).

En dicha brecha se observan clastos angulares a sub-angulares, composicionalmente se clasifica como heterolitologica y según el tamaño de sus fragmentos corresponde a una meso-brecha matriz soportada.

Se lograron identificar 4 generaciones de Cuarzo: I) Cuarzo microcristalino (Qz1), como parte de la roca caja junto a sericita y alunita (Figura 47C); II) Cuarzo metamórfico (Qz2), cristales anhedrales que presentan deformación, algunos sectores pequeñas inclusiones de sulfuros y bordes de reacción con la roca caja (Figura 47A); III) Cuarzo ígneo (Qz3), cristales redondeados embebidos e incluidos en la matriz de la roca caja y en algunas vetilla de flujos silíceos y (Figura 47C); IV) Vetilla de cuarzo microcristalino con pequeños cristales de pirita (Py) de manera diseminada y contenidos de cuarzoes ígneos (Figura 47E) (Anexo 65).

Figura 46. Espectros obtenido de la muestra J301654 mediante Terraspec, donde se observa la curva roja que corresponde al espectro de la muestra y la curva verde corresponde a el espectro de la alunita (patrones de Terraspec).

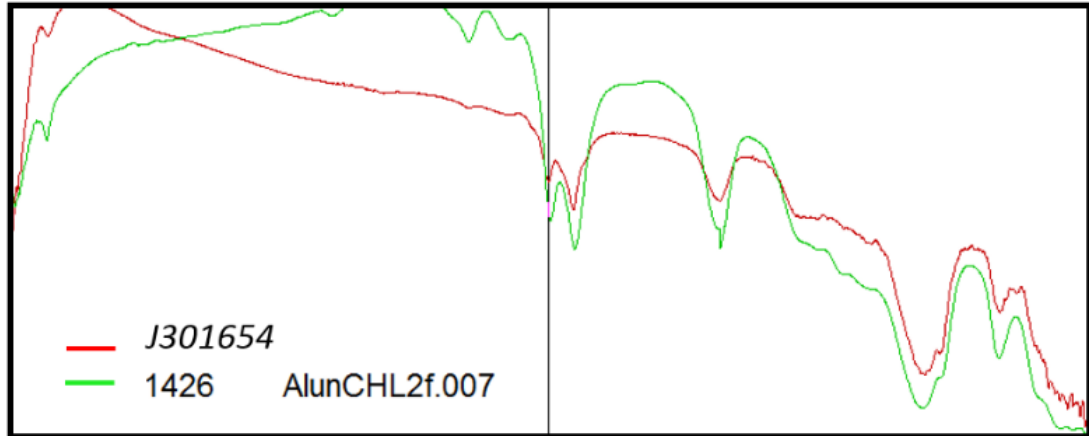
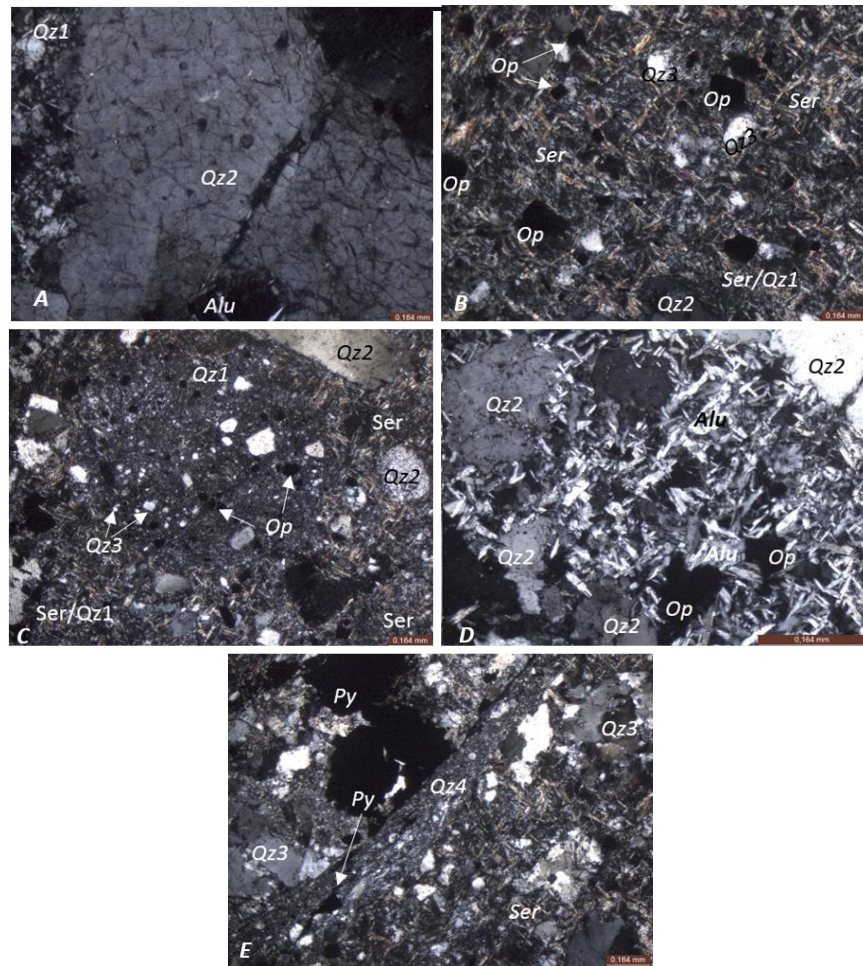


Figura 47. Minerales de la muestra J301654. **A.** Cristal de cuarzo metamórfico (Qz2) con abundante deformación, fracturamiento y pequeñas inclusiones de minerales opacos (Op), junto con cristales ojerosos de alunita (Alu). Objetivo 4x; **B.** Cristales de sericita (Ser) ojerosos con altos colores de birrefringencia y cuarzo microcristalino (Qz1) como parte de la matriz de la roca caja, también se observan pequeños cristales anhedrales y cúbicos de pirita (Py). Objetivo 4x; **C.** Acumulación de cuarzo microcristalino (Qz1) con contenidos de minerales opacos (Op) y cuarzos ígneos redondeados (Qz3) y metamórficos (Qz2). Objetivo 4x; **D.** Cristales tabulares blanquecinos de alunita (Alu) junto a cristales de cuarzo metamórfico (Qz2) con bordes de reacción. Objetivo 10x; **E.** Vetilla de cuarzo microcristalino (Qz4) con contenidos de minerales opacos (Op) y pequeñas cantidades de cuarzo ígneo (Qz3), presenta contactos netos con la roca caja. Objetivo 4x.



8.2 MINERALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VETILLAS

8.2.1. Pozo PL-10-04

A. Muestra H242815(1): 145.05-145.15m

Los sulfuros en esta muestra se presentan de manera diseminada en la roca caja y en vetillas. La asociación de sulfuros presentes corresponden a pirita + calcopirita + covelina (Figura 48). Los cristales de pirita se presentan principalmente con formas anhedrales y tamaños de aproximadamente 0.08mm, también aparecen cristales pequeños y diseminados de calcopirita, los cuales se encuentran siendo reemplazados del borde al centro por covelina.

Se identificaron 3 tipos de vetillas principalmente: I) Cuarzo + pirita, corresponde a una vetilla de tensión; II) Cuarzo + pirita + calcopirita, vena de tensión sintaxial y; III) Alunita que corresponde una vena de cizalla con textura sintaxial (Figura 49) (Anexo 3).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py
- Paragénesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Ccp + Cv (Tabla 3.).

Figura 48. Minerales de mena de la muestra H242815. **A.** Cristales anhedrales de calcopirita (Ccp) y pirita (Py) incluidos en una vena de cuarzo tipo mosaico (Qz5). Objetivo 4x; **B.** Cristales anhedrales de calcopirita con bordes de reemplazamiento de covelina (Cv). Objetivo 10x.

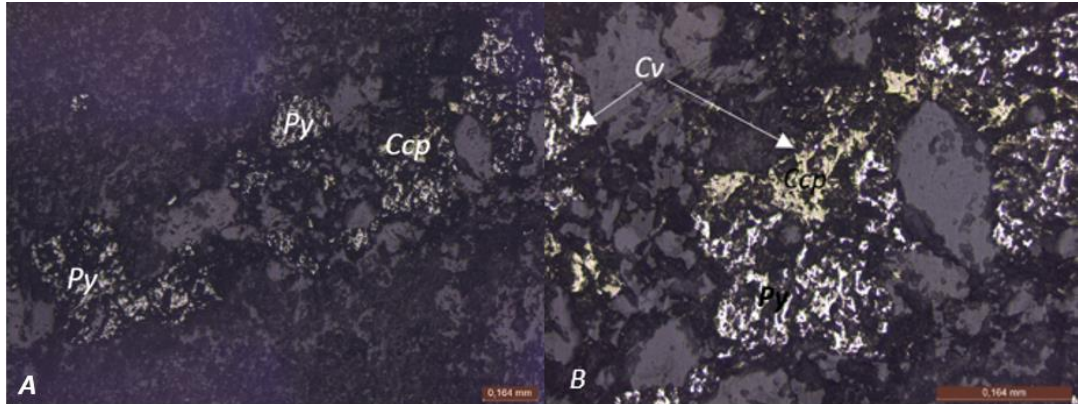
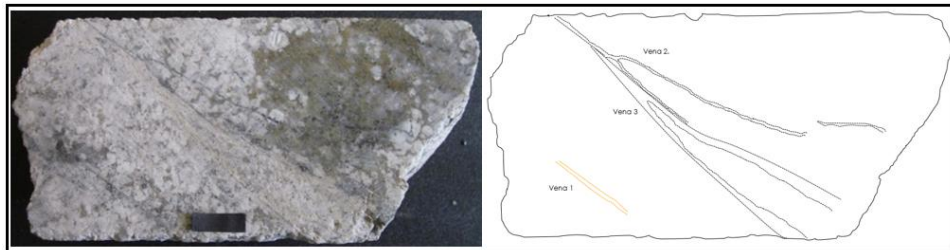


Figura 49. Fotografía y esquema de las vetillas de la muestra H242815 (1).



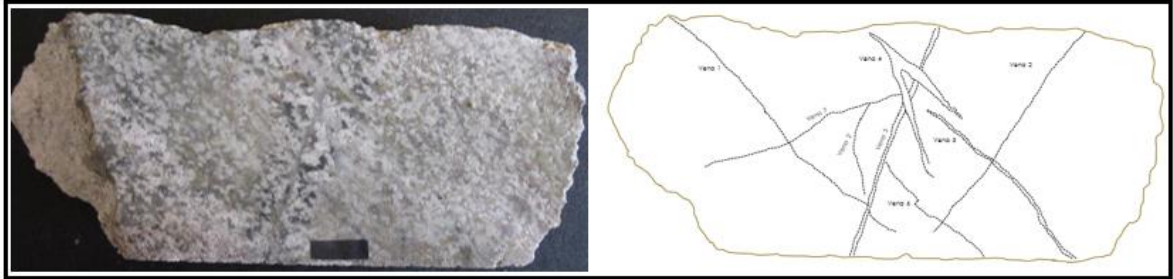
B. Muestra H242815(2): 145.5-145.6m

Los sulfuros en esta muestra aparecen de manera diseminada y contenidos en vetillas, principalmente corresponden a pirita, calcopirita y bornita. En total se identificaron 6 tipos de vetillas: I) Vena compuesta por cuarzo + pirita, corresponde a una vena de extensión con textura sintaxial; II) Vena de cuarzo + pirita, de tipo tensional con textura antitaxial, donde la pirita tiende a encontrarse concentrada hacia el centro y el cuarzo hacia los bordes; III) Cuarzo + enargita, vena de tensión con textura sintaxial, la enargita aparece de manera diseminada y en poca proporción; IV) Cuarzo, vena de extensión con textura sintaxial; V) Cuarzo + pirita, vena de extensión con textura sintaxial, presentan un halo de alteración de sericita y; VI) Cuarzo, vena de tensión con textura sintaxial (Anexo 4).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py
- Paragénesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Eng (Tabla 3.).
-

Según la cronología de venas (Figura 50): A) la vena I se encuentra siendo cortada por la vena III y corta las vena II, IV y VII; B) la vena III es cortada por la vena IV.

Figura 50. Fotografía y esquema (relaciones de corte) de las vetillas de la muestra H242815 (2).



C. Muestra H242818: 151.5 – 151.55 m

La roca presenta sulfuros de manera diseminada y en forma de pequeñas vetillas, dentro de los cuales predomina la pirita y en menor proporción calcopirita. Dentro de los sulfuros que se observan aprese en mayor proporción pirita (Py) y en menor la calcopirita (Ccp), la cual se encuentra siendo reemplazada por covelina (Cv) (Figura 51).

- Paragénesis (de la mena): Py + Ccp + Cv (Tabla 3.).

Figura 51. Minerales de mena de la muestra H242818. **A.** Cristales de pirita (Py) fracturados. Objetivo 10x; **B.** Cristales de calcopirita (Ccp) siendo reemplazados por un mineral purpura que corresponde a covelina (Cv). Objetivo 10x; **CyD.** Luz reflejada nicoles cruzados y paralelos. Cristal de calcopirita (Ccp) junto a cristales más pequeños diseminados. Objetivo 10x.

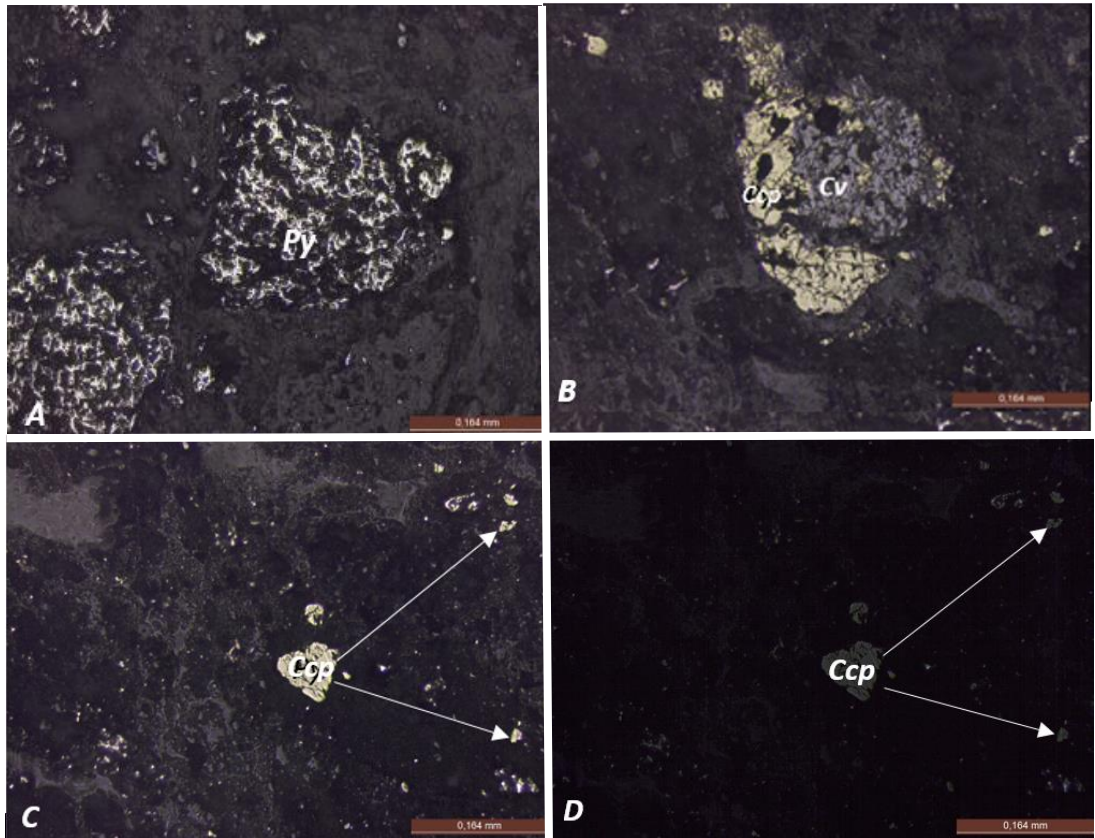


Figura 52. Testigo de la muestra H242818.



D. Muestra H242836(1)-(2): 182.67 – 182.7m

Está conformada por una banda extensa de sulfuros (pirita – marcasita - calcopirita); También se identifican principalmente tres estados de mineralización: I) Pirita + Marcasita, II) Calcopirita y III) Pirita fina (Anexo 6).

Presenta abundancia de sulfuros, los cuales principalmente corresponden a pirita (Py), marcasita (Mrc), calcopirita (Ccp) y en menor proporción covelina (Cv) y tetraedrita (Ttr) (Figura 53, 54). La mayoría de sulfuros presentan abundante fracturamiento y forman anhedrales. Algunos cristales se encuentran siendo reemplazados por covelina. También aparecen cristales de hematita (Hem).

- Paragénesis1 (de la mena): Py + Ccp + Cv + Ttr/Tnt
- Paragénesis2 (de la mena): Py + Mrc + Ccp
- Paragénesis3 (de la mena): Py (Tabla 3.).

Figura 53. Minerales de mena de la muestra H242836. **A.** Se aprecian los pequeños cristales de tetraedrita (Ttr) y covelina (Cv) generada por alteración de calcopirita (Ccp). Los cristales aparecen de manera diseminada a lo largo de la sección. La covelina (Cv) tiende a generarse hacia los bordes de los cristales de calcopirita (Ccp). Objetivo 10x; **B.** Minerales opacos con formas anhedrales (calcopirita-Ccp, pirita-Py) diseminados dentro de la matriz Cuarzosa. Objetivos 4x.

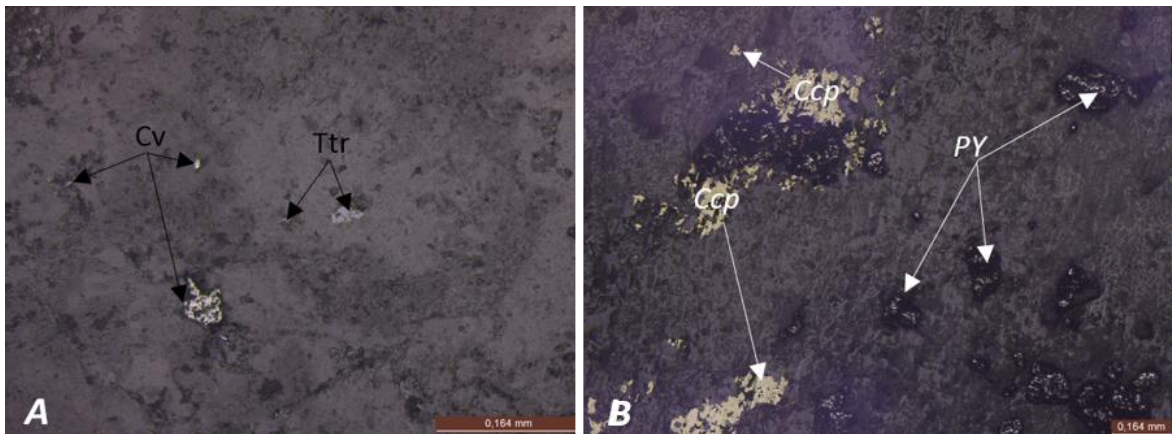


Figura 54. Minerales de mena de la muestra H242836. **C.** Cristales anhedrales de calcopirita con bordes de covelina. Objetivo 4x; **D.** Contacto entre cristales de marcasita (Mrc) y pirita (Py), junto con una pequeña franja de calcopirita (Ccp) y reemplazamiento de covelina (Cv). Objetivo 4x; **E.** Cristales de hematita (Hem) junto con alteración de caolinita, los cristales de hematita presentan forma similar una textura augen. Objetivo de 10x; **F.** Cristales de pirita (Py) hacia la parte izquierda, y marcasita (Mrc) hacia la parte superior derecha, junto con Calcopirita (Ccp) en la parte inferior derecha. La pirita y la marcasita se logran diferencia por su brillo, puesto que en nicoles cruzados la pirita tiende a ser un poco más clara y brillante. Objetivo 10x.

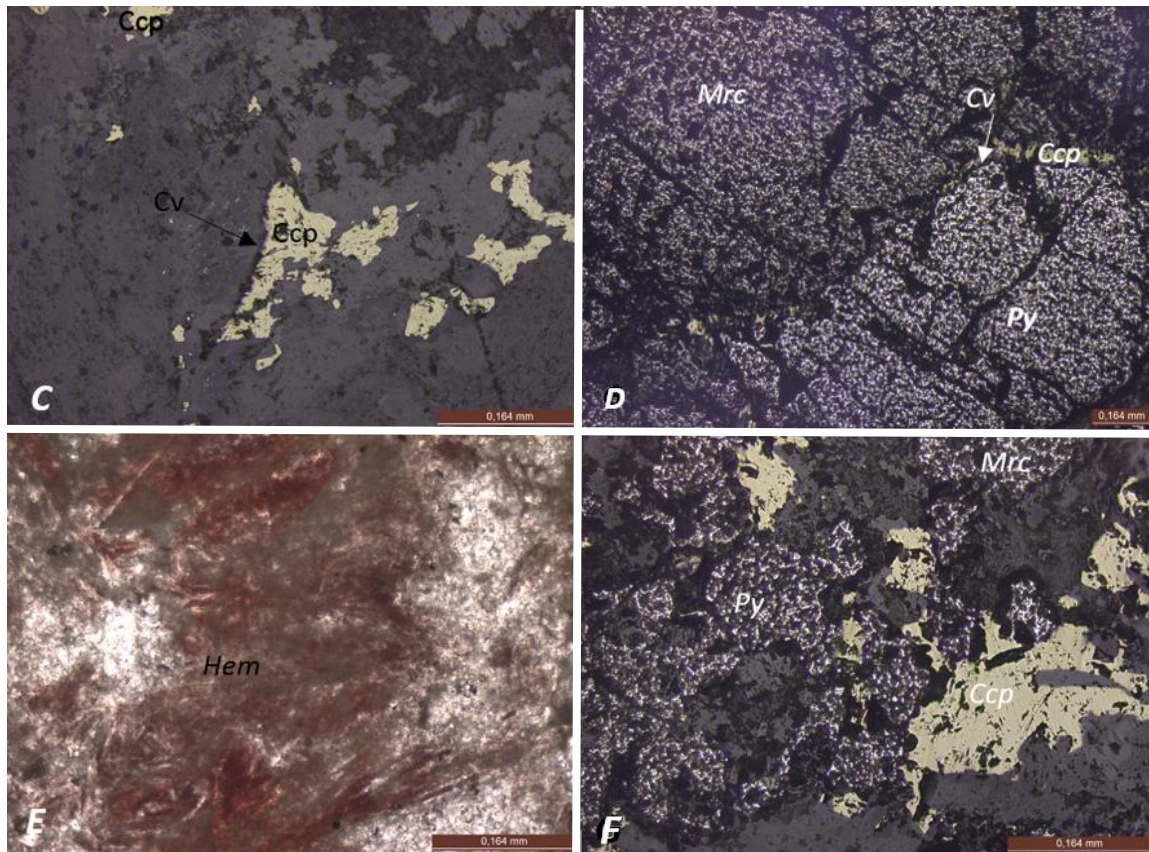
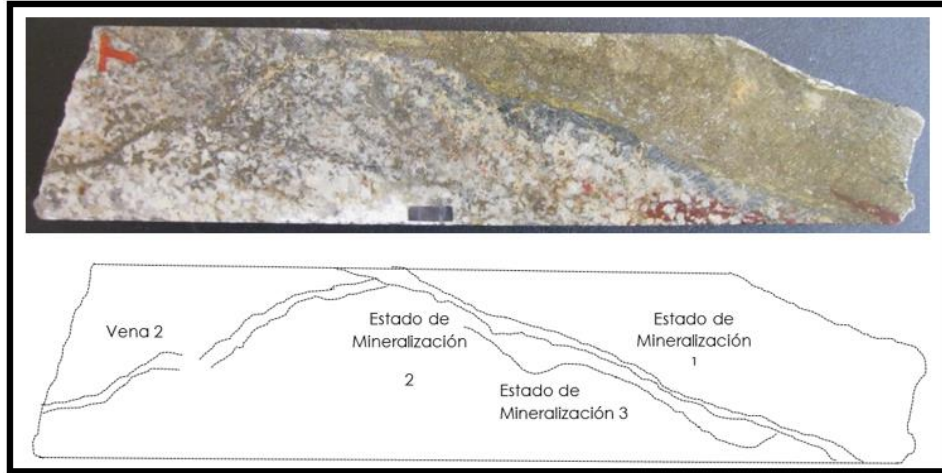


Figura 55. Fotografía y esquema del testigo H242836, donde se observan los tres estados de mineralización que este presenta (pirita – marcasita - calcopirita).



E. Muestra H242838: 187.2 – 187.4m

Se observa una vena compuesta de sulfuros, principalmente pirita, marcasita, calcopirita y covelina. Los sulfuros también aparecen en forma de pequeños stockworks y diseminados por toda la muestra. Los cristales de calcopirita se encuentran siendo reemplazada por covelina; mientras que los cristales que hacen parte de la vena principal de sulfuros (pirita - marcasita) (Figura 56) presentan abundante fracturamiento y en algunos sectores aspecto un poco brechado.

Se identificaron tres tipos de vetillas: I) Pirita + calcopirita de tipo tensional con textura sintaxial; II) Pirita de tipo extensional con textura sintaxial y; III) Pirita + calcopirita + marcasita, vena de extensión con textura antitaxial, la pirita se presenta de manera masiva mientras que la calcopirita tiende a aparecer de forma diseminada, el flujo de esta vena envuelve clastos de cuarzo (Figura 57) (Anexo 7).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Mrc + Ccp
- Paragénesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Ccp + Cv
- Paragénesis3 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 56. Minerales de mena de la muestra H242838. **A.** Luz reflejada. Cristal de marcasita (Mrc) ubicado en la parte inferior de la fotografía, junto a un cristal de pirita (Py), los dos minerales presentan aspecto masivo y se encuentran fracturados. Objetivo 4x; **B.** Cristal de calcopirita (Ccp) con bordes de reaccion de tonalidades purpuras, los cuales corresponden a covelina (Cv). Objetivo 100x. **C.** Cristal de calcopirita (Ccp) muy afectado por reemplazamiento de covelina (Cv), la cual presenta tonalidades purpuras. Objetivo 100x.

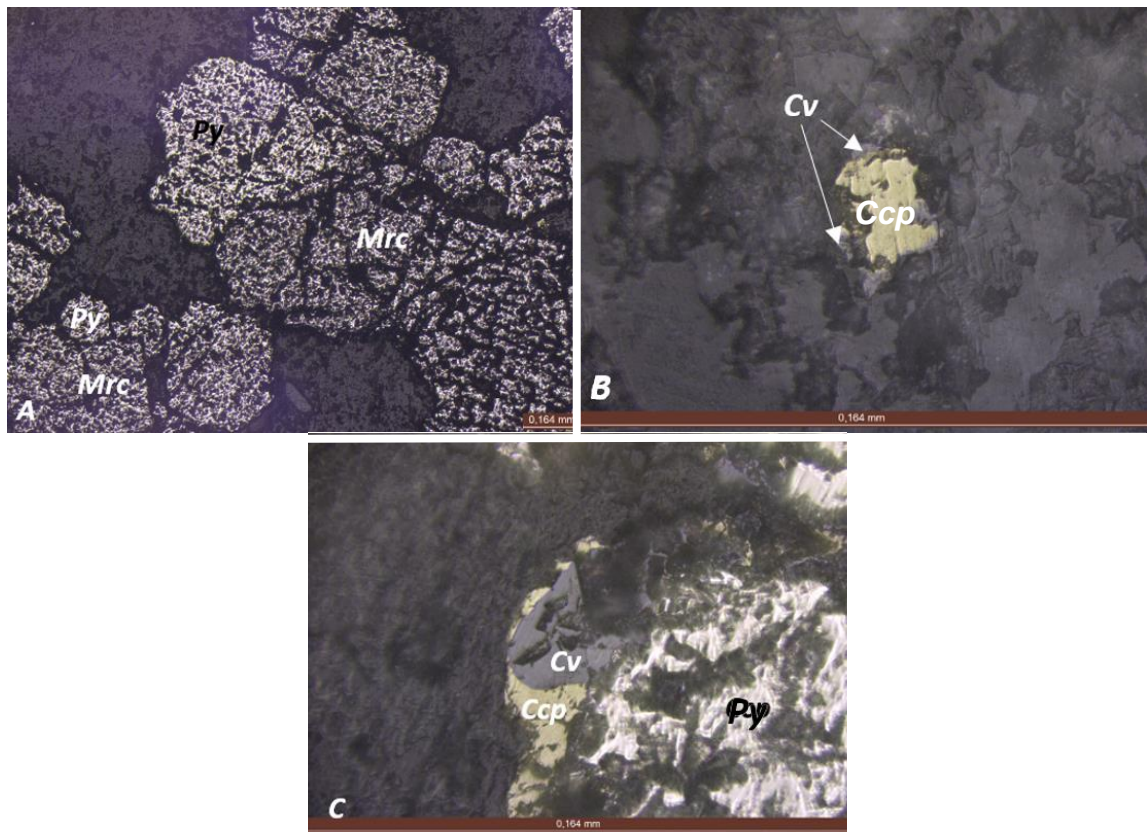
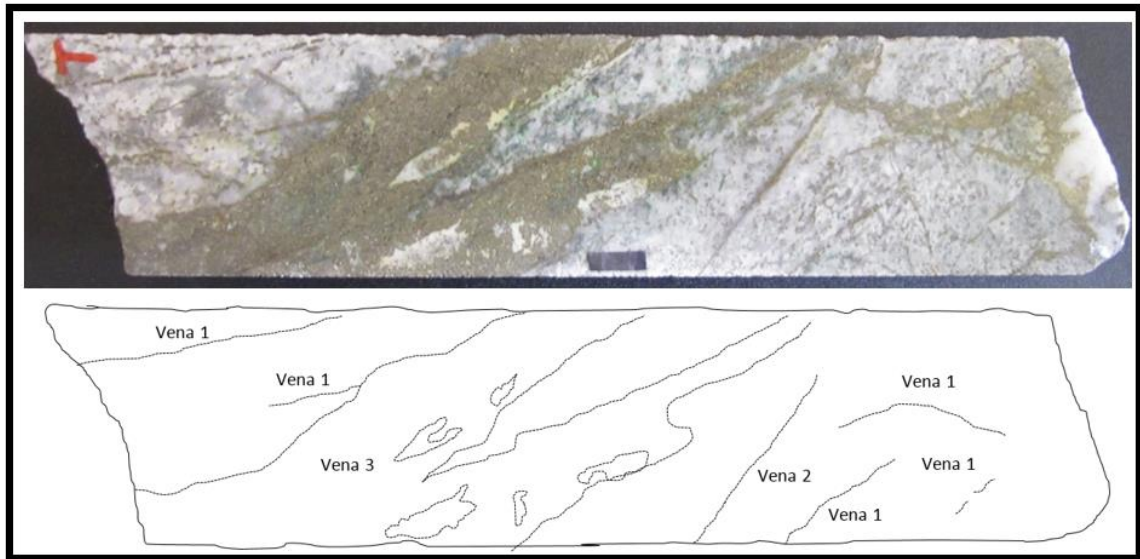


Figura 57. Fotografía y esquema del testigo H282838, donde se observan las diferentes venas identificadas en la muestra.



F. Muestra H242841: 192.6 – 192.75m

Los sulfuros se presentan a manera de stockwork (Figura 61), dentro de los que se encuentra principalmente pirita (Py) y en menor proporción calcopirita, otros sulfuros que también se presentan son covelina, tetraedrita y bornita. También se aprecia alteración de tonalidades verdosas correspondiente a malaquita (Figura 58, 59). La muestra corresponde a una brecha hidrotermal, heterolitológica y matriz soportada.

En algunos sectores se logra apreciar que el fluido que generó el cuarzo fue posterior a los Sulfuros (pirita), que dicho fluido se encuentra llenando los espacios generados por el fracturamiento del sulfuro, esto podría indicar que la vetilla sufrió apertura inicial, posterior relleno-cristalización del sulfuro y un nuevo episodio de apertura que permitió el ingreso del fluido silíceo.

- Paragénesis1 (de la mena): Py + Ccp +Cv
- Paragénesis2 (de la mena): Py + Ccp + Bn + Cv + Ttr/Tnt (Tabla 3.).

Figura 58. Minerales de mena de la muestra H242841. **A.** Cristal de calcopirita (Ccp) de color amarillo latón, el cual se encuentra siendo reemplazado en casi su totalidad por covelina (Cv) que presenta tonalidades purpuras. Objetivo 10x; **B.** Pirita (Py) masiva atravesada y brechada por un fluido cuarzoso. Objetivo 4x. **C.** Cristal de calcopirita (Ccp) con reemplazamiento de covelina (Cv) y tetraedrita (Ttr) de color gris. Objetivo 100x; **D.** Cristal de calcopirita color amarillo latón siendo reemplazado casi en su totalidad por bornita (Bn) de color café rosáceo. Objetivo 100X.

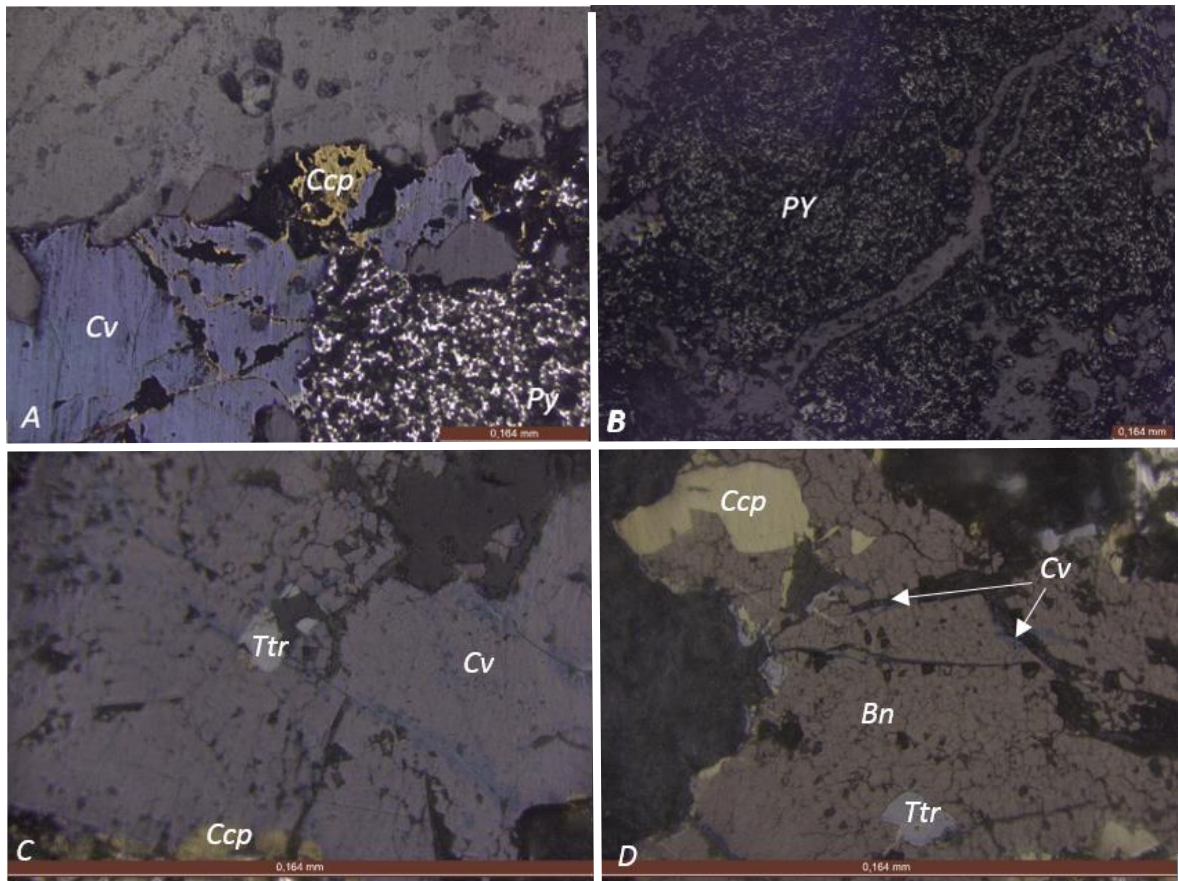


Figura 59. Minerales de mena de la muestra H242841. **E.** Cristal de calcopirita con reemplazamiento de covelina (Cv) y malaquita (Mlc) de color verdoso. Objetivo 10x; **F.** Cristal de calcopirita (Ccp), reemplazamiento de covelina (Cv) y malaquita (Mlc). Objetivo 10x; **G.** Nícoles paralelos y luz reflejada. Cristales de titanita (Ttn) color café claro junto a covelina (Cv), calcopirita (Ccp) y pirita (Py). Objetivo 4x.

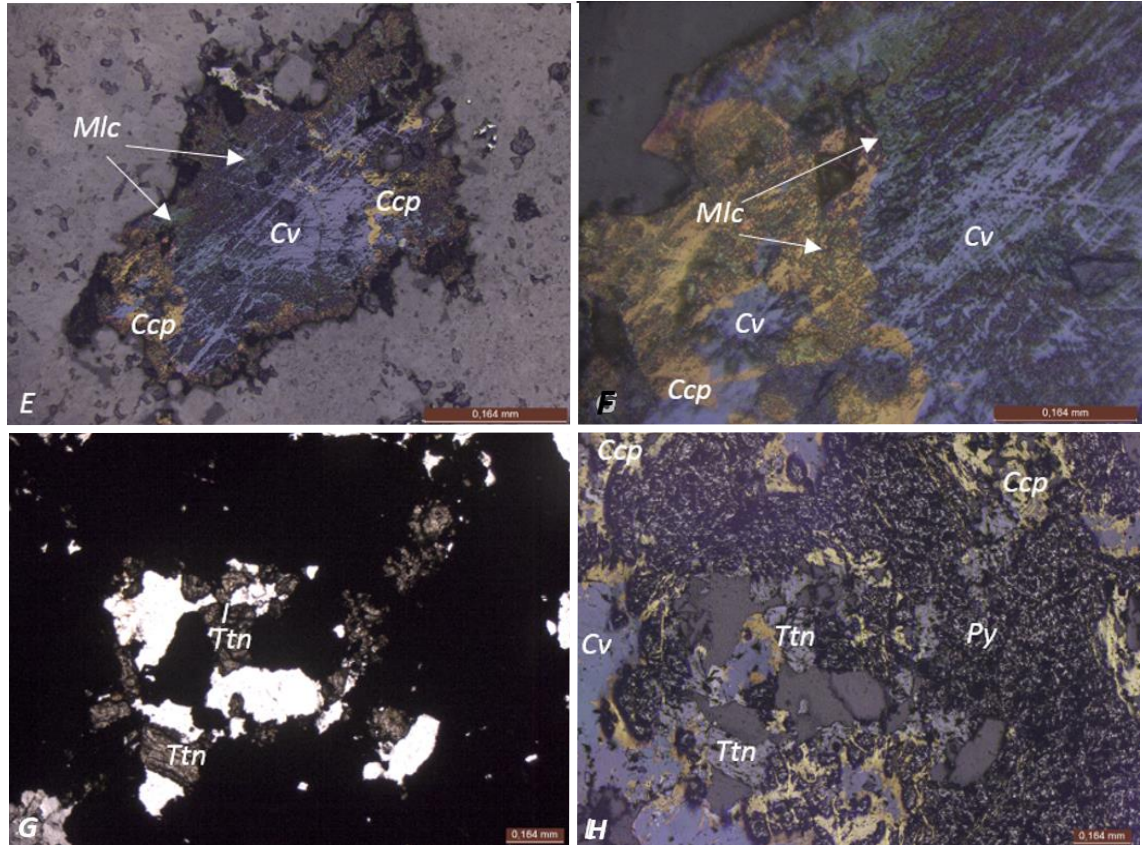
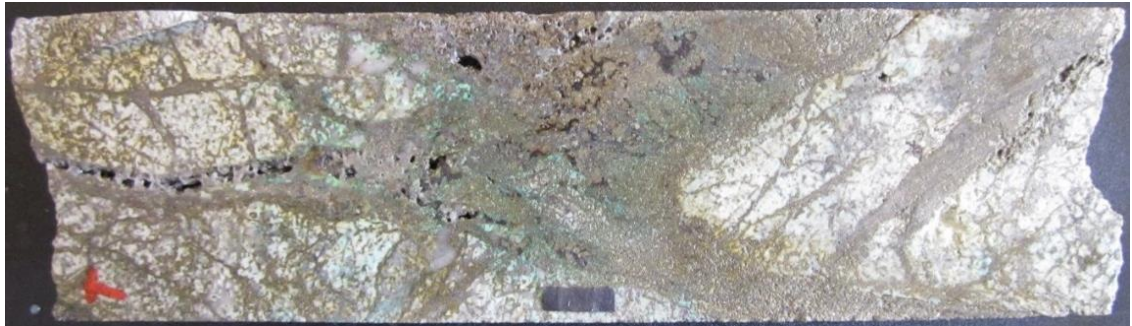


Figura 60. Fotografía del testigo H24284, donde se observa la distribución de los sulfuros, en forma de stockwork.



G. Muestra H242885: 268.8 – 269.05m

Se aprecian sulfuros de manera diseminada y contenidos en vetillas, los sulfuros identificados son pirita y calcopirita. Se observan vetillas de cuarzo, otras con contenidos de sulfuros y de sericita (Figura 61).

Los cristales de calcopirita se encuentran siendo reemplazados por covelina, este tiempo de reemplazamiento tiende a presentarse desde los borde o en alguna fractura.

Se identificaron 6 tipos de estructuras (venas/vetillas/stringers): I) Vena extensional de cuarzo con textura sintaxial; II) Stringer tensional de cuarzo + pirita con textura sintaxial, donde la pirita se presentan de manera diseminada; III) Stringer tensional de pirita + cuarzo + bornita, con textura sintaxial; IV) Vena extensional de cuarzo + sericita + pirita + calcopirita con textura sintaxial, tiende a presentar forma un poco sigmoidal; V) Stringer extensional (escalonada) de pirita + calcopirita + bornita con textura sintaxial y; VI) Stringer tensional de calcopirita + cuarzo con textura sintaxial, no es continua y predomina el contenido de calcopirita.

Cronológicamente la vena IV se encuentra siendo cortada por la vena V y VI, la vena III corta a la vena I y la vena I corta la vena V (Figura 62) (Anexo 9).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py
- Paragénesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Ccp + Bn + Cv
- Paragénesis3 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Bn (Tabla 3.).

Figura 61. Minerales de mena de la muestra H242885. **A.** Cristales de calcopirita (Ccp) color amarillo latón junto con cristales cúbicos de pirita (Py). Objetivo 4x; **B.** Vetilla de sericita con calcopirita (Ccp), este sulfuro aparece de manera diseminada. Objetivo 4x.

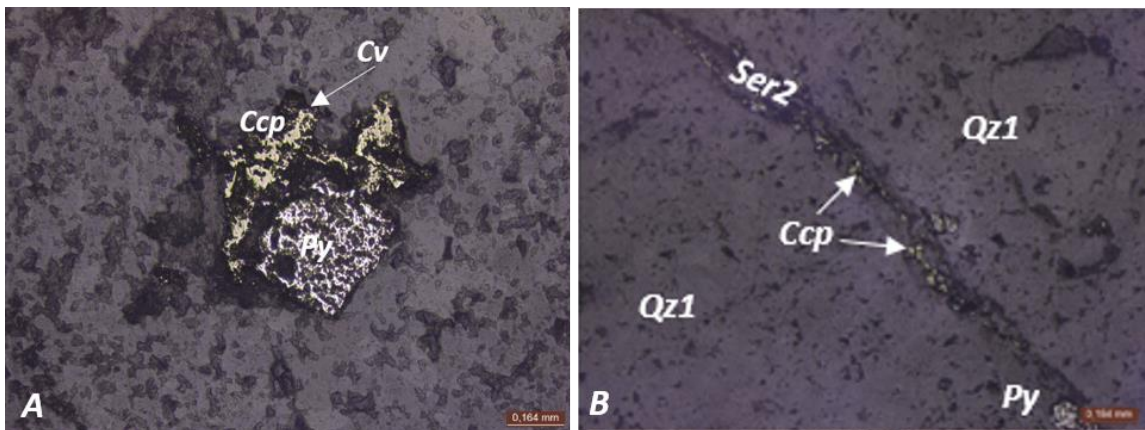


Figura 62. Fotografía y esquema del testigo H242885, donde se observan las diferentes estructuras (venas) identificadas en la muestra.



H. Muestra H242887: 271.6 – 271.7m

Los sulfuros se presentan de manera diseminada tanto en la matriz como en vetillas, dichos sulfuros corresponden a pirita y en menor proporción calcopirita. Los cristales son anhedrales y en algunos sectores se encuentran fracturados. Algunos cristales se encuentran siendo reemplazados por covelina (Figura 63).

En esta muestra fue posible identificar 3 tipos de venas: I) Vena de extensión de cuarzo con textura antitaxial; II) Vena tensión de pirita con textura sintaxial y; III) Vena sigmoidal de alunita + sericita con textura fibrosa (Figura 64) (Anexo 11).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 63. Minerales de mena de la muestra H242887. **AyB.** Cristales anhedrales de pirita (Py) y calcopirita (Ccp), los cuales se presentan de manera diseminada.

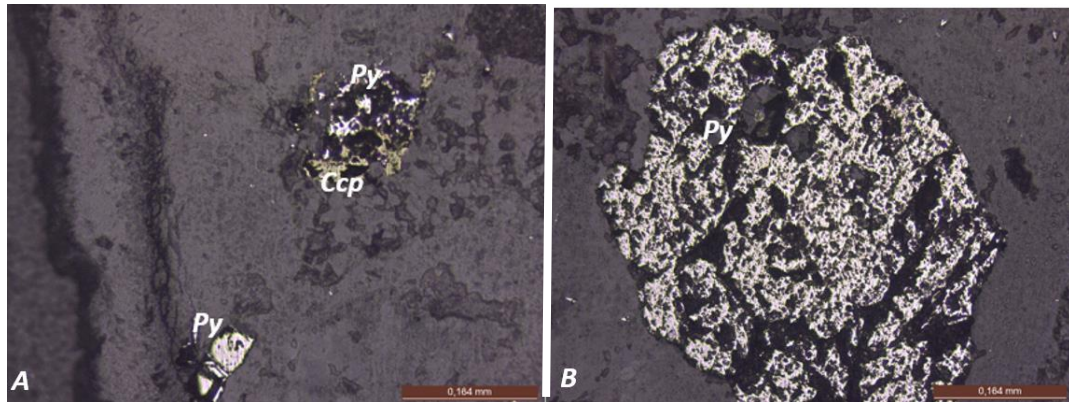
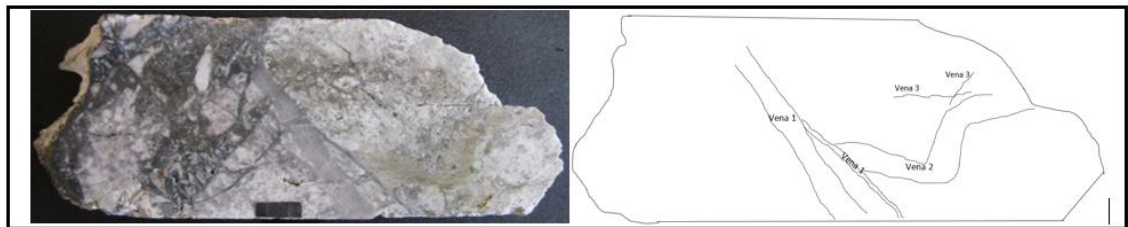


Figura 64. Fotografía y esquema del testigo H242887, donde se observan las diferentes estructuras (venas) identificadas en la muestra.



I. Muestra H242889: 275.35 – 275.55m

Como minerales de mena aparecen la pirita y la calcopirita contenido en vetillas y de manera diseminada en la matriz (Figura 65). Los cristales de pirita tienen a presentar formas cúbicas y se encuentran de forma masiva en algunas vetillas.

En total se identificaron 5 tipos de venas: I) Vena de extensión de cuarzo con textura sintaxial; II) Vena extensional de pirita con textura sintaxial; III) Vena de pirita fina + pirita Gruesa de tipo tensional con textura sintaxial; IV) Vena de cuarzo tensiona con textura sintaxial y; V) Vena de cuarzo + pirita tensional con textura sintaxial (Figura 66) (Anexo 12).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 65. Minerales de mena de la muestra H242889. **A.** Cristales de pirita (Py) y calcopirita (Ccp) contenidos en una vetilla de manera diseminada. Objetivo 4x; **B.** Vena de pirita (Py) masiva con forma irregular. Objetivo 4x; **C.** vetilla de illita/caolinita (Illt/Kln) con contenidos de calcopirita (Ccp) diseminada. Objetivo 4x; **D.** Cristales cúbicos de pirita. Objetivo 4x.

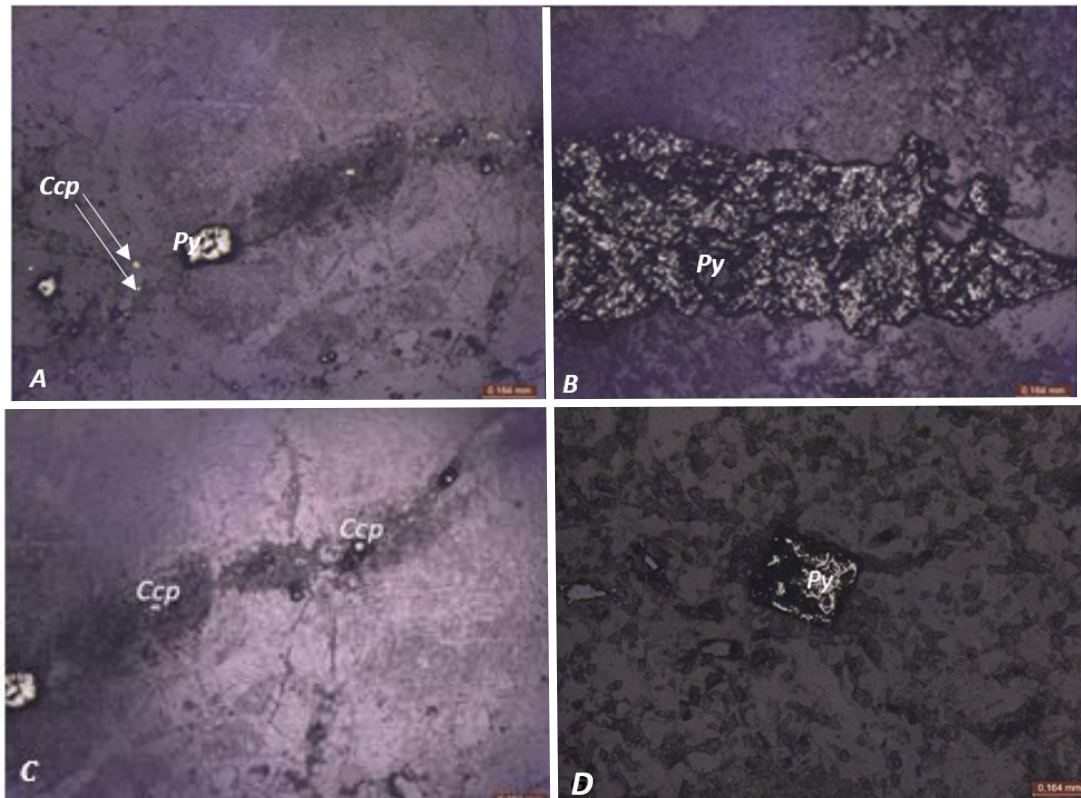
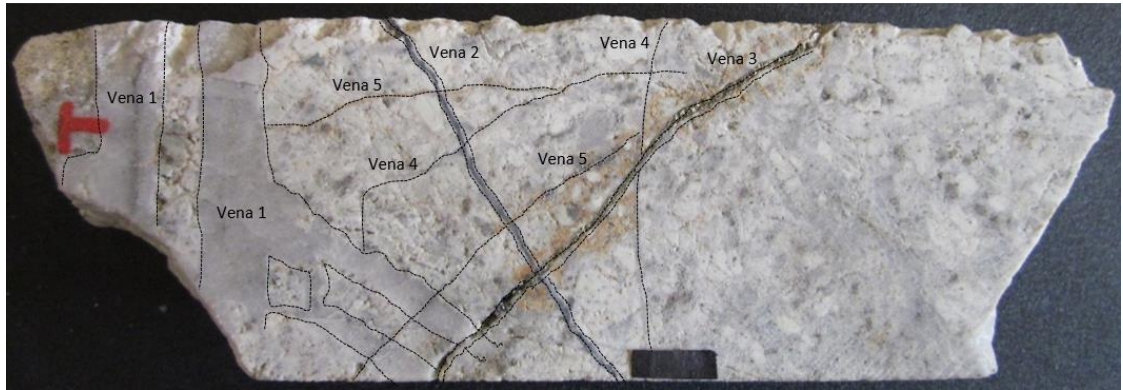


Figura 66. Muestra de mano H242889, donde se señalan las diferentes estructuras identificadas y sus relaciones de corte.



J. Muestra H242892: 278 – 278.15m

El contenido de sulfuros se presenta de manera diseminada y en diferentes vetillas principalmente. También se identificaron otros tipos de vetillas, como lo son las vetillas de Sericita y las que son solamente cuarzosas, las cuales corresponden a eventos finales presentes en la muestra, puesto que se encuentran atravesando otras estructuras.

Los sulfuros presentes corresponden en su mayor parte a pirita, calcopirita y aparecen covelina como mineral de alteración de la calcopirita (Figura 67); dichos cristales presentan formas anhedrales y se encuentran contenidos de manera masiva en vetillas.

En la muestra fue posible identificar 6 tipos de venas: I) Vena de tensión de cuarzo + pirita con textura sintaxial, los sulfuros se presentan de manera diseminada; II) Vena de tensión compuesta por pirita + bornita de textura sintaxial; III) Vena de pirita + cuarzo, de tipo extensional con textura sintaxial; IV) Vena de cizalla compuesta por cuarzo + alunita + pirita con textura antitaxial; V) Vena de pirita + cuarzo con halo proximal de sericita, de tipo tensional con textura sintaxial; VI) Vena tensional de cuarzo con textura sintaxial (Figura 68) (Anexo 13).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Bn
- Paragénesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 67. Minerales de mena de la muestra H242892. **A.** Cristales de calcopirita (Ccp) diseminados en la roca caja, dichos cristales presentan reemplazamiento de covelina (Cv) color purpura. Objetivo 10x; **ByC.** Vena irregular de pirita (Py) masiva. Objetivo 4x.

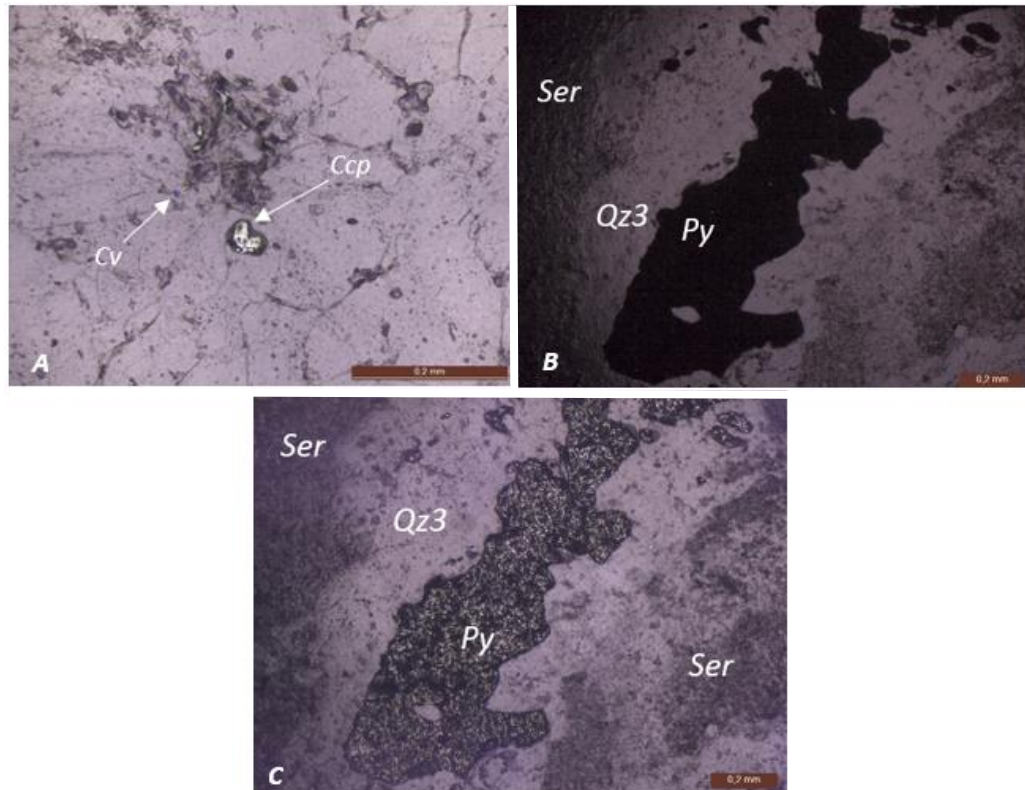
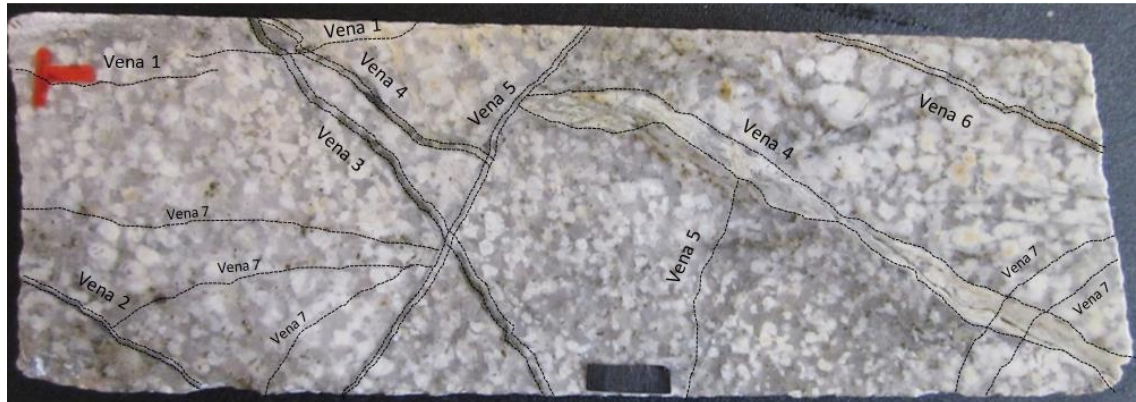


Figura 68. Muestra de mano H242892, donde se señalan las diferentes estructuras identificadas y sus relaciones de corte.

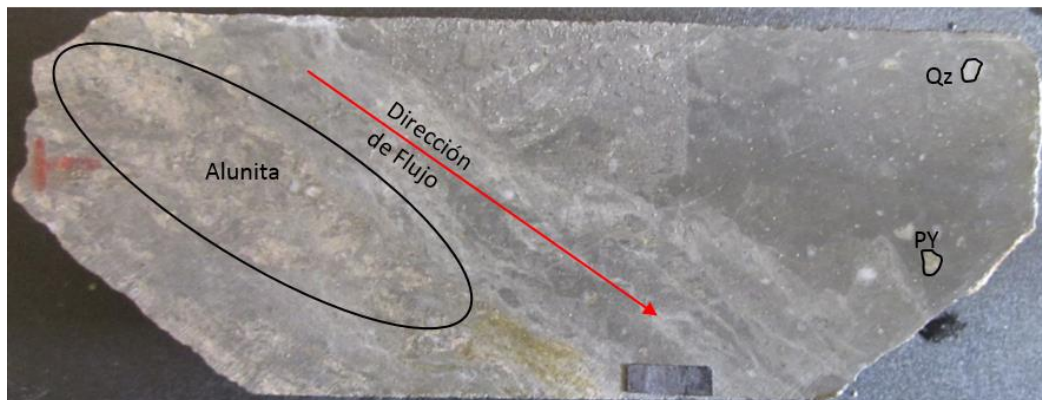


8.2.2. Pozo PL-10-12

A. Muestra I384777

La roca presenta sulfuros de manera diseminada y en acumulaciones un poco mayores (Clusters). Los contenidos de sulfuros son muy pocos. En algunos sectores se logra apreciar cierta dirección del flujo (Figura 69) (Anexo 14).

Figura 69. Muestra de mano I384777, donde se logra apreciar la dirección del flujo silíceo.



B. Muestra I384779 (1)-(2): 322.8 - 323m

La muestra presenta una vena de sulfuros, principalmente pirita (Py) y marcasita (Mrc), también presenta otro tipo de sulfuros en menor proporción (calcopirita-Ccp, covelina-Cv, digenita-Dg, enargita-Eng). La calcopirita presente se encuentra sufriendo abundante reemplazamiento, casi en su totalidad es enargita. También aparecen otros minerales como lo son la esfalerita (Sp) y la goethita (Gth) (Figura 70).

- Paragénesis1 (de la mena): Py + Mrc
- Paragénesis2 (de la mena): Ccp + Mrc + Sp + Cv + Dg
- Paragénesis3 (de la mena): Py + Ccp (Tabla 3.).

Figura 70. Minerales de mena de la muestra I384779. **A.** Cristales de pirita (Py) con forma euhedrales, con presencia de covelina (Cv) hacia los bordes y fracturas. Objetivo 4x; **B.** Cristal masivo y fracturado de marcasita (Mrc) en la parte izquierda de la imagen junto con un cristal grisáceo de esfalerita (Sp). Objetivo 4x; **C.** Cristales rojizos fracturados de goethita (Gth) con esfalerita (Sp). Objetivos 100x; **D.** Cristal de enargita (Eng) con reemplazamiento de covelina (Cv) hacia los bordes y en la parte interna digenita (Dg) color verdoso. Objetivo 4x.

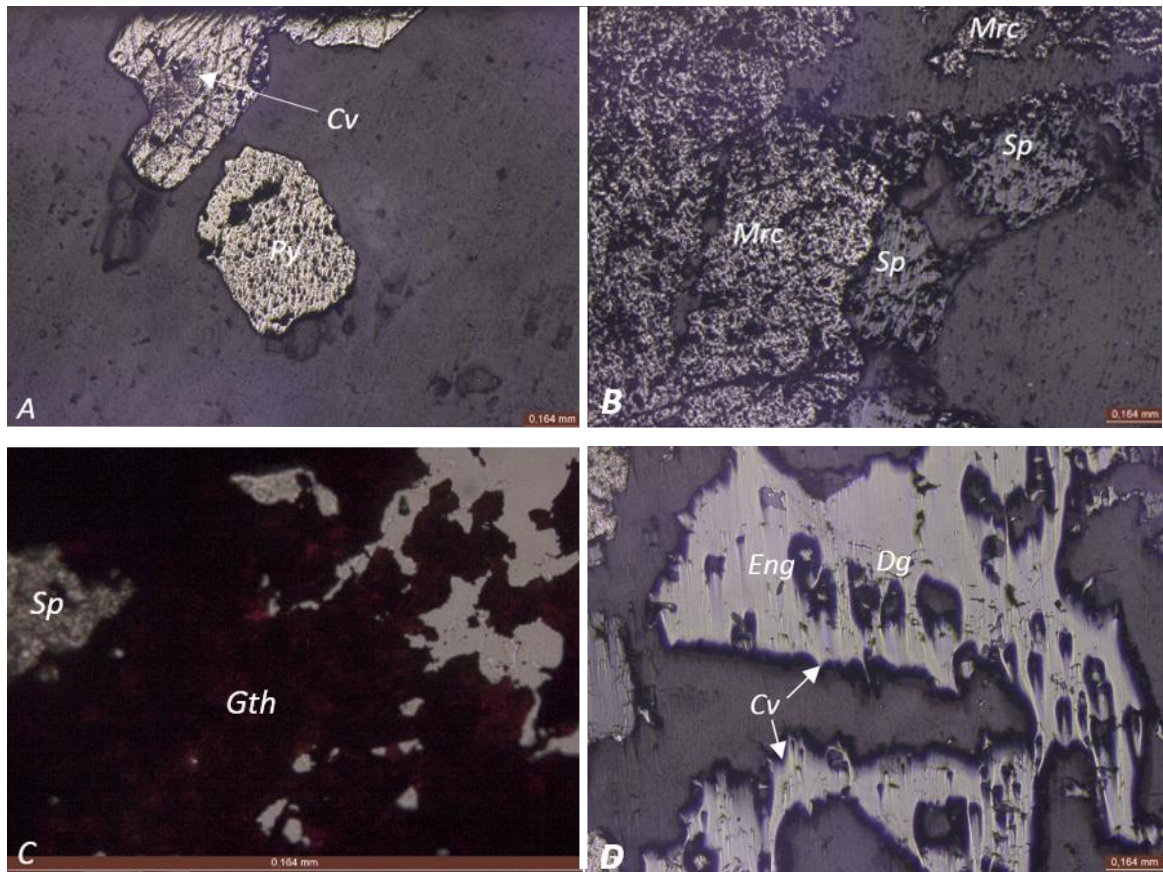
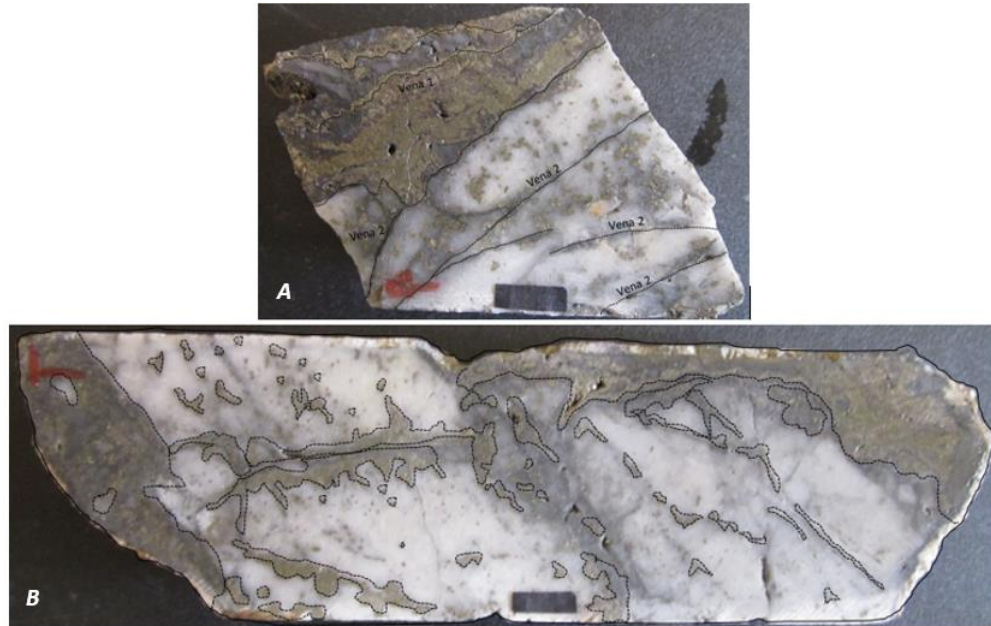


Figura 71. Muestra de mano **A.** I384779 (2); **B.** I384779 (2), donde es posible apreciar las diferentes estructuras presentes.



C. Muestra I384785: 328.5 – 328.65m

Presenta de manera diseminada contenidos de sulfuro, principalmente pirita (Py) y en menor proporción calcopirita (Pc), los cuales se encuentran siendo reemplazados por covelina (Cv) (Figura 72). Se aprecian vetillas conformadas por sulfuros y otras por cuarzo, estas últimas corresponden a eventos finales presentes en la roca, puesto que se encuentran atravesando otras estructuras. Los sulfuros se presentan de manera diseminada y en vetillas de forma masiva.

Se identificaron 6 tipos de venas: I) Vena de cizalla de cuarzo + pirita con textura sintaxial; II) Vena de extensión de pirita + cuarzo con halo proximal de sericita con textura sintaxial; III) Vena tensional de cuarzo + pirita con textura sintaxial; IV) Vena extensional de cuarzo con textura antitaxial; V) Vena de cuarzo de tipo extensional con textura sintaxial y; VI) stockwork de cuarzo sintaxial (Figura 73) (Anexo 17).

- Paragénesis (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 72. Minerales de mena de la muestra I384785. **A.** en el centro de la fotografía se observa un cristal de epidota (Ep) el cual presenta formar redondeada y altos colores de birrefringencia, dentro de cuarzo metamórficos (Qz2). Objetivo 10x; **B.** Cristales de pirita (Py) fracturados y brechados, los cuales hacen parte de una vetilla. Objetivo 4X; **C.** Cristales anhedrales de calcopirita (Ccp) con borde de alteración purpuras que corresponden a covelina (Cv).Objetivo 100X.

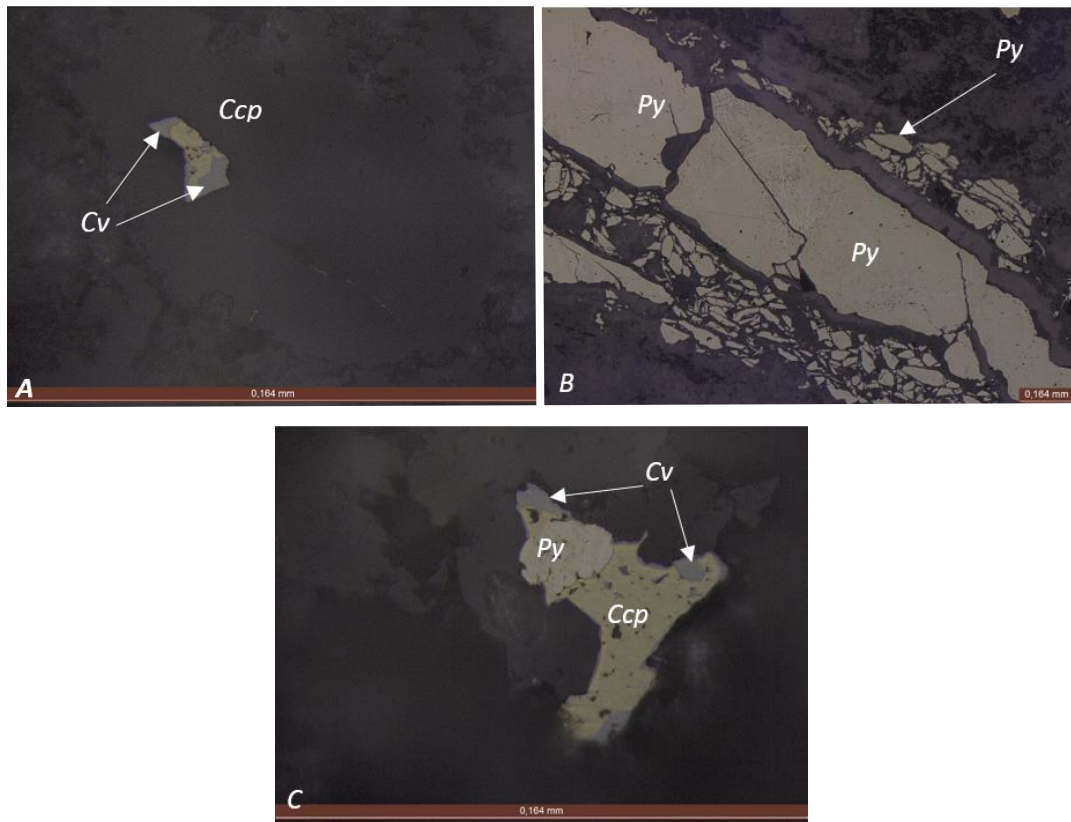


Figura 73. Muestra de mano muestra I384785, donde es posible apreciar las diferentes vetillas y las relaciones de corte.



8.1.3. Pozo PL-10-15

A. Muestra I384960 (1)-(2): 264.5 – 264.8m

Presenta sulfuros de manera diseminada y contenido en vetillas, principalmente pirita (Figura 74). Se lograron observar dos tipos de vetillas (Figura 75); la primera corresponde a un vetilla con textura terrosa y tamaño de grano muy fino de composición illita/caolinita y contenido de pirita de manera diseminada y; la segunda corresponde a una vetilla de cuarzo y pirita diseminada, la cual se encuentra siendo cortada por la vetilla mencionada anteriormente (Anexo 18, 19).

- Paragénesis (de la mena): Py (Tabla 3.).

Figura 74. Minerales de mena de la muestra I384960. **AyB.** Cristales anhedrales de pirita, dentro de una matriz cuarzo - sericitica.

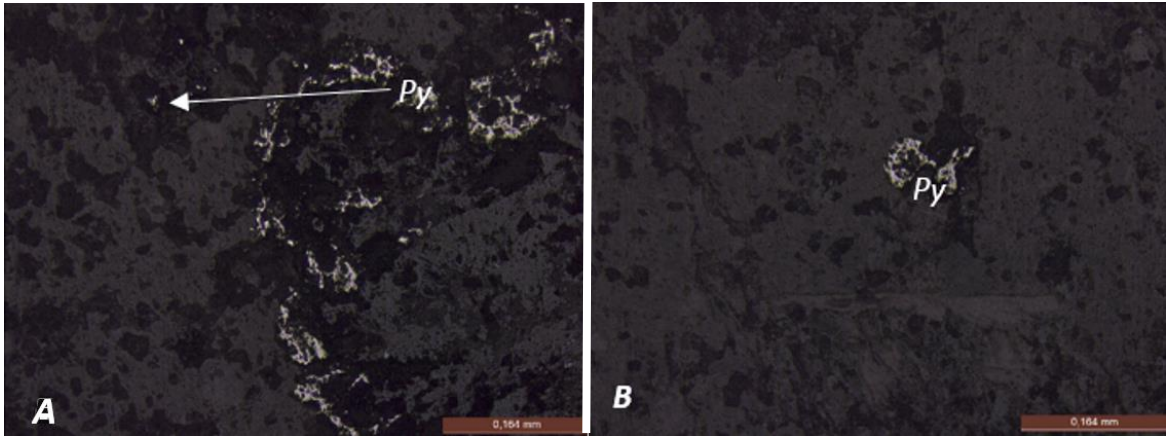
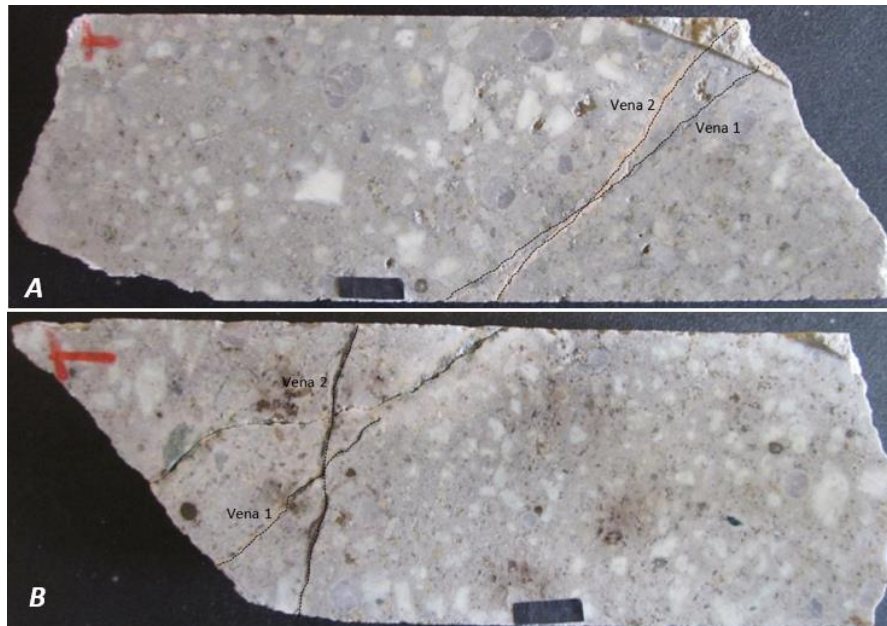


Figura 75. **A.** Muestra de mano muestra I384960 (1); **B.** Muestra de mano muestra I384960 (2). Donde es posible apreciar las diferentes vetillas y las relaciones de corte.



B. Muestra I384961 (1) y (2): 266,85 – 267m

Los sulfuros se presentan a manera de stockwork y diseminados en la matriz silíceo, donde predomina la presencia de pirita, también se encuentran minerales como digenita, covelina, tenantita-tetraedrita y calcopirita. La digenita, la covelina y la tenantita aparecen como minerales de reemplazamiento de los otros sulfuros (Figura 76, 77).

Muestra I384961 (1) se identificaron dos tipos de venas: I) Vena tensional de cuarzo con textura sintaxial y; II) Vena extensional de pirita + cuarzo con textura sintaxial (Figura 78A) (Anexo 20, 21).

Muestra I384961 (2) se identificaron 6 tipos de estructuras: I) Stringer tensional de cuarzo con textura sintaxial; II) Stringer extensional de pirita + cuarzo con textura sintaxial; III) Vetilla tensional de pirita con textura sintaxial; IV) Vetilla tensional de pirita + bornita + cuarzo con textura sintaxial; V) Stringer tensional de bornita con textura sintaxial y; VI) Vetilla tensional de calcopirita + bornita + cuarzo. Según su relación de corte la vena 2 corta a la vena 4, la vena 1 corta a la vena 4-5-6-7 y la vena 3 corta a la vena 4 (Figura 78B) (Anexo 22).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py
- Paragenesis2 (de la fase mineralizante en las vetillas): Bn
- Paragénesis3 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py + Bn
- Paragénesis4 (de la fase mineralizante en las vetillas): Ccp + Bn (Tabla 3.).

Figura 76. Minerales de mena de la muestra I384961 (1). **A.** Cristal anhedral de pirita (Py) sienta afectado por un evento de brechificación, lo que genero fracturamiento y posterior movimiento de los fragmentos del cristal. Objetivo 10x; **B.** Cristales anhedrales de pirita (Py) con alteración de covelina (Cv) con tonalidad purpura hacia los bordes, también se observan cristales de digenita (Dg) verdosos y tenantita/tetraedrita (Ttn). Objetivo 10X; **C.** Cristales cúbicos de pirita (Py), los cuales presentan una división. Objetivo 100x; **D.** Vetilla de cuarzo con sulfuros diseminados, también se aprecia que dicho fluido contribuyo al fracturamiento de los cristales que se encontraban cerca. Objetivo 10x.

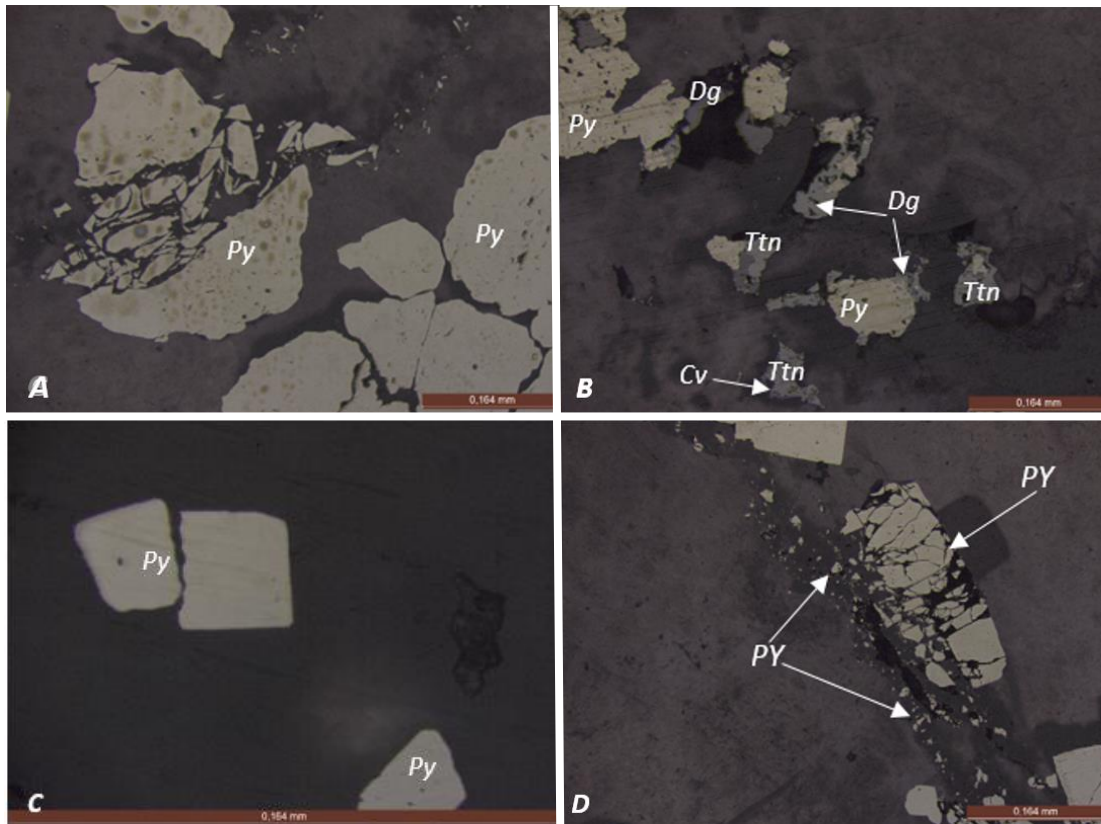


Figura 77. Minerales de mena de la muestra I384961 (2). **A.** Vetilla masiva e irregular de pirita (Py). Objetivo 4x; **B.** Cristales anhedrales de pirita (Py). Objetivo 4x

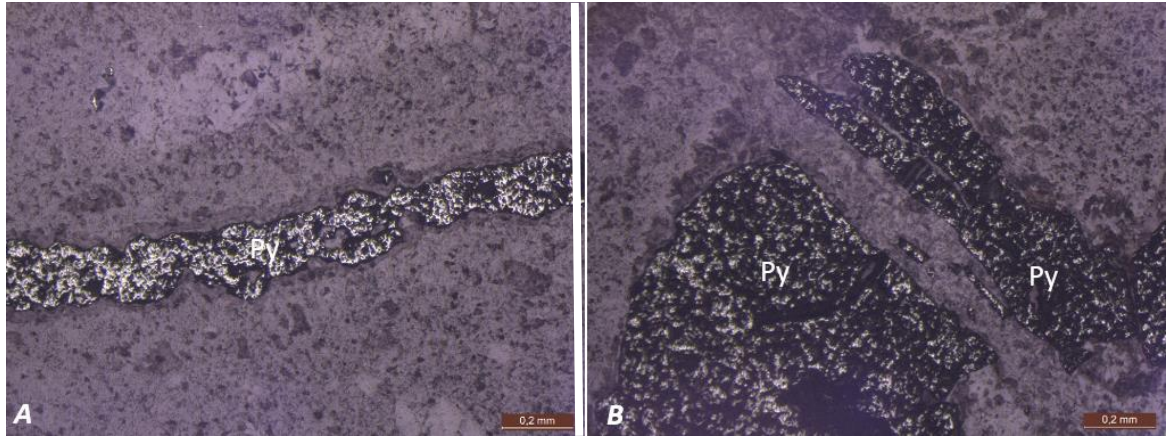
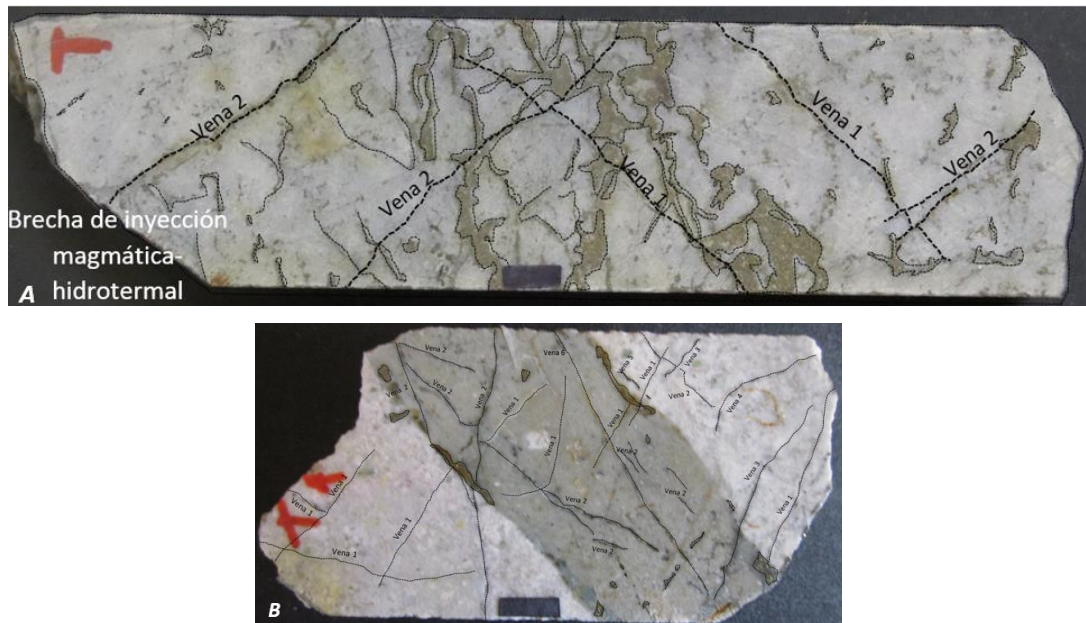


Figura 78. **A.** Muestra I384961 (1); **B.** Muestra I384961 (2), donde se aprecian los diferentes tipos de vetillas.



C. Muestra I384965: 272.8 – 272.9 m

Contiene sulfuros de manera diseminada y en una vena brechada y cizallada, la cual presenta una dirección de flujo. Los sulfuros presentes son en mayor porcentaje pirita (Py) y en menor calcopirita (Ccp), con algunos minerales que se encuentran reemplazándolos como lo son la covelina (Cv), la enargita (Eng) y la tetraedrita (Ttr) (Figura 79, 80).

Se identificaron principalmente dos tipos de venas: I) Pirita fina grisácea + cuarzo, corresponde a la vena principal de cizalla y; II) Vetilla de cuarzo, la cual corta las venas tipo 1 (Figura 81) (Aneo 23).

- Paragénesis1 (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 79. Minerales de mena de la muestra I384965. **AyB.** Luz reflejada paralelos y cruzados. Cristales brechados de pirita (Py, donde se logra apreciar la dirección de flujo). Objetivo 4X.

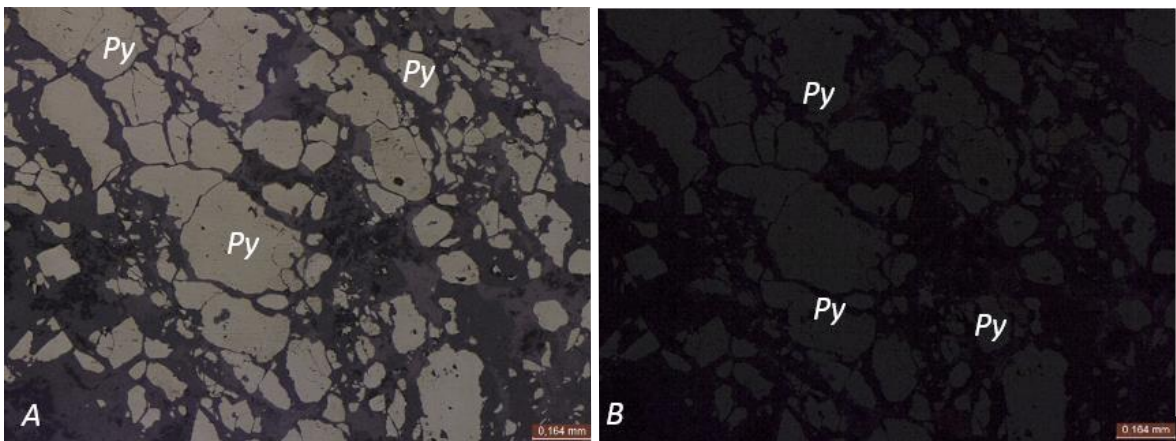


Figura 80. Minerales de mena de la muestra I384965. **CyD.** Luz reflejada. Cristales de pirita (Py) color amarillo latón siendo reemplazados por covelina (Cv) hacia los bordes, la cual es de color púrpura, también se aprecia un cristal de titanita (Ttr) color grisáceo y enargita (Eng) de color gris rosáceo. Objetivo 10x; **E.** Se aprecia un cristal de enargita (Eng) el cual hacia los bordes presenta covelina (Cv) y tetraedrita (Ttr) color gris. Objetivo 100x; **F.** Cristales cúbicos de pirita (Py) junto con digenita (Dg). Objetivo 4X.

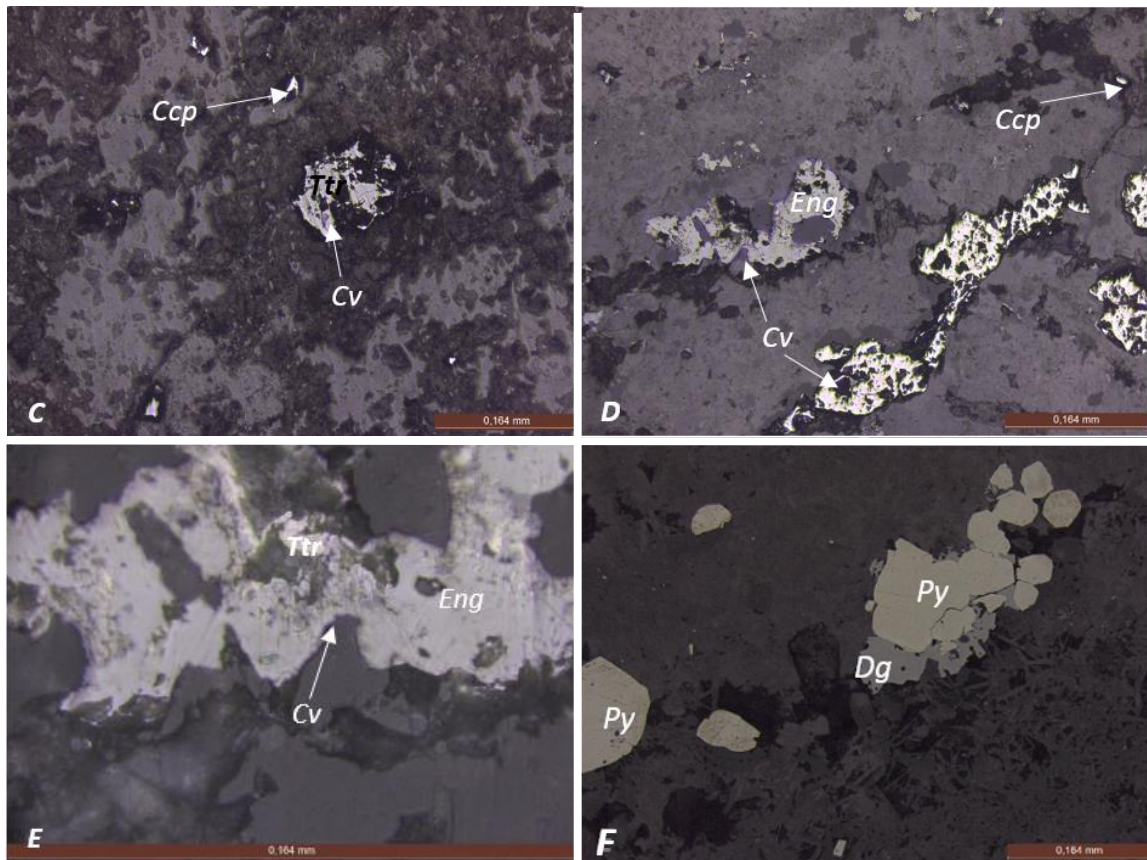


Figura 81. Muestra I384965, donde se aprecian los diferentes tipos de vetillas y sus relaciones de corte.



8.2.4. Pozo PL-11-01

A. Muestra J301649: 198 -198.2m

El sulfuro se presenta de manera diseminada tanto en la roca caja como en vetillas, dicho sulfuro corresponde a pirita (Figura 82). También se identificaron dos tipos de vetillas principalmente: I) Vetillas tensionales de cuarzo con textura sintaxial y; II) Vetillas de cuarzo - pirita de tipo extensional con textura sintaxial (Figura 83) (Anexo 24).

- Paragénesis (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 82. Minerales de mena de la muestra J301649. **AyB.** Luz reflejada nicoles paralelos y cruzados. Cristal cubico de pirita (Py). Objetivo de 100X. **CyD.** Nicoles cruzados y luz reflejada. Cristales anhedrales de pirita (Py) incluidos en cristales de cuarzo. Objetivo de 10x.

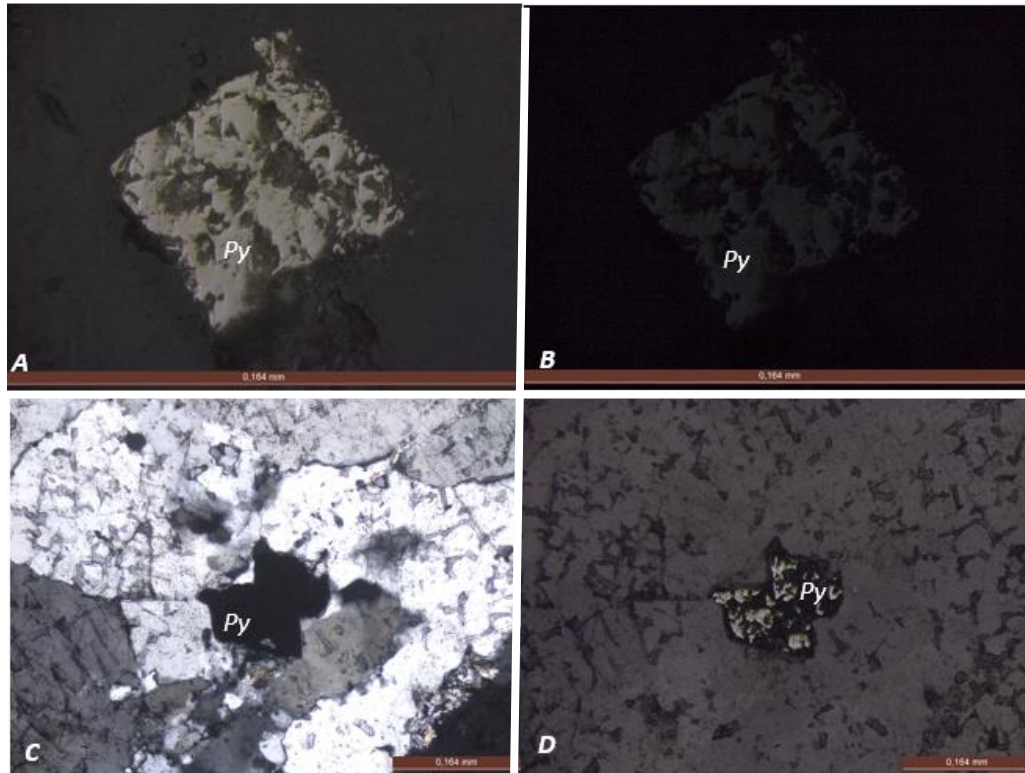
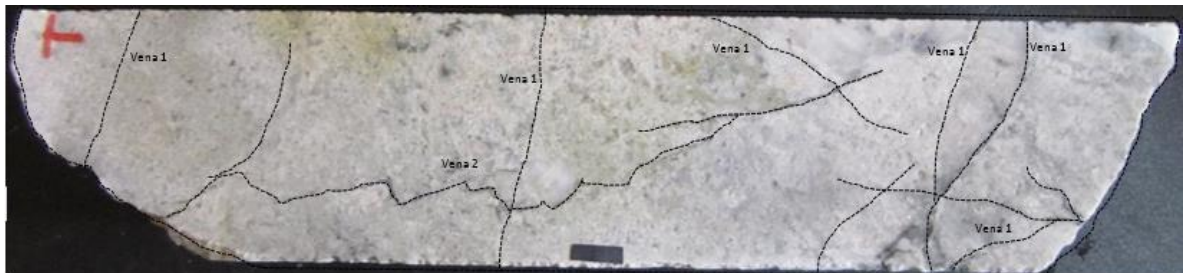


Figura 83. Muestra J301649, donde se aprecian los diferentes tipos de vetillas y sus relaciones de corte.



B. Muestra J301651: 200.7 – 200.85m

Los sulfuros presentes corresponden a pirita en mayor proporción y calcopirita en menor proporción, dichos sulfuros se presentan de manera diseminada y contenidos en vetillas (Figura 84).

Se logran distinguir principalmente dos vetillas: I) Vetilla extensional de cuarzo vuggy + sericita + pirita con textura sintaxial y; II) Vetilla extensional de cuarzo (Figura 85) (Anexo 25).

- Paragénesis (de la fase mineralizante en las vetillas): Py (Tabla 3.).

Figura 84. Minerales de mena de la muestra J301651. **A.** cristal de calcopirita (Ccp) color amarillo latón junto a cristales de pirita (Py) de menor tamaño. Objetivo 10x; **B.** Matriz de la roca caja con textura porfiritica, conformada por cuarzo microcristalino (Qz1), piritas (Py) cubicas y anhedrales y pequeños cristales cuarzos ígneos (Qz3). Objetivo 4x.

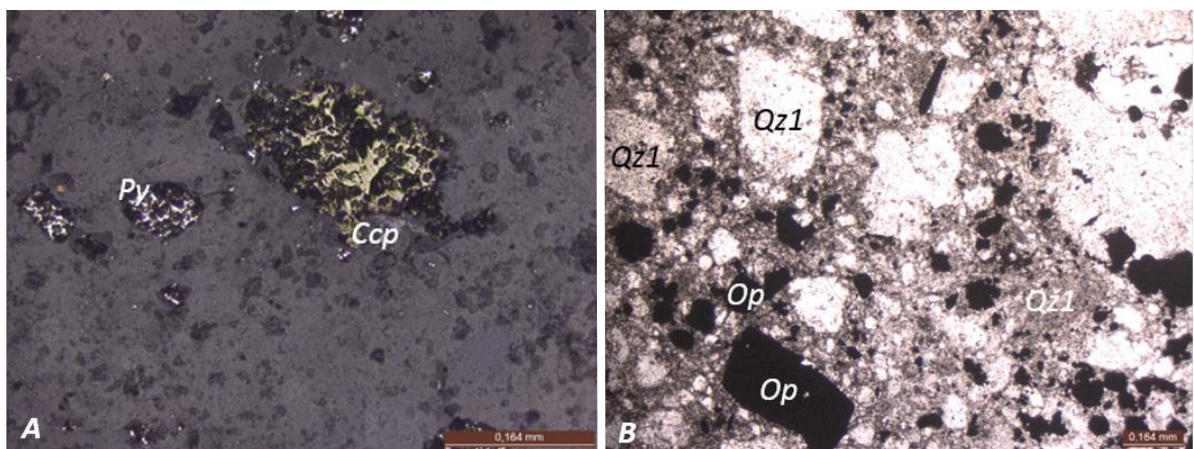


Figura 85. Muestra J301651, donde se aprecian los diferentes tipos de vetillas.



C. Muestra J301654: 203.6 – 203.7 m

Presenta cristales de pirita anhedrales de manera diseminada y en pequeñas acumulaciones (Closters) (Figura 86). En algunos sectores aparecen vetillas de Cuarzo con pirita, dichas vetillas se presentan en poca proporción (Figura 87).

- Paragénesis (de la mena): Py (Tabla 3.).

Figura 86. Minerales de mena de la muestra J301654. **A y B.** Cristales anhedrales y cúbicos de pirita (Py), los cuales se presentan de manera diseminada en la muestra, en algunos sectores se logran apreciar acumulaciones mayores del mineral, pero predominan los cristales de tamaño de grano fino y formas anhedrales. Objetivo 4x.

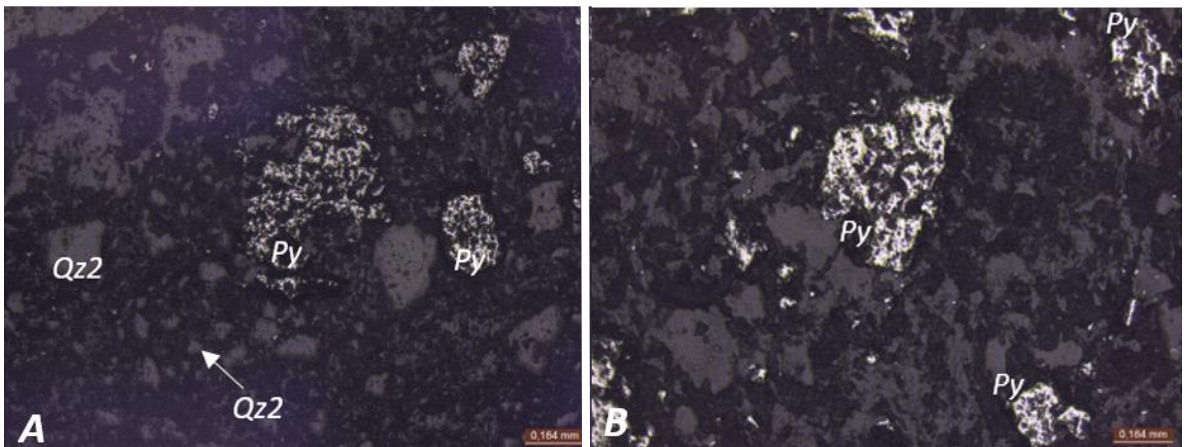


Figura 87. Muestra J301654.



Tabla 3. Paragénesis de las fases mineralizantes de las vetillas presentes en las muestras estudiadas.

Muestras	From (m)	To (m)	Paragenesis	Tipo de estructura	Textura
H242815 (1)	145.05	145.15	Py	Vena de tension	sintaxial
			Py + Cop + Cv	Vena se tension	sintaxial
H242815 (2)	145.5	145.6	Py	Vena de extension, tension	sintaxial/antitaxial
			Eng	Vena de extension	sintaxial
H242818	151.5	151.55	Py + Cop + Cv	Mena en la roca	
H242836	182.60	182.80	Py + Cop + Cv + Ttr/Tnt	Banda (extension)	sintaxial
			Py + Cop + Mrc		
			Py		
H242838	187.20	187.40	Py	vena de extension	sintaxial
			Py + Mrc	vena de extension	antitaxial
			Py + Cop + Cv	vena de tension	sintaxial
H242841	192,6	192,75	Py + Cop + Cv	stockwork. Roca caja	sintaxial
			Py + Cop + Bn + Cv + Ttr/Tnt		
H242885	268,8	269,05	Py	Vena de tension	sintaxial
			Py + Bn	Vena de tension	sintaxial
			Py + Cop + Cv + Bn	vena de extension	sintaxial
H242887	271,6	271,7	Py	vena de tension	sintaxial
H242889	275,35	275,55	Py	Vena tensional /extensional	sintaxial
H242892	278	278,15	Py + Bn	Vena de extension	sintaxial
			Py	vena de tension	sintaxial
I384779	322,8	323	Py + Mrc	stockwork. Roca caja	sintaxial
			Cop + Mrc + Sp + Cv + Dg		
			Py + Cop		
I384785	328,5	328,65	Py	Vena de cizalla	Sintaxial
I384960	264,5	264,8	Py	vena de tension	sintaxial
I384961	266,85	267	Py	vena de extension	sintaxial
			Bn	vena tensional	sintaxial
			Py + Bn	vena de tension	sintaxial
			Cop + Bn	Vena de tension	sintaxial
I384965	272,8	272,9	Py	vena de cizalla	sintaxial
J301649	198	198,2	Py	vena de extension	sintaxial
J301651	200,7	200,85	Py	vena de extension	sintaxial
J301654	203,6	203,7	Py	Roca caja	

8.3 MINERALOGIA DE MENA

Como mineral de mena predominante en todas las muestras analizadas aparece la pirita (Tabla. 3), la cual se manifiesta en dos estados de formación: I) Cristales grandes bien formados, los cuales corresponden a estados más antiguos, dichos cristales se presentan en poca proporción en algunas muestras y; II) Cristales con tamaños más finos, los cuales se presentan principalmente como relleno de venas y de manera diseminada en la matriz de las rocas, dichos cristales corresponden a un estado más joven que los mencionados anteriormente.

También se presentan en menor proporción cristales de calcopirita anhedrales, los cuales se encuentran de manera diseminada; otros minerales de sulfuros accesorios que se observaron corresponden a marcasita, tenantita/tetraedrita, enargita, hematita, goethita y esfalerita. Como minerales de reemplazamiento de sulfuros aparece la digenita, covelina, bornita y malaquita.

8.4 MINERALOGIA DE GANGA

Se reconocieron diversos tipos de cuarzos: I) Cuarzos microcristalino, los cuales se presentan como parte de la matriz de la roca caja y en algunos casos como relleno de vetillas; II) Cuarzos metamórficos, con abundante grado de deformación en la mayoría de casos observados y con bordes de reacción; III) Cuarzos ígneos con formas redondeadas y algunos con extensos bordes de reacción, dichos cristales tienen a aparecer se maneras más diseminadas, con tamaños pequeños y sin indicios de deformación; IV) Cuarzos tipo mosaico y en peine, los cuales aparecer como rellenos de venas con sulfuros diseminados y brechados. También se presentan en menor proporción microclinas, feldespatos y micas (Tabla. 4).

Tabla 4. Mineralogía de Mena, Ganga y Alteración de cada una de las muestras; **donde** la línea continua representa la presencia del mineral y la línea discontinua representan la ausencia del mineral en la muestra.

MINERALOGÍA DE MENA, GANGA Y ALTERACIONES																									
POZO	MUESTRA	Mineralogía de Alteración					Mineralogía de Ganga				Mineralogía de Mena														
		Ser	Ill	Kln	Alu	Ep	Qz	Mc	Kfs	Ms	Py	Ccp	Cv	Mrc	Hem	Gth	Ttr/Tnt	Mlc	Bn	Eng	Dg	Sp	Ttn		
PL-10-04	H242815(1)	█					█	█			█	█	█												
	H242815(2)	█					█	█			█	█	█												
	H242818	█	█	█			█	█			█	█	█												
	H242836 (1)	█	█	█			█	█	█		█	█	█	█	█	█									
	H242836 (2)	█	█	█			█	█			█	█	█	█	█	█									
	H242838	█				█	█	█			█	█	█	█	█	█									
	H242841	█					█	█			█	█	█			█		█	█					█	
	H242885	█	█	█			█	█			█	█	█												
	H242887	█	█	█			█	█	█		█	█	█												
	H242889	█	█	█		█	█	█		█	█	█	█												
H242892	█					█	█			█	█	█													
PL-10-12	I384777	█			█		█	█			█	█	█												
	I384779 (1)	█					█	█			█	█	█												
	I384779 (2)	█		█			█	█			█	█	█			█				█		█		█	
	I384785(1)	█			█	█	█	█			█	█	█												
	I384785(2)	█				█	█	█			█	█	█												
PL-10-15	I384960 (1)	█	█	█			█	█	█		█	█	█												
	I384960 (2)	█	█	█			█	█			█	█	█												
	I384961 (1)	█	█	█			█	█			█	█	█												
	I384961 (2)	█	█	█			█	█			█	█	█												
	I384965	█	█	█			█	█			█	█	█												
PL-11-01	J301649	█					█	█			█	█	█												
	J301651	█					█	█			█	█	█												
	J301654	█					█	█			█	█	█												

8.5 MINERALOGIA DE ALTERACIÓN

La sericita aparece como mineral de alteración predominante, la cual se presenta con hábito tabular y altos colores de interferencia, se encuentra en la mayor parte las muestras, conformando la matriz de la roca caja junto con el cuarzo. Otros minerales que se presentan son la illita/caolinita, con textura terrosa y tamaño de grano fino; la alunita aparece en algunas muestras y la epidota se presenta como mineral accesorio en las rocas ígneas. En algunas muestras es posible apreciar más de un tipo de alteración hidrotermal superpuesta (Tabla. 5).

Tabla 5. Alteraciones de las diferentes muestras con su respectivo tipo de roca.

ALTERACIONES HIDROTERMALES						
POZO	MUESTRA	TIPO DE ROCA CAJA	TIPO DE ALTERACIÓN			
			Cuarzo-Alunita	Illita-Caolinita	Cuarzo-Sericita	Sílice
PL-10-04	H242815(1)	Diorita			•	
	H242815(2)	Diorita			•	
	H242818	Brecha Tectónica-Hidrotermal		•	•	
	H242836 (1)	Diorita		•	•	
	H242836 (2)	Diorita		•	•	
	H242838	Diorita		•	•	
	H242841	Brecha hidrotermal		•	•	
	H242885	Diorita		•	•	•
	H242887	Brecha tectónica-hidrotermal		•	•	
	H242889	Diorita	•	•	•	
H242892	Diorita			•		
PL-10-12	1384777	Brecha hidrotermal	•	•	•	•
	1384779 (1)	Brecha hidrotermal		•	•	•
	1384779 (2)	Brecha hidrotermal		•	•	•
	1384785(1)	Diorita	•		•	
	1384785(2)	Diorita			•	
PL-10-15	1384960 (1)	Pórfido Dacítico		•	•	
	1384960 (2)	Pórfido Dacítico		•	•	
	1384961 (1)	Brecha hidrotermal				•
	1384961 (2)	Brecha hidrotermal	•	•	•	•
	1384965	Diorita	•	•	•	
PL-11-01	J301649	Diorita	•		•	•
	J301651	Pórfido Dacítico	•		•	•
	J301654	Brecha tectónica	•		•	

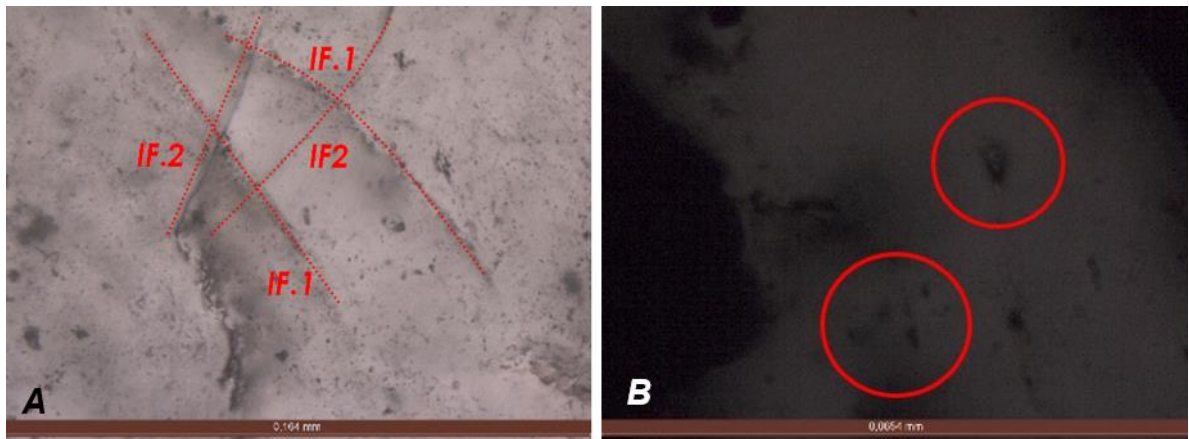
8.6 INCLUSIONES FLUIDAS

Se realizaron tres secciones delgadas para análisis petrográfico de inclusiones fluidas, dichas secciones se llevaron a cabo a partir de las siguientes muestras, I384785 (1), I384965 y, I384961 (1), las cuales corresponden a dioritas.

En los análisis petrográficos de las secciones realizadas, fue posible identificar principalmente dos tipos de inclusiones fluidas, las cuales son primarias y secundarias, de tipo I, II y III; a su vez estas también son subdivididas dependiendo del tipo de fases que la compongan (liquido-L, vapor-V y, solido/halita-H), del porcentaje de las fases, de su Forma (redondas, ovaladas, irregulares y cubicas) y, también fueron clasificadas según la clasificación de Nash (1941).

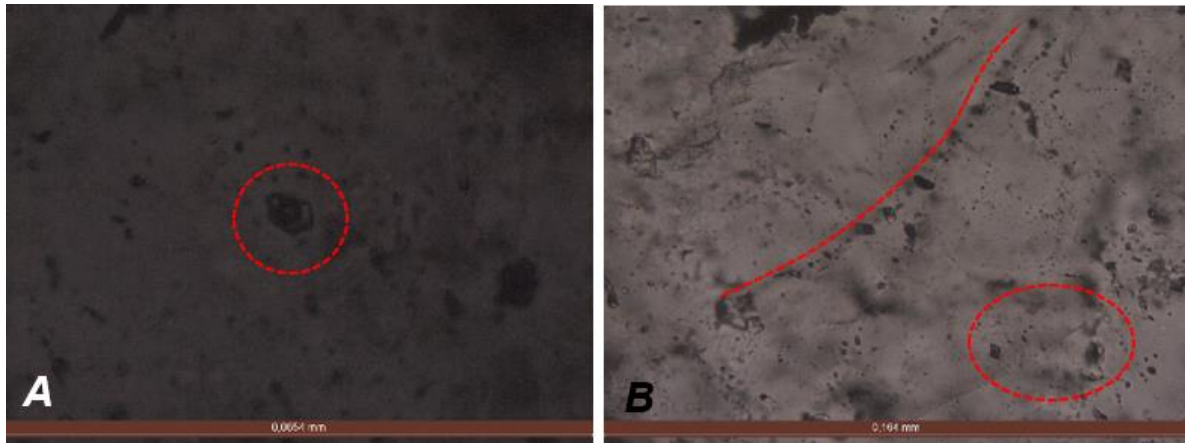
La muestra I384785(1) (Anexo 66) corresponde a una vena de cuarzo hidrotermal junto con vetillas de sulfuros brechados, donde es posible apreciar tres tipos de inclusiones fluidas dependiendo de las fases que la compongan: I) Inclusiones fluidas de una sola fase (100% liquido), las cuales presentan formas principalmente redondeadas y algunas con formas irregulares en menor proporción (Figura 88A), con tamaños aproximados de 7 μm ; II) Inclusiones fluidas de dos fases (L/V), con proporciones que varían entre 60/40 a 80/20 y formas ovaladas, irregulares, redondas (Fig. 88B), con tamaños de 7 μm a 10 μm , dichas inclusiones son de tipo I y; III) Inclusiones fluidas de tres fases (L/V/H), las cuales presentan formas cúbicas y están dispuestas de manera dispersada y en poca proporción (Figura 88B) tamaños de aproximadamente 14 μm , las cuales corresponden a inclusiones fluidas de tipo III según la clasificación de Nash (1941).

Figura 88. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384785 (1). **A.** Inclusiones fluidas primarias (IF.1) cortadas por inclusiones fluidas secundarias (IF.2). Objetivo 100x; **B.** En el círculo superior una inclusión fluida de tres fases (L/V/H) y en el círculo inferior algunas inclusiones fluidas primarias con forma irregular y dos fases (L/V). Objetivo 100x.



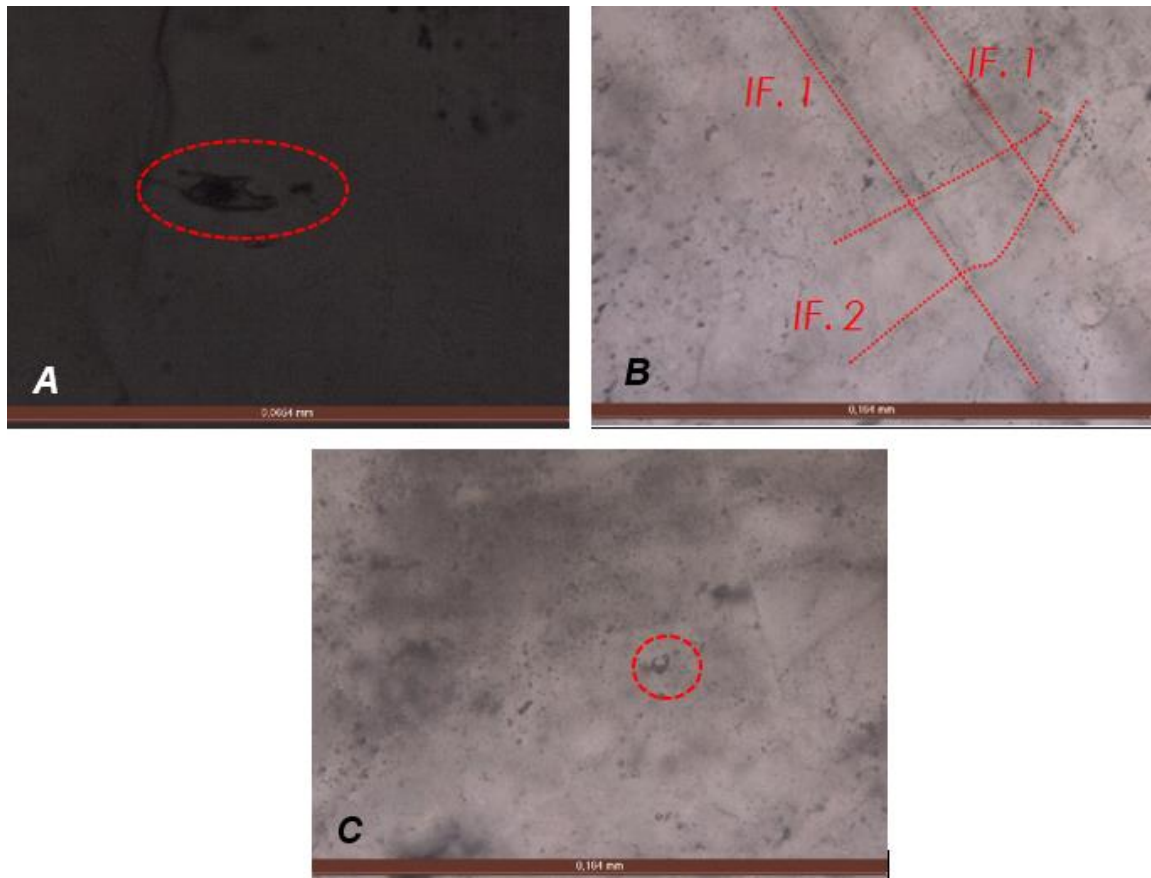
La muestra I384965 (Anexo 67) corresponde a una vena de sulfuros brechados con cuarzo y pequeñas vetillas de cuarzo, dentro de la cual es posible identificar dos tipos de inclusiones fluidas: I) Inclusiones fluidas de una fase (Líquido), las cuales tienden a presentar formas redondeadas y algunas cúbicas, tamaño de aproximado de 5 μm y; II) Inclusiones fluidas de dos fases (L/V), las cuales presentan un porcentaje de fases que varía entre 60/40 y 70/30, con formas principalmente ovaladas, irregulares y redondas (Figura 89), tamaño de 8 a 10 μm , dichas inclusiones fluidas son clasificadas como tipo I según la clasificación de Nash (1941).

Figura 89. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384965. A. Inclusión fluida de dos fases (L/V), con forma irregular. Objetivo 100x; B. inclusiones fluidas de una fase y formas redondeadas, las cuales siguen patrones lineales, también se observan inclusiones fluidas de dos fases las cuales se presentan de manera dispersa. Objetivo 100x.



La muestra I384961 (1) (Anexo 68) corresponde a un stockwork de sulfuros y cuarzo, donde fue posible identificar tres tipos de inclusiones fluidas: I) inclusiones fluidas de una fase (Líquido) las cuales presentan principalmente formas redondeadas, tamaños aproximados de 4 μm ; II) Inclusiones fluidas de dos fases (L/V), las cuales presentan formas irregulares, ovaladas y redondeadas, donde el porcentaje de las fases es aproximadamente de 60/40 a 80/20, tamaños que varían de 5 μm , en su mayoría son de tipo I y en menor proporción aparecen de tipo II y; III) Inclusiones fluidas de tres fases (L/V/H), con formas cubicas y un porcentaje de fases de 50L/35V/15H (Figura 90), tamaños de 7 μm aproximadamente, las cuales corresponden a inclusiones fluidas de tipo III.

Figura 90. Fotografías de inclusiones fluidas muestra I384961 (1). A. inclusión fluida con forma irregular y compuesta por dos fases (L/v). Objetivo 100x; B. Inclusiones fluidas primarias (IF.1) cortadas por inclusiones fluidas secundarias (IF.2), las cuales tienden a presentar una sola fase. Objetivo 100x; C. inclusión fluida cubica con tres fases (L/V/H). Objetivo 100x.



Las inclusiones fluidas primarias presentan principalmente formas redondeadas y están compuestas por una sola fase de líquido, mientras que las inclusiones fluidas secundarias tienen a presentar formas más irregulares y ovaladas. Cuando se aprecian en un mismo sector inclusiones fluidas primarias y secundarias, en la mayoría de los casos se encuentran siguiendo patrones rectilíneos. Algunas inclusiones fluidas primarias se encuentran hacia los bordes de crecimiento de los cristales.

Raley (2012) realizó un estudio de inclusiones fluidas en dos venas, correspondientes a el pozo PI-10-01 del prospecto La Plata: I) Vena tipo D (Muestra 079, 466-466,1m) la cual presenta cuatro tipos de inclusiones fluidas, la primera corresponde a una inclusión conformada por L/V (80/20), con salinidades entre 17-24 wt. % NaCl equiv., temperaturas de homogenización (Th) de 341°C – 412°C; las segundas corresponden a inclusiones fluidas de tres fases (Líquido-75% /Vapor-20% /anhidrita-5%), con salinidades de 24-26 wt. % NaCl equiv., Th de 349°C-400°C y temperaturas de fusión (Tf) de -23°C; el tercer tipo de inclusiones fluidas presentan tres fases Líquido/Vapor/hydrohalita o clatratos con temperaturas de fusión de -23°C y 0°C y; el cuarto tipo corresponde a inclusiones con Co₂, con temperaturas de fusión que van desde -45°C a -35°C. II) Vena tipo A (Muestra 080, 459,6-459,7m) la cual presenta inclusiones fluidas similares a las mencionadas anteriormente con contenidos de 80% líquido, 20% vapor con salinidades de 12 a 24 wt.% NaCl equiv., Th de 303°C- 419°C y; otras inclusiones polifásicas con contenidos de silvita, cubo de halita, hematita y sulfuros, donde analizaron 4 inclusiones polifásicas, las cuales presentan Tf de 30°C, 121°C, 175°C y 200°C y salinidades de aproximadamente 32 a 37 wt.% NaCl equiv.

A partir de los datos de inclusiones fluidas obtenidos por Raley (2012), se realizaron gráficos de Th (°C) Vs Salinidad (% wt NaCl Eq.) (Figura 91, 92), mediante lo cual se cree que las inclusiones son resultado de mezcla de fluidos (Figura 93), puesto que las temperaturas y salinidades varían en algunas inclusiones fluidas como se aprecia en los siguientes gráficos.

Figura 91. Gráfico de Th (°C) Vs Salinidad (% wt NaCl Eq.) de la muestra para inclusiones fluidas.

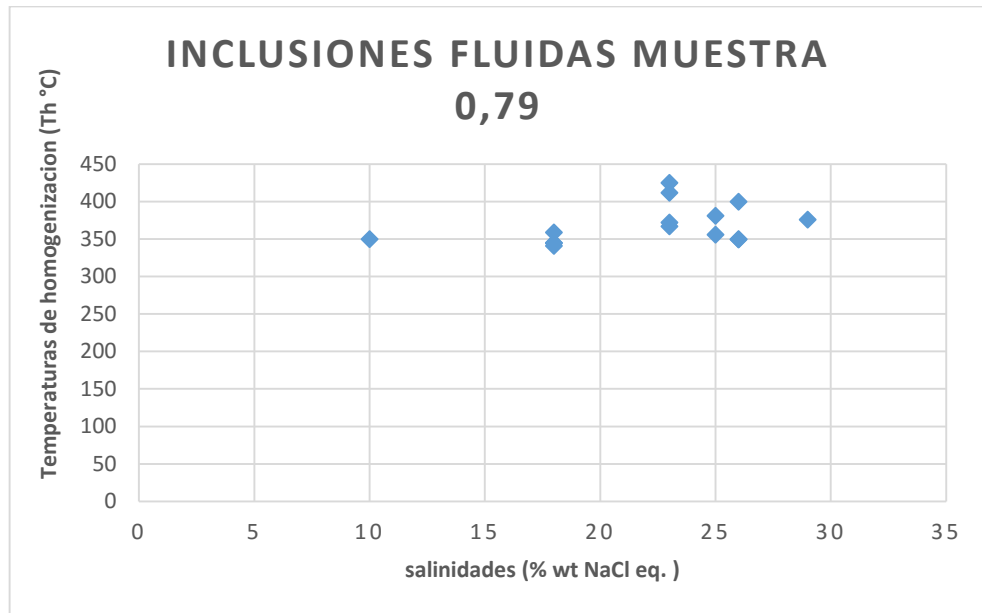


Figura 92. Gráfico de Th (°C) Vs Salinidad (% wt NaCl eq.) de la muestra 0,80 para inclusiones fluidas.

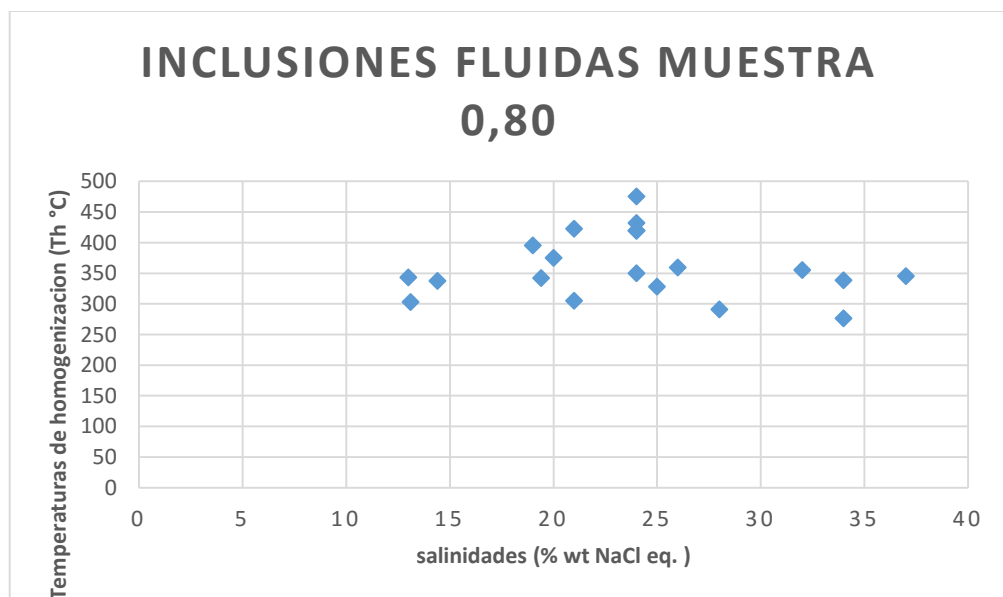
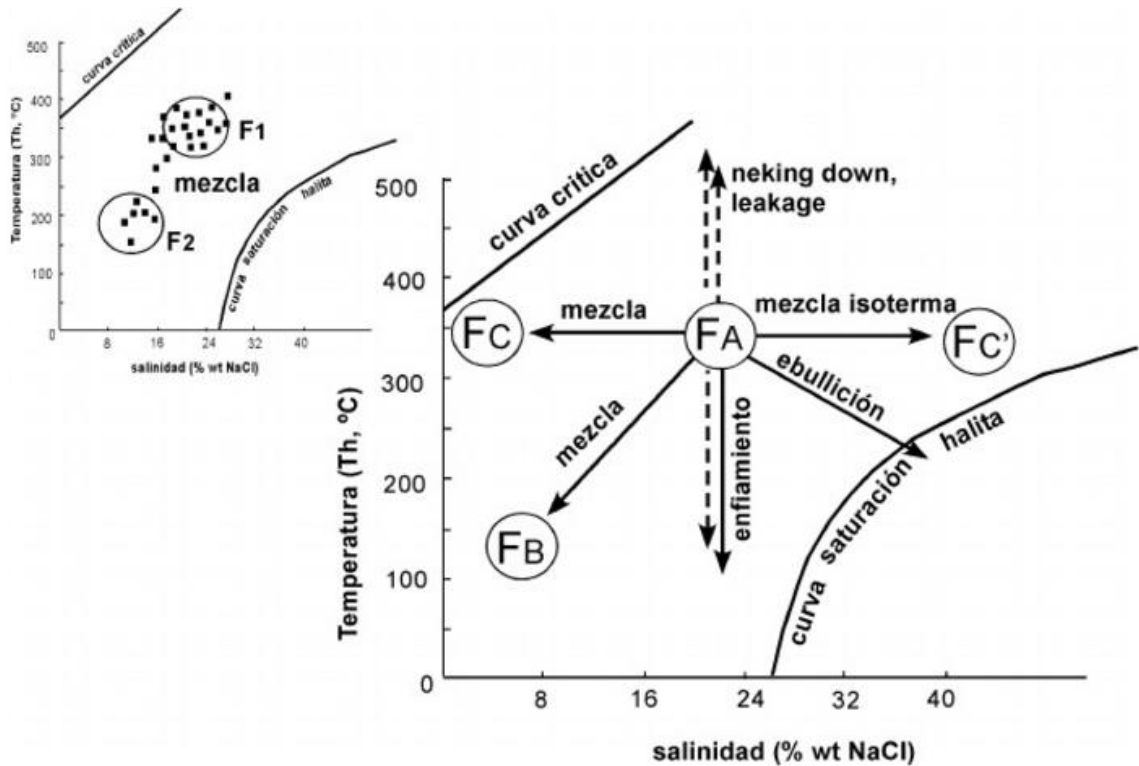


Figura 93. Grafico para interpretación de poblaciones de inclusiones fluidas.



Fuente: Velasco, 2004.

Mediante los datos de temperatura final de fusión del hielo ($T_{\text{hielo}} (^{\circ}\text{C})$) y las temperaturas de homogenización (T_h) obtenidos en el estudio de inclusiones fluidas realizado por Raley (2012) y mediante la ayuda del software BULK (08/02), fue posible generar datos de presión de vapor, densidad y salinidades del fluido (Tabla 6 y 7). Los porcentajes de salinidades resultantes a partir de dicho software tienden a ser similares a los reportados en el estudio usado para generar los nuevos datos, cabe resaltar que en dicho documento no se especifica el método implementado para obtener dichas salinidades, en la tabla 8 y 9 se observa las similitudes de salinidades reportadas por Raley (2012) y los datos nuevos.

Tabla 6. Datos de presión de vapor (Ph), densidad (D), salinidades (% NaCl Eq.) de las inclusiones fluidas de la muestra 079. Obtenidos mediante el software BULK (08/02).

#	TIPO DE INCLUSION	PORCENTAJE DE LAS FASES	Tm_ice(°c)	Th(°c)	Ph (bar)	D(g/cc)	salinidad(%)
1	TIPO I	80/20	-14	345	148,5093490	0,859217	17,931723
2	TIPO I	80/20	-14,5	359	175,173088	0,846657	18,377194
3	TIPO I	80/20	-14,1	341	141,429551	0,864839	18,021622
4	TIPO I	80/20	-14,3	345	148,509349	0,861841	18,200209
5	TIPO I	80/20	-7	350	157,6916	0,755404	10,486366
6	TIPO I	80/20	-21	412	305,161593	0,829771	23,350144
7	TIPO III	80/20 Anhidrita	-26	349,3	156,383597	0,907446	26,317273
8	TIPO III	80/20 Anhidrita	-25,7	349,8	157,317133	0,906567	26,157006
9	TIPO III	80/20 Anhidrita	-23,3	355,9	169,011316	0,896311	24,795891
10	TIPO III	80/20 Anhidrita	-25	400	271,4381	0,857013	25,77471
11	TIPO III	80/20 Anhidrita	-24	381	223,309045	0,873612	25,207785
12	TIPO III	80/20 hidrohálita	-21,5	367	191,770878	0,880198	23,67693
13	TIPO III	80/20 Anhidrita	-27,5	372	202,664629	0,887622	27,08741
14	TIPO III	80/20 hidrohálita	-27	425	344,742725	0,835671	26,836442

Tabla 7. Datos de presión de vapor (Ph), densidad (D), salinidades (% NaCl Eq.) de las inclusiones fluidas de la muestra 080. Obtenidos mediante el software BULK (08/02).

#	TIPO DE INCLUSIÓN	% DE LAS FASES	Tm_ice(°c)	Th(°c)	Ph (bar)	D (g/cc)	salinidad(%)
1	TIPO I	80/20	-23	419	326,072808	0,931091	24,615463
2	TIPO I	80/20	-9	343	144,940171	0,80218	12,868589
3	TIPO I	80/20	-23	350	157,6916	0,901215	24,615463
4	TIPO I	80/20	-16	341,7	142,651637	0,878631	19,655141
5	TIPO I	80/20	-10,4	337	134,582087	0,830707	14,406433
6	TIPO I	80/20	-9	303	85,222545	0,858582	12,868589
7	TIPO I	80/20	-20,4	327,7	119,538616	0,914656	22,948939
8	TIPO III	75/20/5	-22	432	367,412644	0,811642	23,996642
9	TIPO III	75/20/5	-22	419	326,072808	0,826754	23,996642
10	TIPO III	75/20/5	-24,9	359	175,173088	0,896637	25,71913
11	TIPO III	75/20/5	-18,3	422,5	336,878997	0,798359	21,456192
12	TIPO III	75/20/5	-16	395	259,158429	0,814325	19,655141
13	TIPO III	75/20/5	-16,9	374,9	209,169933	0,847214	20,381841
14	TIPO III	5 FASES (L, V, 2 SÓLIDOS)	-35,7	345,2	148,869506	0,914291	30,488337
15	TIPO III	5 FASES(NaCl,SÓLIDOS,HEMATITA)	-28,5	275,9	56,148458	0,983491	27,573309
16	TIPO III	5 FASES(NaCl,SÓLIDOS,HEMATITA)	-25,8	355	167,250221	0,901808	26,210662
17	TIPO III	5 FASES	-22	475	528,849725	0,756656	23,996642
18	TIPO III	3 FASES(NaCl,ANHIDRITA)	-28,5	291	71,307132	0,967496	27,573309

Tabla 8. Comparación de las salinidades obtenidas mediante BULK (08/02) y las reportadas por Raley (2012) de la muestra 079.

#	salinidad(%NaClEq.) obtenidos mediante BULK	Salinidades (%NaClEq.). Raley (2012)
1	17,931723	17,785208
2	18,377194	18,2150341
3	18,021622	17,8719921
4	18,200209	18,0443253
5	10,486366	10,0443253
6	23,350144	23,046177
7	26,317273	26,190632
8	26,157006	26,0071903
9	24,795891	24,52394271
10	25,77471	25,578125
11	25,207785	24,960768
12	23,67693	23- 26
13	27,08741	23-26
14	26,836442	23- 26

Tabla 9. Comparación de las salinidades obtenidas mediante BULK (08/02) y las reportadas por Raley (2012) de la muestra 080.

#	salinidad(%NaClEq.) obtenidos mediante BULK	Salinidades (%NaClEq.). Raley (2012)
1	24,615463	24,3
2	12,868589	12,8
3	24,615463	24,3
4	19,655141	19,4
5	14,406433	14,4
6	12,868589	13,1
7	22,948939	25
8	23,996642	23,7
9	23,996642	23,7
10	25,71913	25,5
11	21,456192	21,2
12	19,655141	19,4
13	20,381841	20,1
14	30,488337	36,5
15	27,573309	33,9
16	26,210662	31,8
17	23,996642	23,7
18	27,573309	27,7

8.7 MODELO CONCEPTUAL

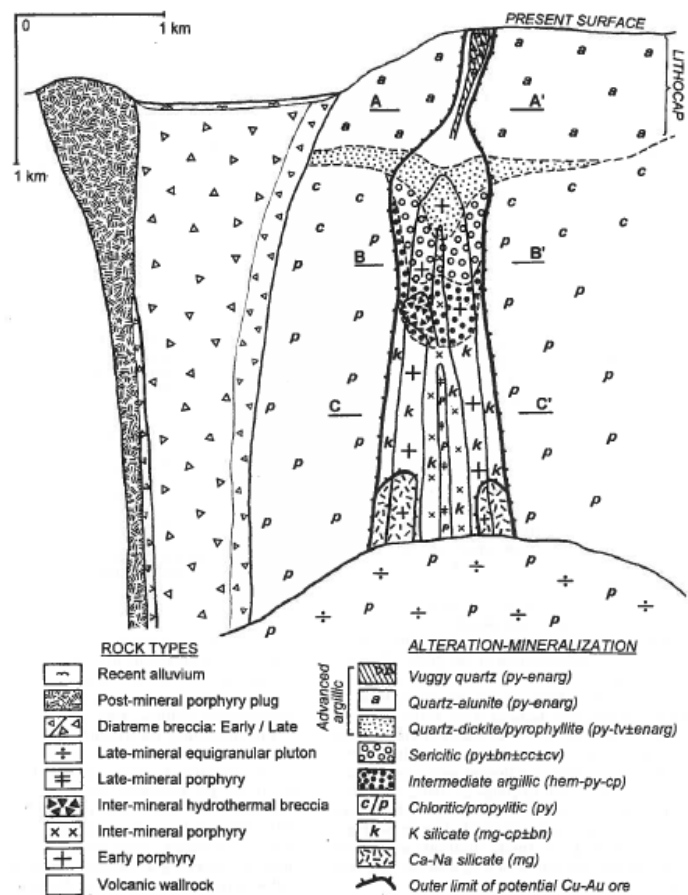
En el prospecto la Plata la presencia de minerales de mena como lo son la Tenantita/tetraedrita-esfalerita-calcopirita sugieren un ambiente epitermal de intermedia sulfuración, por otro lado la presencia de pirita-enargita-covelina corresponden a minerales indicativos de un ambiente epitermal de alta sulfuración (Simmons et al., 2005). Este tipo de depósitos suelen estar asociados a depósitos tipo pórfidos y se encuentra a profundidades que pueden variar entre 500 a 2000 metros (Hedenquist et al., 2000).

También fue posible identificar alteraciones hidrotermales características de sistemas tipo pórfido y ambientes epitermales, dichas alteraciones son: I) Cuarzo-sericita (filica/sericita); II) Illita/caolinita (argilica) y; cuarzo-alunita (argilica avanzada) (Camprubi et al., 2003, Hendequist et al., 2000 y Sillitoe, 2000) (Figurara 94, 95). La asociación de mena conformada por pirita-enargita-bornita- calcopirita y covelina, suelen estar relacionados con alteraciones de tipo sericitica (cuarzo-sericita), mientras que la asociación de pirita-enargita suelen encontrarse en zonas afectadas por alteración de tipo argilica avanzada (cuarzo-alunita) (Sillitoe, 2000).

Según Raley (2012) el Prospecto La Plata contiene mineralización y estilo de alteración de depósitos tipo pórfido y epitermal de alta sulfuración, donde la mineralización de oro principalmente se encuentra hospedada en las alteraciones Argilica Avanzada y Argilica, en donde el sistema epitermal de alta sulfuración sobrepone al sistema tipo pórfido. Los datos de salinidades y temperaturas de homogenización obtenidos por Raley (2012) presentan valores que se asocian en su mayoría a depósito tipo pórfido (Th: 200- 700 °C y Salinidades de 0-70 wt%NaCl Eq) y algunos datos se encuentran dentro de los rangos característicos de depósitos de tipo epitermal (Th: 100-300°C y salinidad: 0-12 wt%NaCl Eq) (Wilkinson, 2000).

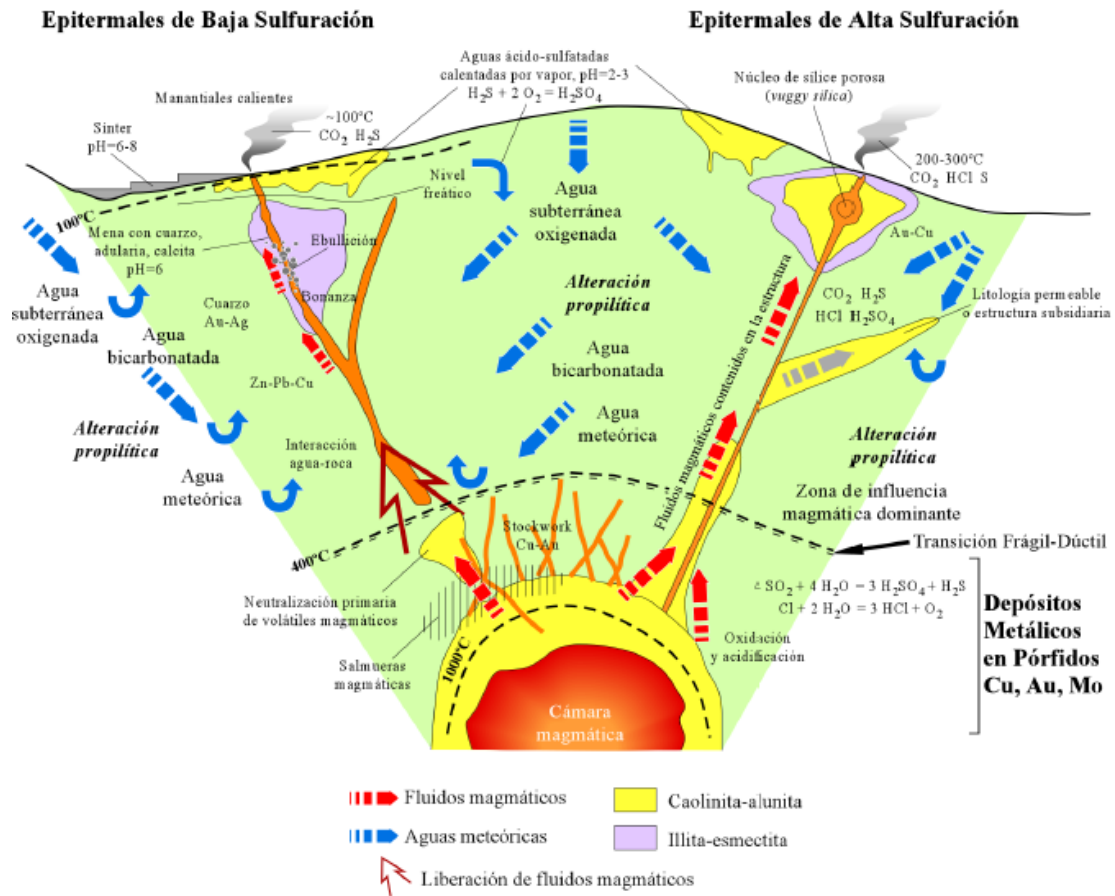
Bissig & Rodriguez (2013) sugieren que en el DMVC los depósitos epitermales de alta sulfuración son formados por dos pulsos: 1) evento de lixiviación ácida estéril temprana, la cual generó una extensa área de alteración de cuarzo oqueroso (*silica vuggy*) y es el resultado de la condensación y enfriamiento de vapores magmáticos, y 2) mineralización junto con cuarzo ± alunita ± ganga de barita la cual se precipita a partir de fluidos derivados de magmas menos ácidos a temperaturas entre 200 – 300 °C y salinidades menores de 10% NaCleq.

Figura 94. Modelo descriptivo típico de un sistema tipo pórfido de Au. Donde se presentan el tipo de alteración y mineralización.



Fuente: Sillitoe (2000).

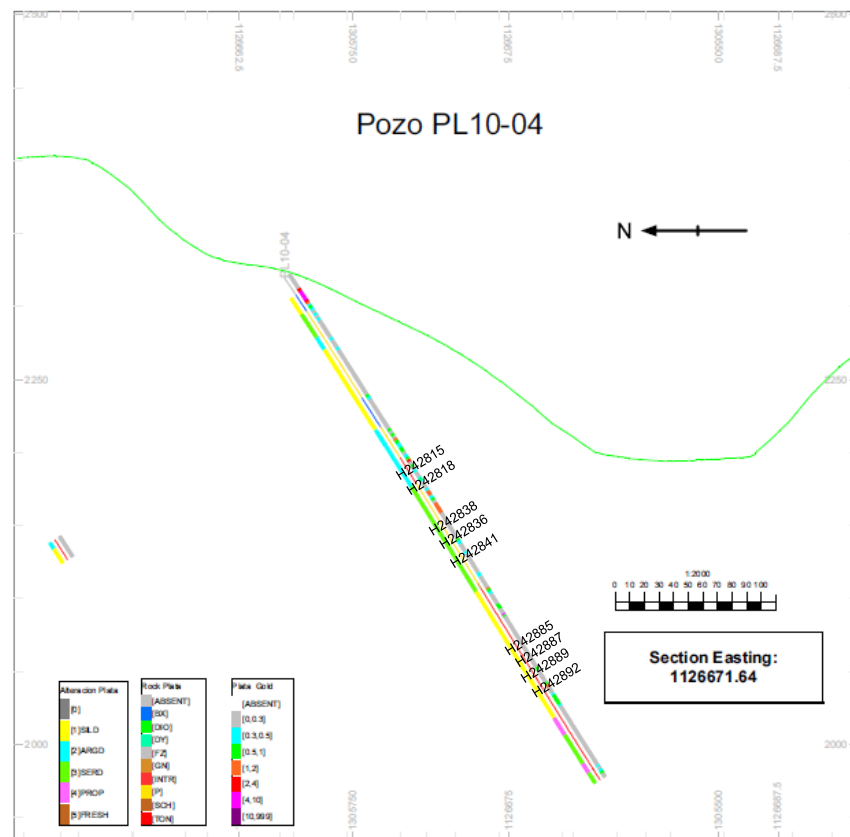
Figura 95. Esquema comparativo (no a escala) de la estructura, procesos, tipos de alteración, volátiles liberados, temperaturas, pH, tipos de fluidos y reacciones involucradas en la formación de los depósitos epitermales de baja y alta sulfuración.



Fuente: Camprubi et al., (2003).

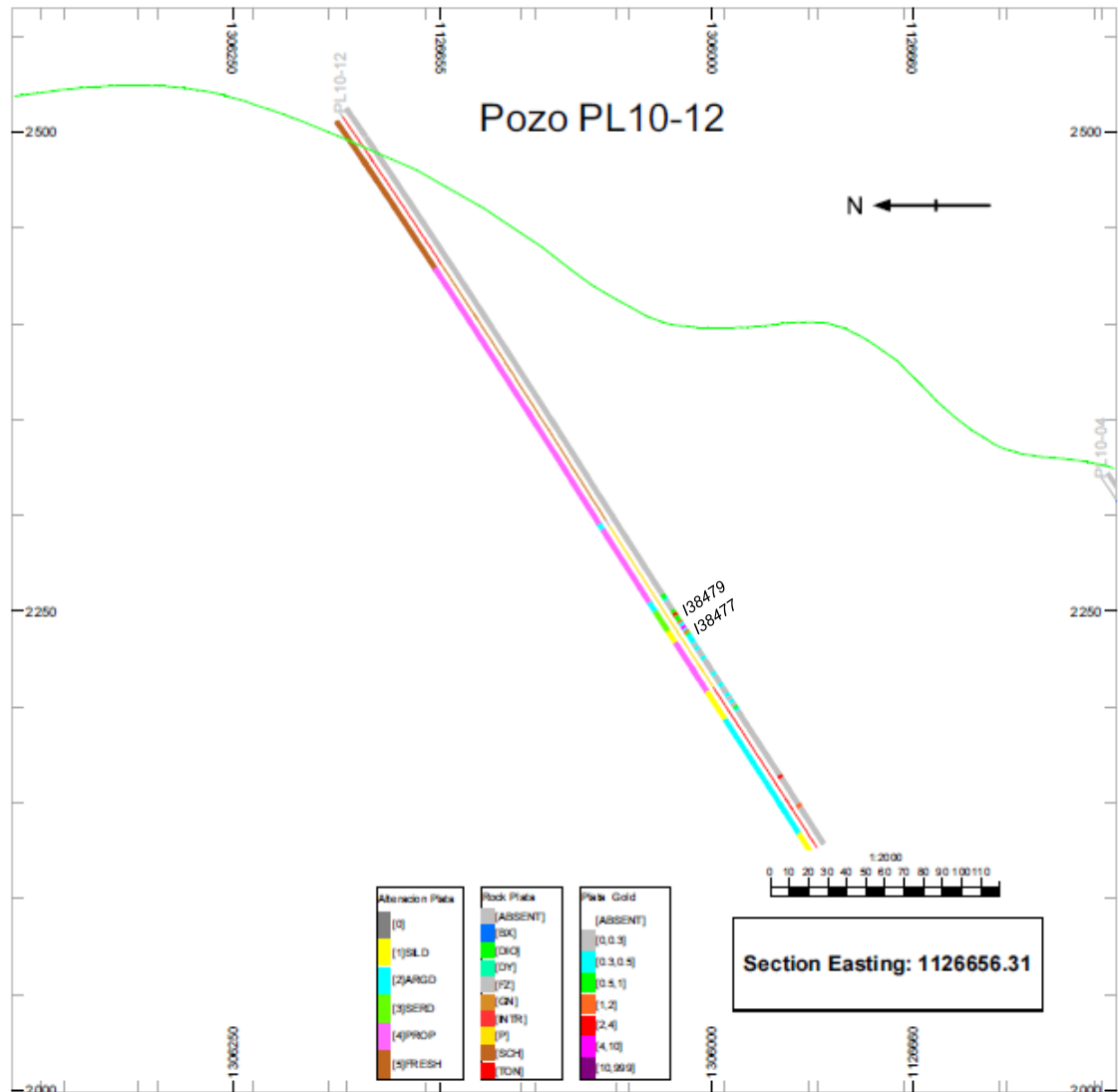
En los siguientes perfiles de los pozos PL-10-04, PL-10-12, PL-10-15 y PL11-01 suministrados por la empresa Eco Oro Minerals Corp., es posible apreciar cómo se presentan las diferentes unidades litológicas a lo largo de cada pozo, junto con sus respectivas alteraciones y leyes de Au y Ag, los cuales varían entre 0.003 hasta 10.99 ppm. En algunos casos es posible que no se observe la misma litología reportada en el presente trabajo con lo observado en los perfiles (Figura 96, 97, 98, 99), esto se debe a la metodología de logeo para núcleos de perforación empleada por la empresa, donde litologías menores a 50 cm se incluyen dentro de la litología que predomine a su alrededor.

Figura 96. Perfil del pozo PL-10-04, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.



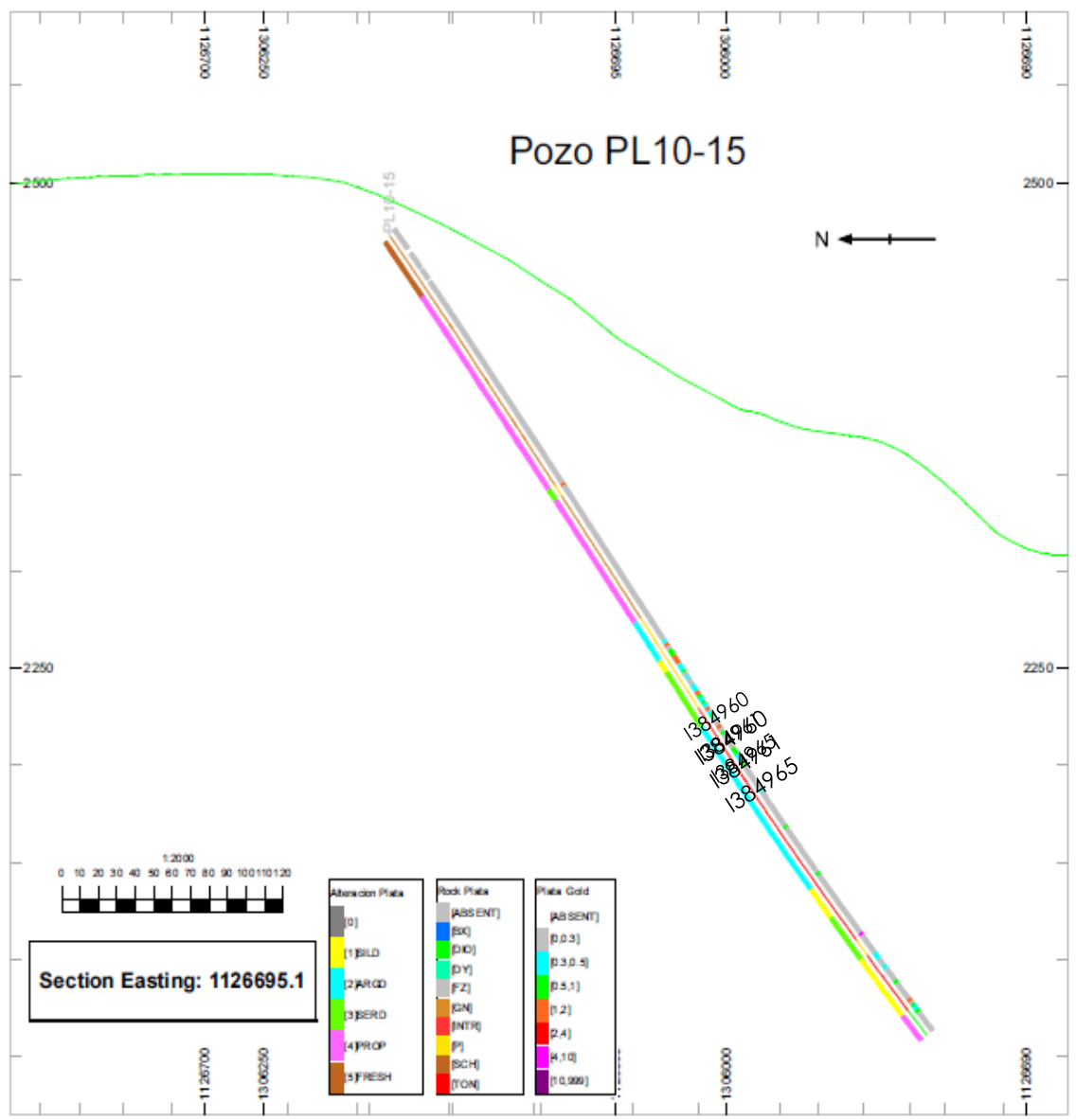
Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

Figura 97. Perfil del pozo PI-10-12, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.



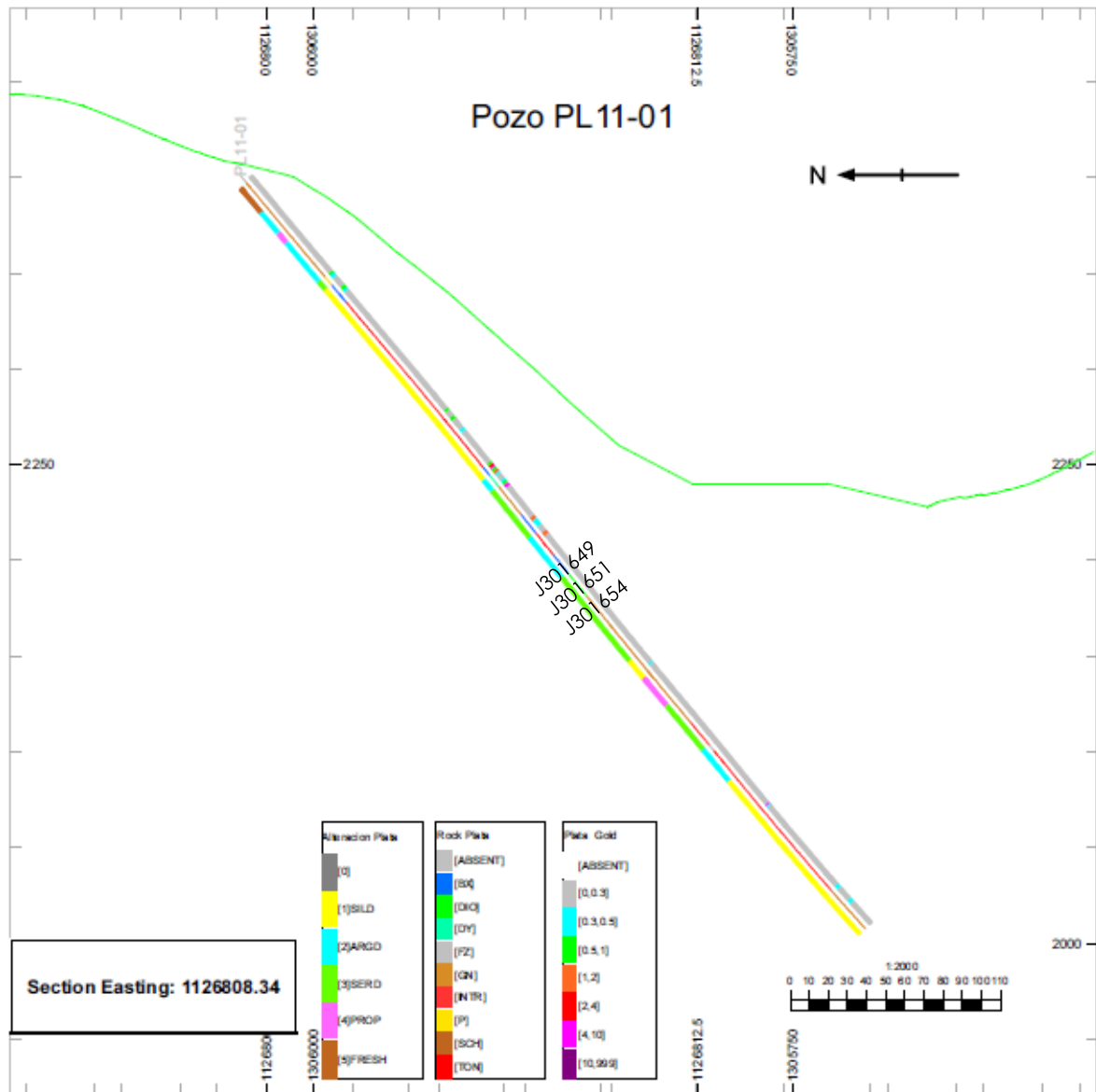
Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

Figura 98. Perfil del pozo PI-10-15, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.



Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

Figura 99. Perfil del pozo PI-10-15, donde se observan las litologías con sus respectivas alteraciones hidrotermales y leyes de Au y Ag.



Fuente: Eco Oro Minerals Corp.

9. DISCUSIÓN

El Gneis de Bucaramanga de edad Proterozoico corresponde a la Unidad metamórfica más antigua encontrada en el prospecto La Plata y zonas adyacentes (López & Silva, 2014); sin embargo en este estudio realizado las rocas hospedadoras de la mineralización y la alteración corresponden a: I) Dioritas, las cuales según Mantilla et al., (2011) presentan una edad Triasico-Jurasico; II) Pórfidos dacíticos de edad Post-cretácico inferior (Mioceno) según Mantilla et al., (2011); III) Brechas hidrotermales y; IV) Brechas tectónico-hidrotermales de las cuales es complejo establecer su edad. Es posible que no se encontrara el Gneis de Bucaramanga en las muestras por las profundidades seleccionadas en el estudio o porque dichos pozos no cortan el cuerpo metamórfico. En el trabajo realizado por Raley (2012) en el prospecto tampoco se reportó la presencia de dicho cuerpo, las litologías identificadas en ese estudio correspondieron a granitoides y diques porfiriticos de granodioritas. La mineralización es posterior a la formación de los diques porfiritico de edad post-cretácico inferior, puesto que se encuentran siendo afectados por alteración de tipo hidrotermal y la mineralización. Mathur et al. (2003) en Mantilla et al. (2011) mediante dataciones Re-Os en piritas reporta que la mineralización está relacionada con un pulso magmático Dacitico de edad 57 ± 10 Ma.

La mineralogía de alteración presente en La Plata se divide en 3 tipos: I) Cuarzo-sericita, la cual corresponde a alteración sericitica/filica; II) Illita/caolinita, corresponde a alteración de tipo argilica y; III) Cuarzo - alunita, corresponde a alteración de tipo argilica avanzada; estas asociaciones mineralógicas se encuentran relacionadas a depósitos epitermales de alta sulfuración y de tipo pórfido (Camprubi et al., 2003 y Hendequist et al., 2000) (Figura 100). En algunas muestras es posible apreciar sobreimposición de alteraciones como lo son la argilica (caolinita-illita) y argilica avanzada (cuarzo-alunita), según Raley, (2012) estas zonas y aquellas con presencia de oxidación supergena favorecen el incremento de valores de Cu.

Figura 100. Tabla comparativa entre alteraciones características de depósitos epitermales de baja sulfuración y de alta sulfuración.

TABLE 2. Alteration Assemblages Relevant to the Epithermal Environment with Comments on Characteristic Lithologic or Mineralogical Features

Assemblage	Low sulfidation	High sulfidation
Silicic (see Table 4)	Quartz veins and veinlets, silicified breccia and/or stockwork; shallow silicification, including chalcedony and/or opaline blankets; silica sinter	Residual quartz bodies, often field termed "raggy silica"; partial to massive silicification; quartz veins and silicified breccias; shallow silicification, including chalcedony and/or opaline blankets; no sinter
Advanced Argillic	Kaolinite-alunite-(illite/smectite-native sulfur) ± opaline blankets of steam-heated origin; commonly underlain by chalcedony blankets Kaolinite/halloysite-alunite-jarosite blankets or zones of supergene origin	Alunite-kaolinite/dickite-pyrophyllite-diaspore of hypogene origin, typically surrounding silicic cores; also sericitic-pyrophyllite roots Kaolinite-alunite blankets of steam-heated or supergene origin
Argillic or Intermediate Argillic	Illite/smectite halo to veins; illite ± smectite halo to deeper sericitic zones	Illite and illite/smectite halo to advanced argillic core
Propylitic		Broad host to ore system, in some cases deuteric in origin and of questionable direct genetic relation to epithermal ore forming system; typically chloritic (not epidote), except at deeper levels
Sericitic ¹ /Phyllic	Sericite-dominated rock, typically as a halo to deep quartz veins	Sericitic roots to advanced argillic areas; may be transitional to advanced argillic

Fuente: Hedenquist et al., (2000).

Como minerales de mena se encuentran la pirita – enargita – covelina - digenita, los cuales son característicos de depósitos epitermales de alta sulfuración; también se observa tenantita/tetraedrita – esfalerita - calcopirita, dichos minerales aparecen en depósitos epitermales de intermedia sulfuración (Simmons et al., 2005) (Figura 101). Según Hedenquist et al., (2000) los sulfuros característicos de depósitos epitermales de alta sulfuración a profundidades intermedias (500 -1 m) corresponden a enargita/luzonita, calcopirita, tetraedrita/tenantita, covelina y pirita; y para mayores profundidades (> 1000 m) corresponden a bornita, digenita, calcocita y covelina (Figura 102).

Figura 101. Tabla de minerales diagnósticos y texturas de varios estados de pH, Sulfuración y oxidación, usado para distinguir ambientes formadores de depósitos epitermales.

<i>Acid pH</i> Alumite, kaolinite (dickite), pyrophyllite, residual, vuggy quartz		<i>Neutral pH</i> Quartz-adularia ± illite, calcite
<i>High sulfidation</i> Pyrite-enargite, ± luzonite, covellite- digenite, famatinite, orpiment	<i>Intermediate sulfidation</i> Tennantite, tetrahedrite, hematite-pyrite- magnetite, pyrite, chalcopyrite, Fe-poor sphalerite-pyrite	<i>Low sulfidation</i> Arsenopyrite-loellingite-pyrrhotite, pyrrhotite, Fe-rich sphalerite-pyrite
<i>Oxidized</i> Alumite, hematite-magnetite		<i>Reduced</i> Magnetite-pyrite-pyrrhotite, chlorite-pyrite

Fuente: Simmons et al., (2005).

Figura 102. Tabla de características de depósitos de alta y baja sulfuración.

	Low-sulfidation deposits ¹		High-sulfidation deposits		
	Shallow	Deep	Shallow ²	Intermediate*	Deep (porphyry) ²
Genetically related volcanic rocks	Andesite-rhyodacite (AR), bimodal rhyolite-basalt (RB), alkalic (A)		Andesite-rhyodacite, dominated by calc-alkalic magmas		
Depth of formation	0-300 m	300-800 m (rarely >1,000 m)	<500	500-1,000 m	>1,000 m
Setting, typical host rock	Domes; pyroclastic and sedimentary rocks	Domes, diatremes (AR, A); pyroclastic and sedimentary rocks	Domes, central vent; pyroclastic and sedimentary rocks	Domes, diatremes; volcanic rocks	Domediatrieme; porphyry, volcanic, clastic sedimentary rocks
Deposit form	Vein, vein swarm, stockwork, disseminated	Vein, breccia body, disseminated	Disseminated, breccia and veinlet	Massive sulfide veins, breccia, ledges	Dissemination, veinlets, breccia
Ore textures	Fine bands, combs, crustiform, breccia	Coarse bands	Vuggy quartz hosts replacement	Massive sulfide, late veins/breccias	Replacement
Alteration	Alunite-kaolinite blanket, clay halo	Clays, sericite, carbonates; roscoelite, fluorite (A)	Silicic (vuggy), quartz-alunite	Silicic (vuggy), quartz-alunite, pyrophyllite-dickite-sericite	Pyrophyllite-sericite, quartz-sericite
Gangue ³	Chalcedony-adularia-illite-calcite	Quartz-carbonate-rhodonite-sericite-adularia ± barite ± anhydrite ± hematite ± chlorite (AR)	Alunite, barite, kaolinite	Anhydrite, kaolinite, dickite	Sericite, pyrophyllite
Sulfides ³	Cinnabar, stibnite; pyrite/marcasite-arsenopyrite, Au-Ag selenides, Se sulfosalts, pyrrotite, Fe-rich sphalerite	Pyrite-Au-Ag sulfides/sulfosalts, variable sphalerite, galena, chalcocite, tetrahedrite/tennantite (AR)	Enargite/luzonite, covellite, pyrite	Enargite/luzonite, chalcocite, tetrahedrite/tennantite, sphalerite, late covellite, pyrite	Bornite, digenite, chalcocite, covellite

Fuente: Hedenquist et al., (2000).

En el presente estudio los mayores contenidos de minerales de mena (Pirita-Calcopirita-Marcasita) se presentan en venas, vetillas y stringers, las cuales pueden ser de tipo extensional, tensional o de cizalla, dicha abundancia mineral fue definida mediante conteo de más de 600 puntos en cada una de las secciones delgadas analizadas en este trabajo. En el artículo “*The structure of shear-Related, Vein-Type Gold Deposits*” realizado por Hodgson, (1987), se menciona que la mayoría de las zonas mineralizadas se producen dentro o espacialmente asociadas con zonas de cizalla, las venas mineralizadas se localizan por dilatación generada tectónicamente en un ambiente de baja a media tensión causada por la alta presión del fluido.

La principal causa de la dilatación tectónica en las zonas de cizalla es la interferencia entre cizallas que se cruzan. Las venas de extensión generalmente presentan formas sigmoidales, lo que define una zona de cizalla.

La mayoría de las salinidades obtenidas tanto por el Software BULK (08/02), como las reportadas por Raley (2012) sobrepasan las salinidades estándares para depósitos de tipo epitermal, las cuales oscilan entre 0-12 wt. % NaCl Eq., mientras que pueden encontrarse asociadas a las salinidades de los depósitos tipo pórfidos con rangos de 0-70 wt. % NaCl Eq. Esto mismo sucede con las temperatura de homogenización reportadas, puesto que los rangos corresponderían más a un depósito de tipo pórfido, el cual presenta valores de T_h (°C) que varían de 200 a 700 °C (Wilkinson., 2001) (Figura 103). También es posible que dichos datos de salinidades obtenidos por Raley (2012) dieran esos valores por la fuente de la cual se tomó la inclusión fluida.

Figura 103. Características típicas de inclusiones fluidas en depósitos minerales hidrotermales.

Deposit type	Host minerals	T_h range (°C)	Salinity range (wt.% NaCl equiv.)	Daughter minerals	Trapped phases	Comments
Mississippi Valley-type	cc, dol, fluor, ba, qz, sph	50–180	15–30	–	Petroleum	CH ₄ may be present
Irish-type	cc, dol, sph, qz, ba	150–240, 80–150	10–18, 20–25	–	Calcite, K-mica	Mixing of two fluids, high T fluid has low CO ₂
Volcanic-associated massive sulphide	qz, ba	80–340	1–8	–	–	Higher T_h and S in stockwork zones
Granitoid-associated veins	qz, wolf, fluor, cc	150–500	0–45	hal, syl, chlor, bor, anh, cc, hm, mt, sulph	Tourm, ksp	CO ₂ often present, common effervescence
Porphyry-copper	qz	200–700	0–70	hal, syl, chlor, cpy, hm	–	Effervescence common, CO ₂ in deep systems
Epithermal	qz, cc, sph	100–300	0–12	daw	–	Sometimes low CO ₂ , common effervescence
Mesothermal gold	qz, cc	200–400	2–10	daw	–	High CO ₂ + CH ₄ or N ₂

Fuente: Wilkinson., 2001.

10. CONCLUSIONES

1. En el estudio llevado a cabo en el prospecto La Plata, se reconocieron principalmente cuatro tipos de litologías, las cuales son hospedantes de mineralización y alteración de tipo hidrotermal, dichas rocas son: Dioritas del Triasico-Jurasico, Pórfidos dacítico del Mioceno, Brechas hidrotermales y Brechas tectónico - hidrotermal.
2. Se reconocieron 4 tipos de alteraciones hidrotermales según su mineralogía: I) Alteración de cuarzo - alunita; II) Alteración de illita/caolinita; III) Alteración de cuarzo - sericita) y; IV) Silicificación. Dichas alteraciones corresponden a un estilo de alteración de tipo hidrotermal de alta sulfuración y Pórfido; en algunas muestras es posible apreciar sobreimposición de alteraciones.
3. Se identificaron tres tipos de brechas: I) Brecha tectónico - hidrotermal, heterolitologica, meso-brecha, fragmento soportada y con variación textural que va de brecha a arena; II) Brecha hidrotermal, heterolitologica, micro-brecha, fragmento aislada a matriz soportada y con variación textural que va de brecha a arena y; III) Brechas hidrotermales (brechificadas), monolitologicas, micro-Brecha, fragmento aislada y con variación textural de brecha a arena.
4. La mineralización en las rocas estudiadas se encuentran alojadas principalmente como rellenos de vetillas, las cuales varían desde tensional, extensionales y de cizalla, también se presentan de manera diseminada.
5. la paragénesis de las fases mineralizantes correspondientes a vetillas predominantes son: I) Py, II) Py + Ccp + Cv; III) Py + Ccp + Mrc y III) Py + Mrc.

6. Como mineral de mena predominante aparece la pirita, la cual se presenta de diversas formas en todas las muestras aquí estudiadas, aparece en dos estados de formación: I) Pirita gruesa, la cual corresponde al estado más antiguo y; II) Pirita fina, pertenece a un estado de formación más joven. Dicho mineral se encuentra en su mayor parte asociado con calcopirita y covelina.
7. La presencia de tenantita/tetraedrita – esfalerita – calcopirita, sugieren un ambiente epitermal de intermedia sulfuración, mientras que la presencia de pirita – enargita – covelina – digenita corresponden a minerales de mena característicos de ambientes epitermales de alta sulfuración.
8. A partir del análisis microscópico en venas y vetillas, se identificaron sulfuros brechados junto con cuarzo principalmente de textura en peine, indicando que el fluido mineralizante cristalizó primero que el fluido silíceo.
9. Se identificaron por lo menos dos eventos/pulsos en este estudio: I) Pulso responsable de la formación de la mineralización y la alteración en las rocas caja y; II) Mediante la temporalidad de las venas y vetillas se observó un evento final de fluido silíceo, puesto que las venas compuestas por cuarzo se encuentran cortando otras estructuras compuestas por diversos minerales de mena y ganga, en algunas venas dicho evento generó silicificación en toda la roca, como una especie de cubierta silícea.

- 10.** Se identificaron tres tipos de inclusiones fluidas dependiendo de las fases que la compongan: I) inclusiones monofásicas, las cuales se encuentran compuestas en su totalidad por líquido; II) inclusiones bifásicas, las cuales presentan un porcentaje promedio de 80% líquido / 20% Vapor y; III) inclusiones trifásicas (polifásicas) conformadas por Líquido/Vapor/Halita, con un porcentaje promedio de 50%L /35%V /15%H. también fue posible identificar inclusiones de tipo I, II y III.
- 11.** Mediante las gráficas generadas a partir de los datos de Th y Salinidades obtenidos por Raley (2012) fue posible determinar que dichas inclusiones se formaron por mezcla de fluidos, esto por las variaciones de Th y salinidades observadas.

BIBLIOGRAFIA

Albinson, T. 2000. Fluid inclusion study of samples B-026115, B-026476 y B-027534 Angosturas Deposit, Colombia. Microtermometria y Asesoría Geológica-Minera, S.A de C.V.

Baez, B. 2012. Petrografía de los granitoides en los sectores de Vetas- California y Charta, Macizo de Santander. Proyecto de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Bakker R. BULK, versión 08/02. Computer program for fluid inclusión studies.

Bissig T., Rodriguez A., Mantilla L., 2012. New age data from California-Vetas District, Santander, Colombia. MDRU Colombia Gold and Porphyry Project. January 15, 2012.

Bissig T., Mantilla L., Hart C., 2013. Petrochemistry of igneous rocks in the California-Vetas District, Santander, Colombia: Relationship to late Miocene Porphyry Cu-Mo (Au) Mineralization and tectonic implications. Colombia gold and porphyry project year 2 technical report, mineral deposit research unit, the University of British Columbia, 64 p.

Bissig T. and Rodriguez A., 2013. Update on the advances in the California-Vetas Mining District. Mineral Deposit Research Unit (MDRU). Department of Earth and Ocean Sciences. The University of British Columbia. Vancouver. Canada.

Camprubi A., Gonzalez-Partida E., Levresse G., Tritlla J., Carrillo-Chavez A., 2003. Deposito epitermales de alta y baja sulfidacion : una tabla comparativa. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVI, Núm. 1, 2003, p. 10-18.

Camprubi A., 2010. Criterios para la exploración minera mediante microtermometria de inclusiones fluidas. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen 62, núm. 1, 2010, p. 25-42.

Cediel F., Shaw R., Cáceres C., 2003. Tectonic Assembly of the Northern Andean Block. In: Bartolini, C., Buffler, T., Blickwede, J. (Eds.), The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics. AAPG Memoir 79, p. 815-848.

Corbett G. & Leach T., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, alteration, and Mineralization. Special Publication Number 6. Society of economic geologists.

Diaz & Guerrero, 2006. Asociaciones Mineralógicas de las menas auoargentíferas y su distribución espacial en el yacimiento Angostura (California, Santander). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Forero A. 2010. Paragenesis minerales de las brechas mineralizadas del sector de la Mascota (California, Santander). Proyecto de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Galvis J., 1998. Una caldera volcánica en el Macizo de Santander, Colombia. Ciencias de la Tierra. Revista Académica Colombiana de Ciencias. 22(84): p 355-362.

Goldsmith R., Marvin R., Mehnert H., 1971. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Geological Survey Research. Vol. 750-D, D41-D49.

Gonzales E., Camprubi A., Canet A., Gonzales F., 2008. Fisicoquímica de salmueras e hidrocarburos en cuencas petroleras y en depósitos minerales tipo Mississippi Valley y asociados. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana volumen 60, NÚM. 1, 2008, P. 11-22

Greystar Resources Ltd. 2009. Estudio de Impacto Ambiental- Proyecto Angosturas. Capítulo 2- Descripción del proyecto. Diciembre de 2009.

Hedenquist J., Arribas A., y Gonzales-Urien E., 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposits. SEG Reviews, Vol.13, 2000, p. 245-277.

Hedenquist, J.W., 1987, Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin, in Transactions of the 4th Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, 1986, Oklahoma, Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, 1-26.

Hodgson A.J., 1987. The structure of shear- Related, Vein-Type Gold Deposits: A Review. Ore Geology Reviews, 4 (1989) 231-273- 231. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam -- Printed in The Netherlands

Julivert M., 1959. Geología de la vertiente W del Macizo de Santander en el sector de Bucaramanga. Boletín de Geología. UIS. No. 3: 15-34.

Laznicka P., 1989. Breccias and ores. Part 1: History, organization and petrography of breccias. Ore Geology Reviews. 4 (1989) 315 – 344. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam – Printed in The Netherland.

Lindgren, W., 1922. A suggestion for the terminology of certain mineral deposits: Economic Geology, v. 17, p, 292-294.

López & Silva, 2014. Geología de la licencia 13921 – La Plata, Departamento de Santander, Colombia. Informe No.ET-14-003. Bucaramanga, Abril de 2014.

Mantilla L., Valencia V., Barra F., Pinto J., y Colegial J., 2009. Geocronología U-Pb de los cuerpos porfiriticos del Distrito aurifero de Vetas-California (Departamento de Santander, Colombia). Boletin de Geologia, Vol. 31, N° 1, Enero – Junio de 2009.

Mantilla L., Mendoza H., Bissig T., Craig T., 2011. Nuevas evidencias sobre el magmatismo Miocenico en el Distrito Minero de Vetas-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). Boletín de Geología Vol. 33, N° 1, enero-junio de 2011.

Mantilla L., Bissig T., Cottle J., Hart C., 2012. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). Journal of South American Earth Sciences 38 (2012) 1-12.

Micklethwaite S., 2008. Mechanisms of faulting and permeability enhancement during epithermal mineralisation : Cracow goldfield, Australia. Journal of structural Geology 31 (2009) 288-300.

Nash T., 1941. Fluid inclusión petrology data from porphyry copper deposits and applications to exploration. Geology and resource of copper deposits. Geological survey profesional paper 907-D.

Osorio J., Hernández C., Torres E., Botero P., 2008. Modelo geodinámico del Macizo de Santander. Instituto Colombiano de geología y minería. INGEOMINAS. Bogotá, enero de 2008. Proyecto G1-07.

Pinilla O. & Reyes S. 2013. Estudio del magmatismo Micénico en el Distrito Minero de Vetas-California (Departamento de Santander, Colombia). Proyecto de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

Raley c, 2012. Mineralogical characterization of sulfide mineralization, alteration and microthermometry of related fluid inclusions of the Plata prospect, Colombia. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of bachelor of Science (honours) in the faculty of science. University of British Columbia (Vancouver).

Rodriguez L. 2014. Geology, alteration, mineralization and hidrothermal evolution of the la Bodega- la Mascota deposits, California-Vetas Mining District, eastern Cordillera of Colombia, Northern Andes. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in the faculty of graduate and postdoctoral studies (Geological Sciences). University of British Columbia.

Royero M y Clavijo J., 2001. *Memoria explicativa del Departamento de Santander, Mapa geológico generalizado, Departamento de Santander. Escala 1:400.000. INGEOMINAS.*

Sillitoe. R., 2000. *Gold-rich porphyry deposits: descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery. Society of economic geologists, Vol. 12, 2000, p,315-345.*

Sillitoe. R., 2010. *Porphyry Copper Systems. 2010 Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 105, pp. 3–41.*

Simmon S., White N., and John David., 2005. *Geological Characteristics of Epithermal Precious and base metal Deposits. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume, pp. 485-522.*

Toussaint J.F y Restrepo J.J., 1990. *Cronología de las acreciones de terrenos aloctonos en los Andes Colombiaos. In: Symposium international “G’eodynamique andine”: résumés des communications. Paris: ORSTOM, 1990, p. 219-221. (Colloques et Séminaries). Symposium International “Geodynamique Andine”, Grenoble (FRA), 1990/05/15-17.*

Toussaint J., 1993. *Evolución geológica de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 227 p.*

VELASCO, Francisco. *Introducción al Estudio de la Inclusiones Fluidas. En: XXIII curso Latinoamericano de Metalogénia, Mendoza, Argentina. 2004.*

Ward D., Goldsmith R., Cruz J., Restrepo H., 1973. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. Ministerio de Minas y Petróleo. Boletín Geológico. Vol XXI, No. 1-3, 1973.

Whitney D.L. y Evans B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming Minerals. American mineralogist, Colume 95, Pages 185-187, 2010.

Wilkinson J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. Elsevier science LITHOS

ANEXOS

ANEXO 1. Formatos para descripción macroscópica de testigos

Profundidad										
Fotografía del Núcleo										
Roca caja	<i>Grado de Alteración</i>	Débil								
		Moderada								
		Fuerte								
	<i>Tamaño de Grano</i>	Grande								
		Mediano								
		Fino								
	<i>Mineralogía de Alteración</i>	Caolinita								
		Alunita								
		Jarosita								
		Sericita								
	<i>Mineralogía</i>	Clorita								
		Cuarzo								
		Feldespatos								
	<i>Sulfuros</i>	Pirita Fina								
Pirita Gruesa										
Calcopirita										
Tetraedrita										
Enargita										

171

		Profundidad						
		Esquema						
Venas	Sulfuros	Pirita Fina						
		Pirita Gruesa						
		Calcopirita						
		Tetraedrita						
		Enargita						
	Silicatos	Cuarzo						
		Feldespatos						
	Mineralogía de Alteración	Caolinita						
		Alunita						
		Jarosita						
		Sericita						
	Clasificación	Clorita						
		Composicional						
		Textural						
		Forma						
			Espesor					

ANEXO 2. Formato para Descripción microscópica de secciones delgadas

FORMATO INTERPRETACIÓN SECCIONES DELGADAS PULIDAS

<i>Tabla de información General</i>	
Código sección	
Pozo	
Nombre del área	Prospecto la Plata
Ubicación	X: Y:
De	
Hasta	
Analizó	Saray Tatiana Barbosa Silva

CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA Y OBSERVACIONES:

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA:

Composición en % Área

MINERALES DE MENA	%	MINERALES DE GANGA	%	MINERALES E ALTERACION	%

Minerales Primarios

Mineral	%	Distribución y características	Tamaño

Fotografías:

Minerales secundarios

Mineral	%	Distribución y características	Tamaño

Fotografías:



Minerales accesorios

Mineral	%	Distribución y características	Tamaños

TABLA DE TEXTURAS

Tipo de Textura	Minerales

Fotografías

MINERALIZACIÓN:

Min. Mena predominantes	
Asociaciones en sulfuros	
Tamaño Max y Min de Min. Predominantes	
Texturas en Min de MENA	
Observaciones	

Fotografías:

VETILLO:

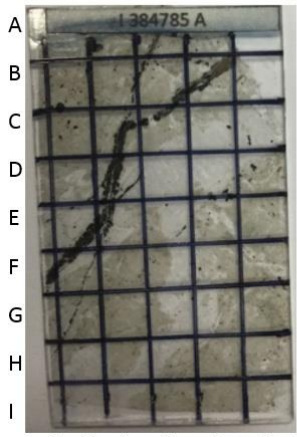
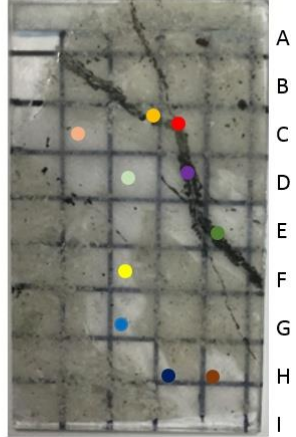
Fotografía de testigo y las vetillas

RELACION DE CORTE

Tipo de Vetillas		
Minerales		
Observaciones		


ANEXO 66. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384785 (1)

Tabla de información General	
Código sección	I384785 (1)
Pozo	PL-10-12
Nombre del área	Prospecto la Plata
Ubicación	X: 1126658,43
	Y: 1306015,08
	Z: 2234,47789
De	328.6
Hasta	328.63
Analizó	Saray Thatiana Barbosa Silva


✓ A:

Ubicación → G3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	1 μm	L	100	Se presentan generando una zonación con el crecimiento del cristal. Las de fase L/V corresponden a inclusiones fluidas de tipo I.	
	Irregulares	1.5 μm	L/V	60/40		
Secundarias	Redondas	1.5 μm	L	100	Tienden a presentar tamaños muy pequeños.	
	Ovaladas	2.2 μm	L/V	80/20	Las de dos fases corresponden a inclusiones fluidas tipo I.	



✓ B:

Ubicación → C4 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Cubicas	4 μm	L/V/Halita	40L/30V/30H	Se presentan de manera dispersa, con poco contenido de un sólido que por su forma parece ser Halita. Corresponden a inclusiones fluidas de tipo III.	


✓ C:

Ubicación → C3 ●

<i>Tipo de inclusión</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Fases</i>	<i>% de Fases</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Fotografía</i>
Primarias	Redondeadas- Irregulares	2 μ m	L	100	Las inclusiones fluidas con formas redondeadas tienden a presentarse de manera acumulada, mientras que las más irregulares se encuentran dispersas.	
						


✓ D :

Ubicación → D4 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas	4.2 μm	L/V	70/30	Se presentan de manera dispersa. Corresponden a inclusiones fluidas de tipo I.	

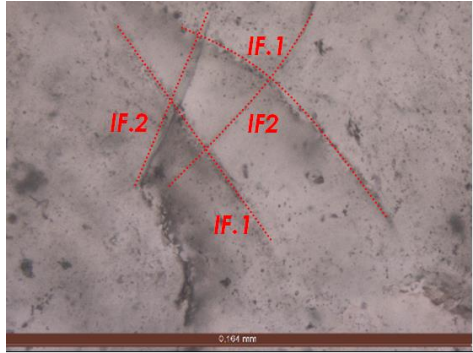
✓ E:

Ubicación → E5 ●

<i>Tipo de inclusión</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Fases</i>	<i>% de Fases</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Fotografía</i>
Primarias	Redondas	1.5µm	L	100	Se presentan siguiendo un patrón rectilíneo. Pudo ser una fisura.	

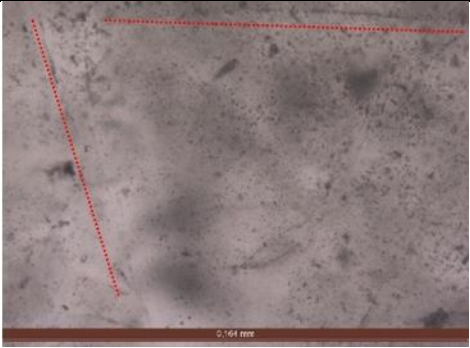
✓ F:

Ubicación → C2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	2 μm	L	100	Tanto las inclusiones fluidas primarias como las secundarias	
Secundarias	irregulares	3.5 μm	L/V	60/40	tienden a presentar patrones rectilíneos. Las inclusiones de dos fases corresponden a tipo I.	

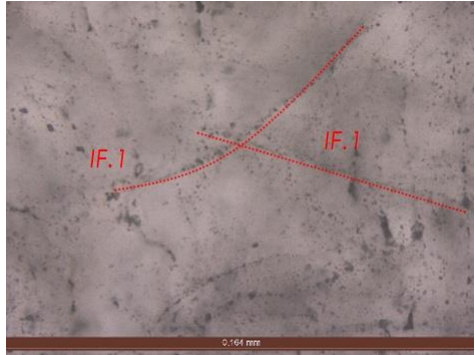
✓ **G:**

Ubicación → D3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas	1 μm	L/V	80/20	Se presentan de manera Dispersa y algunas siguiendo patrones rectilíneos. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
	Redondas	1 μm	L	100		


✓ H:

Ubicación → F3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	1.6 µm	L	100	Se presentan siguiendo patrones de fisuras. Con formar rectilíneas. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
Secundarias	Redondas-Ovaladas	1.7 µm	L/V	70/30		
Primarias Dispersas	Ovaladas	2.6 µm	L/V	80/20	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	

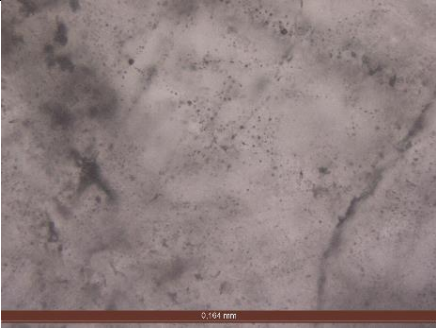
✓ I:

Ubicación → F3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	1 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
	Ovaladas	1 μm	L/V	70/30		

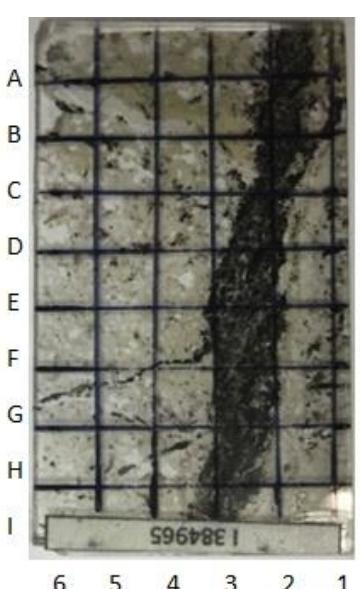
✓ J:

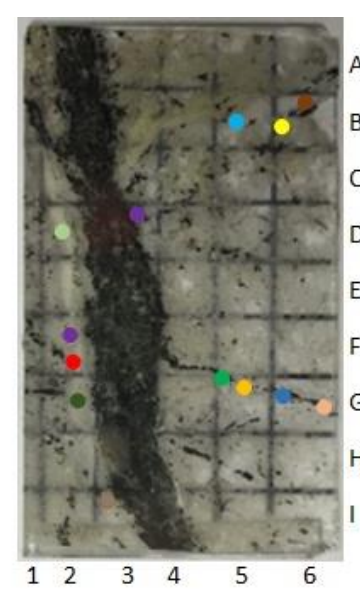
Ubicación → F3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	1 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
	Ovaladas	2 μm	L/V	70/30		

ANEXO 67. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384965



Tabla de información General	
Código sección	I384965
Pozo	PI-10-15
Nombre del área	Prospecto la Plata
Ubicación	X: 1126699,21 Y: 1306027,83 Z: 2248,82961
De	272,8
Hasta	272,9
Analizó	Saray Thatiana Barbosa Silva






✓ A:

Ubicación → B6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	7.5 μm	L/V	50/50	Se presentan de manera dispersa.	
Primarias	Redondas	2 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa.	

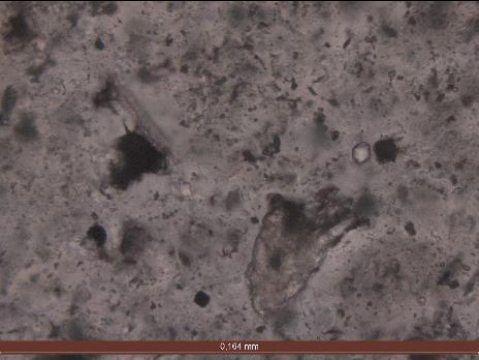
✓ B:

Ubicación → B6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Irregular	2.5 - 3 μm	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	


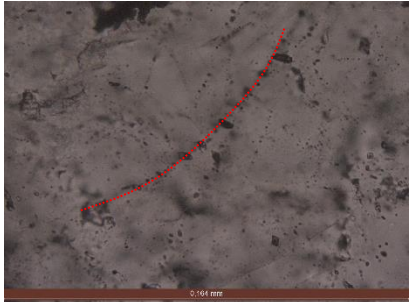
✓ C:

Ubicación → B5 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Prismática/ Redondeadas	4 μ m	L	100	Se presentan de manera dispersa.	

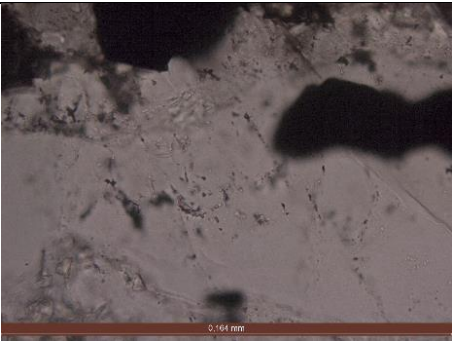
✓ D:

Ubicación → D3 ●

<i>Tipo de inclusión</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Fases</i>	<i>% de Fases</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Fotografía</i>
Primarias	Ovalada	6 μm	L/V	70/30	Con disposición aleatoria/Dispersa y en algunos casos presentan patrones rectos. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
	irregulares	5 μm	L/V	70/30		
	redondas	2.5 μm	L	100		

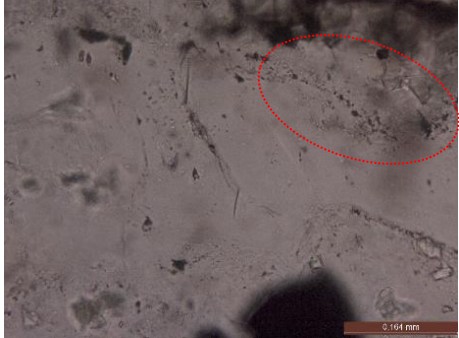
✓ E:

Ubicación → G5 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas -ovaladas	2 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa. Hacen parte de cuarzos de una vetilla de sulfuros brechados.	


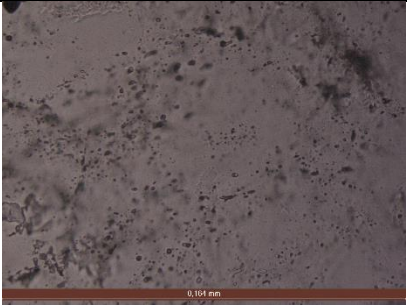
✓ F:

Ubicación → G5 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	3 μ	L	100	Se presentan de manera dispersa	


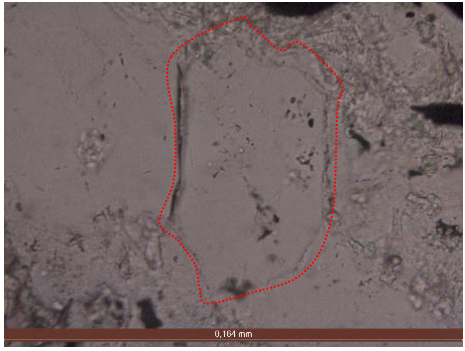
✓ G:

Ubicación → G6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas- Irregulares	7 μ	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	
	redondas	2 μ	L	100		



✓ H:

Ubicación → G6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
primarias	Redondas	2-3 μ	L	100	Aparecen hacia los bordes de crecimiento de los cristales.	 


✓ I:

Ubicación → D2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas	4 μ	L/V	50/50	Se presentan de manera dispersa.	 



✓ J:

Ubicación → F2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Cubicas	3 μ	L	100	Se presentan en poca proporción y de manera dispersa.	

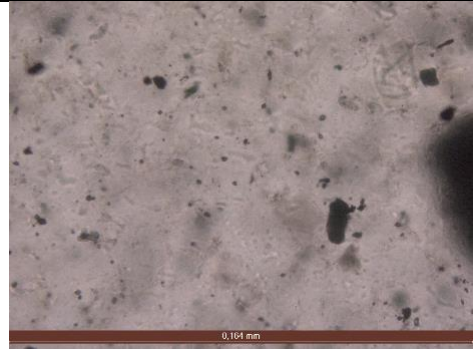
✓ K:

Ubicación → F2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	5-7 μ	L	100	Se presentan de manera dispersa.	 

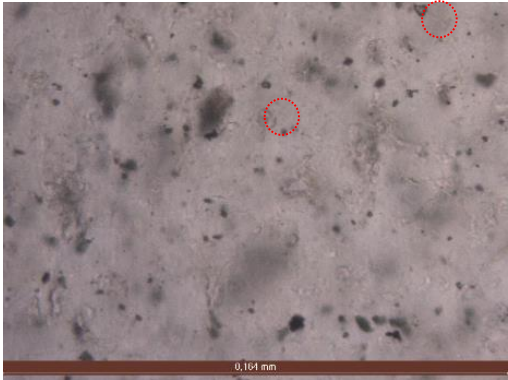
✓ L:

Ubicación → G2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	3 μ	L	100	Se presentan de manera dispersa, y con tamaños muy pequeños.	

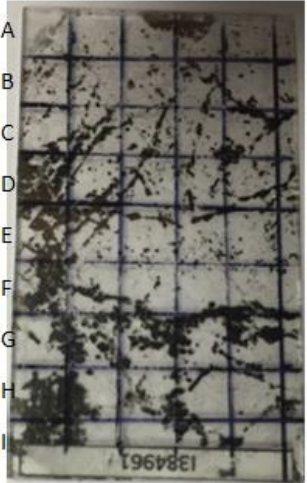
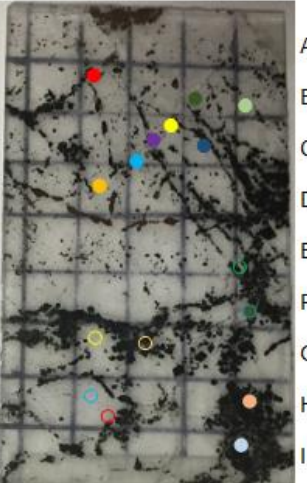
✓ M:

Ubicación → I3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	irregulares	3 μ	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa, y con tamaños muy pequeños. Las inclusiones fluidas de dos fases corresponden a tipo I.	



ANEXO 68. Formato interpretación petrográfica de inclusiones fluidas de la muestra I384961 (1)

Tabla de información General	
Código sección	I384961 (1)
Pozo	PI-10-12
Nombre del área	Prospecto la Plata
Ubicación	X: 1126699,3 Y: 1306031,68 Z: 2254,55885
De	266,86
Hasta	267
Analizó	Saray Thatiana Barbosa Silva


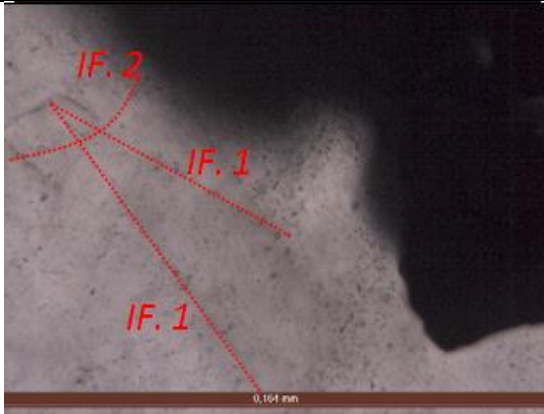
✓ A:

Ubicación → B5 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	redondas	2.5 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa.	
	irregulares	8 μm	L/V	50/50		



✓ B:

Ubicación → C4 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	irregulares	3 μm	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa y en ocasiones siguiendo patrones de fisuras. Son clasificadas como tipo I.	
primarias	redondas	3 μm	L	100	Se presentan siguiendo patrones de fisuras.	
Secundarias	redondas	3 μm	L/V	80/20	Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	


✓ C:

Ubicación → C4 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	ovaladas	5 μm	L/V	80/20	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	
	redondas	1.5 μm	L	100		


✓ D:

Ubicación → G2 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	redondas	1.5 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa, junto a algunas que presentan decrepitación.	 <p>A micrograph showing a matrix of light-colored material with several dark, irregularly shaped inclusions. One inclusion on the right side is circled in red. A scale bar at the bottom of the image indicates 0.164 mm.</p>

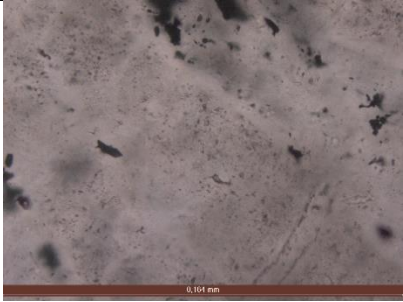
✓ E:

Ubicación → D3 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas	1.2 μm	L/V	80/20	Se presentan de manera dispersa y en algunos sectores siguiendo patrones rectilíneos. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	




✓ F:

Ubicación → B3 ●

<i>Tipo de inclusión</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Fases</i>	<i>% de Fases</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Fotografía</i>
Primarias	Irregulares-redondas	2μm	L	100	Se presentan de manera dispersa.	



✓ G:

Ubicación → B6 ●

<i>Tipo de inclusión</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Fases</i>	<i>% de Fases</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Fotografía</i>
Primarias	Ovaladas-redondas	10.2 μm	L/V	50/50	Se presentan de manera dispersa.	 
	redondas	1.5 μm	L	100		


✓ H:

Ubicación → C5 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas - irregulares	3 μm	L	100	Se generaron por un patrón de fracturamiento.	
Secundarias	ovaladas	3 μm	L/V	60/30	Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	


✓ I:

Ubicación → I6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	irregulares	3 μ m	L	100	Se presentan de manera dispersa.	


✓ J:

Ubicación → J6 ●

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Irregulares- redondas- ovaladas	6.3 μm	L/V	70/30	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	


✓ K:

Ubicación → G2 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	irregulares	4 μm	L/V	80/20	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	


✓ L:

Ubicación → G2 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	cubicas	6.5 μm	L/V/H	25/30/45	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I y las de tres fases son tipo III.	
	ovaladas	2.5 μm	L/V	80/20		


✓ M:

Ubicación → G3 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Ovaladas	3 μm	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	
	Redondas	3 μm	L	100		


✓ N:

Ubicación → G4 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	ovalados	5 μm	L/V	60/40	Se presentan de manera dispersa.	
	redondas	1.3 μm	L	100	Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo I.	

✓ O:

Ubicación → F6 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	ovaladas	9 μm	L/V	40/60	Se presentan de manera dispersa. Las inclusiones de dos fases son clasificadas como tipo II.	

✓ P:

Ubicación → E6 ○

Tipo de inclusión	Forma	Tamaño	Fases	% de Fases	Comentarios	Fotografía
Primarias	Redondas	1.3 μm	L	100	Se presentan de manera dispersa.	